Análise da resistência à compressão em blocos estruturais de concreto com adição de fibra de polipropileno



Revista Eletrônica Multidisciplinar FACEAR

ISSN: 2316-2317

David Santana Venâncio[1]; Diego José Gonçalves[2]

[1] *Faculdade Educacional Araucária – Engenheiro Civil*
[2] *Faculdade Educacional Araucária – Engenheiro Civil*

RESUMO

Uma das tecnologias construtivas que vem crescendo no Brasil é a alvenaria estrutural com o uso de blocos de concreto, que possuem como principal função resistir esforços dos mais diversos modelos habitáveis. Uma das maneiras de se verificar se o bloco atende os parâmetros desejáveis é a resistência a compressão que o concreto fornece. Constantemente estudos têm sido feitos em relação a essa tecnologia do concreto e que com isso, o presente trabalho tem como objetivo analisar o comportamento à compressão causado com adição de quatro teores diferentes de fibras de polipropileno na ordem de 600g/m³, 1000g/m³, 1500g/m³ e 2000g/m³ misturadas isoladamente sobre o volume unitário do concreto na fabricação de bloco estrutural de classe B de resistência nominal de 4 MPa na qual estabelecida pela ABNT NBR 6136:2007, o concreto em estudo é produzido por meio de vibro prensagem devido ter aspecto seco sendo necessário ser desmoldado instantaneamente. A analise dos resultados demonstraram a variação de resistência à compressão decorrente dos diferentes teores de fibras, na qual em segundo momento fez com que os resultados fossem avaliados novamente com a diminuição do número de amostras e conseqüentemente o desvio padrão.

Palavras chave: Bloco de concreto. Fibras de Polipropileno. Resistência à Compressão.

ABSTRACT

One of constructive technologies is growing in Brazil is the structural masonry using concrete blocks , which have as their main function to resist the efforts of various models habitable . One way to check if the block meets the desired parameters is the compressive strength of the concrete provides . Constantly studies have been done in relation to the technology of concrete and with this, the present work aims to analyze the behavior to compression caused by adding four different grades of polypropylene fibers on the order of 600g / m³ , 1000 g / m³ , 1500 g / m³ and 2,000 g / m³ mixed separately on unit volume of concrete building block in the manufacture of class B 4 MPa nominal resistance established in which the ABNT NBR 6136:2007 , particular in the study is produced by pressing vibro because it is necessary to have dry appearance instantly be demolded . The analysis of the results showed the variation of compressive strength due to the different contents of fibers , which in the moment meant that the results were evaluated again with decreasing the number of samples and therefore the standard deviation.

Key Words: Concrete block. Polypropylene fibers. Compressive Strength.

1. INTRODUÇÃO

Uma das particularidades da indústria da construção civil, é a busca de novos materiais e tecnologias construtivas, em que junto ao desenvolvimento tecnológico, o sistema construtivo de alvenaria estrutural em blocos de concreto se apresenta como um subconjunto da construção civil e que vem se expandindo no mercado e se tornando cada vez mais comum, pois, é possível que se tenha uma obra mais limpa, rápida, com menor desperdício e maior controle em sua execução.

Em paralelo ao desenvolvimento tecnológico, o estudo de novos materiais para a construção civil nos possibilita adquirir novos conceitos ao meio que vem se expandindo.

Entre as diversas pesquisas que são feitas, o concreto tem uma ampla participação, pois, é um dos itens mais conhecidos e utilizados no mundo; em muitos desses estudos provém analisar o comportamento de sua principal característica, a resistência à compressão.

O bloco de concreto na qual se utiliza na alvenaria estrutural tende a resistir esforços provenientes da estrutura, resistindo dessa forma sob sua compressão, o que difere principalmente do concreto utilizado na produção de blocos ao concreto convencional é o seu aspecto semi-seco que possui, quanto ao convencional, que é do tipo plástico.

Com o objetivo de explorar ainda mais o concreto e a alvenaria estrutural, procura-se analisar a resistência à compressão causada pela adição de diferentes teores de fibras de polipropileno na ordem de 600g/m³, 1000g/m³, 1500g/m³ e 2000g/m³ sobre o concreto.

Os estudos de fibras adicionadas ao concreto plástico já são conhecidas no meio técnico, porém, possui poucos estudos relacionados ao concreto seco quanto ao seu comportamento mecânico.

Este trabalho se restringe em estudar o comportamento de resistência à compressão do concreto seco na produção de bloco estrutural, sendo apresentados em forma teórica e experimental os conceitos, produção de blocos, dosagem, características dos materiais e análise dos teores adicionados no concreto seco em comparativo do bloco referência que não possui adição da fibra.

Estudos relacionados ao concreto seco em união das fibras são restritos nesse trabalho, pois, objetiva-se apresentar na forma experimental.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Os fundamentos teóricos que direcionaram o desenvolvimento da presente análise são apresentados em três tópicos, conhecendo primeiramente o concreto, após apresenta-se o sistema de alvenaria estrutural e o terceiro o polipropileno.

2.1 CONCRETO

Para Balbo (2009), o concreto é conhecido como um material de construção, sendo um dos mais populares, na qual o define como uma mistura proporcional de agregados, ligantes hidráulicos (geralmente o cimento tipo Portland) e água.

Para Yazigi (2009) o cimento é o principal aglomerante utilizado na mistura do concreto, sendo um material cerâmico que ao entrar em contato com a água,produz reação exotérmica de cristalização de produtos hidratados, adquirindo resistência mecânica.

Os agregados são os materiais constituintes de maior proporção no volume total da mistura classificados em agregado miúdo e graúdo, portanto ao escolher um agregado deve buscar critérios rigorosos de controle técnico e de qualidade do material para garantir um bom desempenho na produção do concreto, seja realizada por mistura manual ou em central dosadora (SALGADO, 2009).

De acordo com Andriolo e Sgarboza (1993), a água utilizada nas estruturas não deve ter nenhuma substância que prejudica a durabilidade e/ou a resistência do concreto. O tipo ideal para fabricação é água potável, e os não potáveis devem ser submetidos a ensaios antes da aplicação para garantir que atingirá as mesmas condições de desempenho.

Para Salgado (2009), aditivos são produtos químicos adicionados além da mistura convencional, que tem a função de modificar algumas propriedades específicas do concreto, devido a esse motivo seus usos devem ser de extremo cuidado, pois em alguns casos podem trazer malefícios e até mesmo prejuízos inimagináveis.

Segundo Balbo (2009), existe diversos tipos de concretos na qual possuem diversas características para o seu uso, tais como as de resistência, durabilidade e qualidade. Com isso pode-se exemplificar dois tipos macros de concretos: plásticos e seco.

Segundo Fernandes (2013), o concreto plástico é aquele na qual o produto necessita permanecer dentro de um molde até obter o endurecimento antes de ser desmoldado e de forma que tenha sua forma final e o concreto seco é aquele que

tradicionalmente são utilizados na produção de blocos e pavers, possuindo com isso um aspecto “farofa”.

Para Salgado (2009), aditivos são produtos químicos adicionados além da mistura convencional, que tem a função de modificar algumas propriedades específicas do concreto, devido a esse motivo seus usos devem ser de extremo cuidado, pois em alguns casos podem trazer malefícios e até mesmo prejuízos inimagináveis.

Para Andriolo e Sgarboza (1993) concreto fresco é o primeiro contato que a água tem com os outros ingredientes, formando uma mistura que sofre diversas alterações no decorrer de poucas horas contendo propriedades desejáveis que assegurem uma mistura de fácil transporte, lançamento e adensamento sem que haja segregação em tal instante, a fim de tornar-se no futuro um elemento de maior rigidez.

Andriolo e Sgarboza (1993) destacam que o concreto endurecido pode ser entendido que é o movimento nulo do concreto fresco, na qual em um determinado período de tempo vai endurecendo, até que se obtenha a pega.

2.2 INTRODUÇÃO À ALVENARIA ESTRUTURAL

A alvenaria estrutural é um tipo de sistema construtivo em que a alvenaria desempenha a função de absorver os esforços estruturais provenientes da edificação e transmiti-los à fundação. Nesse sistema construtivo, a padronização quanto ao tipo de bloco é de extrema importância para a eficiência e segurança do sistema (SALGADO, 2009).

De acordo com Mohamed et. al. (2010) no Brasil, o sistema em alvenaria estrutural apareceu como uma técnica construtiva somente no final da década de 1960. Anteriormente, não se tinha conhecimento sobre a existência da regularidade dos critérios de dimensionamento e segurança dos elementos estruturais, as edificações eram frutos do conhecimento empírico do construtor.

Algumas das principais vantagens do sistema é a produtividade controlada, obra mais racionalizada e limpa, consumo altamente quantificavel, menor utilização de fôrmas e armação, menor desperdício de material, cumprimento de prazos mais precisos proporcionando flexibilidade no planejamento das etapas de execução e uma maior possibilidade de acompanhamento, quanto ao seu desempenho são a segurança ao fogo, a durabilidade, a segurança estrutural, a térmica e acústica, tornado assim o processo construtivo em alvenaria estrutural competitivo no Brasil (MOHAMED et. al., 2010).

O bloco de concreto é um produto normatizado pelas NBR's 6136:2007 e 12118:2013, da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – sendo classificado em bloco de concreto de vedação e estrutural que podem ser produzidos em equipamentos manuais, pneumáticos ou hidráulicos, por meio de vibro compactação e extrusão imediata (FERNANDES, 2013).

O sistema construtivo em alvenaria estrutural é regulamentado por normas, sendo estas apresentadas na Tabela 01.

TABELA 01 - PRINCIPAIS NORMAS DE BLOCOS DE CONCRETO EM ALVENARIA ESTRUTURAL.

ABNT NBR	DESCRIÇÃO DA NORMA
6136:2007	Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos
12118:2013	Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio
5739:2007	Concreto: Ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos
14321:1999	Paredes de alvenaria estrutural – Determinação da resistência ao cisalhamento
14322:1999	Paredes de alvenaria estrutural – Verificação da resistência à flexão simples ou à flexo-compressão
13279:2005	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão
13281:2005	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos

FONTE: MOHAMED et. al. (2010).

A elaboração do traço de artefatos como os blocos de concreto, deve ser obtida levando-se em conta as características dos materiais a serem empregados na mistura e principalmente os recursos disponíveis para a sua produção, utilizando as próprias peças como corpos de prova para análise dos resultados. O traço pode ser descrito como a "receita" do concreto, ou seja, a indicação correta das proporções entre os materiais utilizados para a produção do concreto ou argamassa, sendo essas proporções expressas em unidades de massa ou de volume (FERNADES, 2013).

Segundo Helene e Terzian (1992), a dosagem e controle de qualidade dos concretos estão ligados diretamente à resistência à compressão do concreto.

O processo se inicia com a dosagem dos agregados e do cimento que estão armazenados, esta dosagem é feita em massa, de forma alguma o cimento deve ser dosado com os outros materiais, a quantidade de água compreende além da adicionada a umidade dos agregados (NBR 7212:2012)

A proporção de resistência é proveniente ao tipo de mecanismo utilizado e a relação água/cimento. Atualmente no mercado as vibro prensas podem ser hidráulicas, pneumáticas e manuais, a melhor eficiência é apresentada na Figura 01 onde o modelo hidráulico se mostra mais a frente.

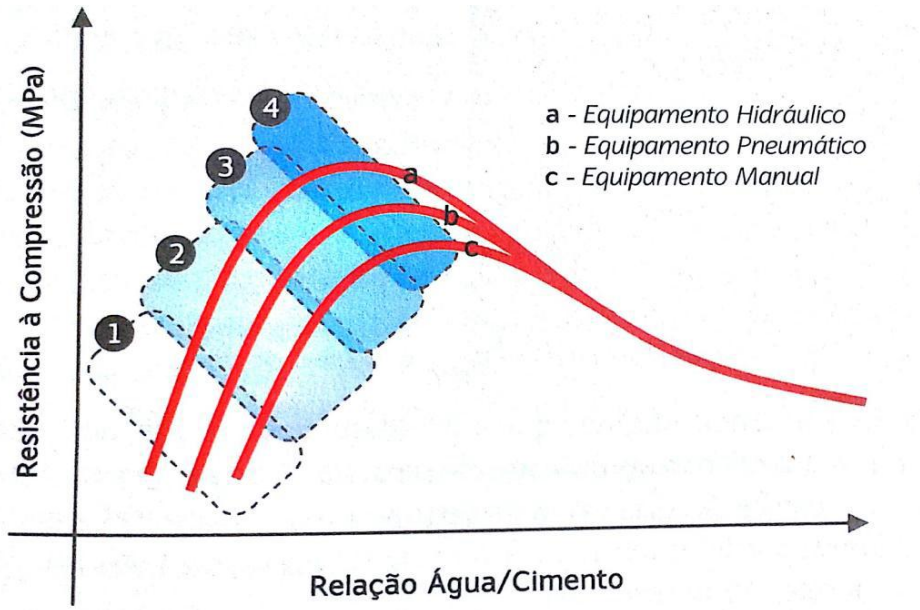


FIGURA 01 - RELAÇÃO MECANISMOS, RESISTÊNCIA E FATOR A/C
FONTE: FERNANDES (2013).

Helene e Terzian (1992) destacam que a resistência à compressão é a característica do concreto mais adotado para o dimensionamento de uma estrutura, estando ligada diretamente à segurança estrutural, com isso a obra deve ser executada com uma resistência igual ou superior daquela prevista em projeto.

Para dimensionamento de alvenaria estrutural, Mohamed et. al. (2010) destaca que a resistência à compressão deve ser analisada de acordo com a união do conjunto, bloco, argamassa e, quando também usado, do graute. A alvenaria por ser composta de mais de um material não podemos estimar o desempenho estrutural sem a realização de ensaios característicos. A mais importante das propriedades dos blocos é a resistência à compressão, pois geralmente, os esforços verticais são mais intensos nas paredes de alvenaria do que os esforços horizontais produzidos pelo vento e sismos.

Qualquer modificação na uniformidade, natureza, e proporção dos materiais poderá haver uma variação na resistência (HELENE; ANDRADE, 2010).

Na Figura 02, podemos observar o esquema de distribuição das tensões nos materiais.

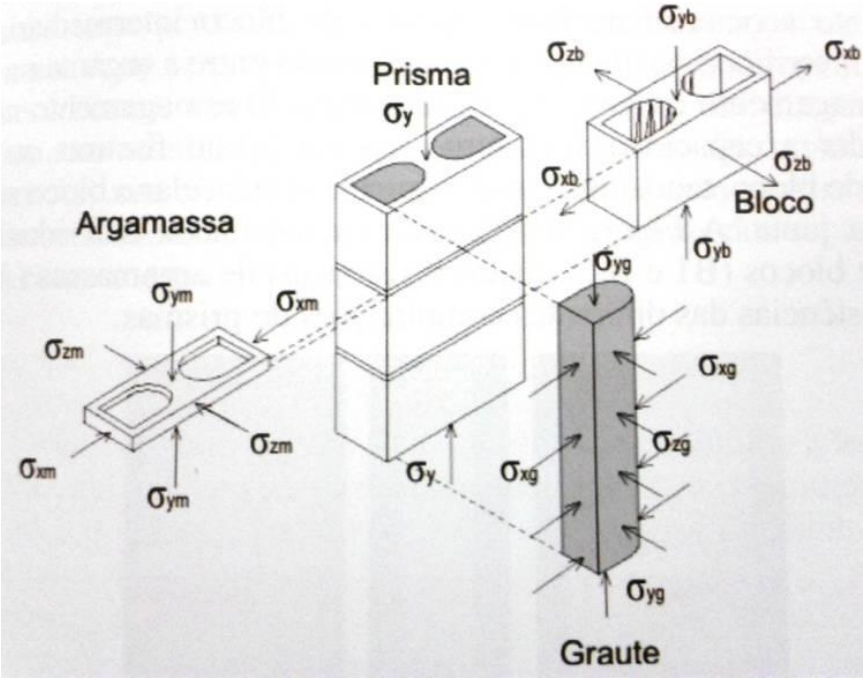


FIGURA 02 – DISTRIBUIÇÃO DAS TENSÕES VERTICAIS E HORIZONTAIS.
FONTE: MOHAMED et. al. (2010).

A NBR 12118:2013, trata das recomendações de como executar o ensaio para blocos de concreto de alvenaria estrutural e de vedação de acordo com o número de amostras especificado na Tabela 02, conforme NBR 6136:2007.

De acordo com a NBR 12118:2013 os ensaios característicos para determinação da resistência à compressão podem ser analisados os de prisma, pequena parede ou de parede.

TABELA 02 – NÚMERO DE BLOCOS PARA ENSAIO

TAMANHO DO LOTE AMOSTRADO	AMOSTRA		RESISTÊNCIA E DIMENSÕES		ABSORÇÃO E ÁREA LÍQUIDA
	PROVA	CONTRA PROVA	COM Sd	SEM Sd	
ATÉ 5000	7 ou 9	7 ou 9	4	6	3
5001 A 10000	8 ou 11	8 ou 11	5	8	3
10001 A 20000	9 ou 13	9 ou 13	6	10	3

FONTE: NBR 6136:2007.

Segundo a NBR 6136:2007 os blocos vazados de concreto devem atender a Tabela 03 que trata sobre a resistência à compressão característica (fbk) de acordo com as respectivas classes.

TABELA 03 – REQUESITOS PARA O FBK – VALORES MÍNIMOS EM MPa

CLASSE	RESITÊNCIA CARACTERÍSTICA FBK MPa
A	≥ 6,0
B	≥ 4,0
C	≥ 3,0
D	≥ 2,0

FONTE: NBR 6136:2007.

Para obter o valor da resistência à compressão para cada corpo de prova, é necessário obter a carga máxima de ruptura em Newton, observada durante ensaio, pela área bruta dos blocos em milímetros quadrados, na qual é expressa por fim em Megapascal (NBR 12118: 2013).

2.3 ESTUDO DO POLIPROPILENO

Van Vlack (2003) descreve que o uso de materiais que o engenheiro utiliza pode ser classificado em três tipos: metais, polímeros e materiais cerâmicos.

A classificação polimérica é compreendida em materiais de borracha e plásticos, na qual em sua grande maioria são formados por compostos orgânicos, e tem-se como componente químico, molécula de carbono, de hidrogênio e passível de outros elementos não metálicos, os polímeros têm entre si uma estrutura molecular muito grande e características similares entre elas. Estes materiais geralmente possuem baixas densidades e são extremamente flexíveis (CALLISTER, 2000).

De acordo com Callister (2000) considera-se que essas macromoléculas são compostas por meros que são estruturas moleculares menores na qual ao longo de sua cadeia são apresentadas repetidas vezes surgindo o nome de polímeros.

Segundo Shackelford (2011), polímeros termoplásticos são materiais que se tornam menos rígidos, quando expostos a altas temperaturas, ou simplesmente quando aquecidos. Já os termofixos se tornam mais rígidos com o aquecimento da temperatura.

Bauer (2011) aponta que as principais vantagens no uso dos polímeros se dão pelo fato de possuírem um peso específico baixíssimo, de ser um isolador elétrico, da possibilidade de coloração, do baixo custo, a fácil adaptação a produtos industrializados e imunes à corrosão.

Polipropileno se enquadra na categoria de polímeros termoplásticos (MANO; MENDES, 1999), que por sua vez se tornam moles e deformáveis sob aquecimento. Em

contrapartida, a plasticidade em altas temperaturas se deve ao de que as moléculas deslizam umas sobre as outras (SHACKELFORD, 2011).

Possui uma alta resistência química e a solventes e tem um menor custo comparado a outros polímeros, apresenta-se em cor branca e aspecto opaco (MANO, 1991).

As principais características do PP são obtidas na Tabela 04, em que são observados o peso molecular e a densidade do polipropileno.

TABELA 04 – CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO POLIPROPILENO

CARACTERÍSTICA	VALORES
Peso molecular	80.000-500.00
Densidade	0,91
Índice de refração	1,49
Cristalinidade	60-75 (%)

FONTE: MANO e MENDES (1999).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Com o intuito de analisar a resistência à compressão de quatro teores diferentes de fibras de polipropileno adicionados ao concreto seco na produção de bloco estrutural da classe B (Tabela 03), será necessário caracterizar os agregados, efetuar a dosagem do concreto, fabricar os blocos, coletar as amostras e submeter a esforço de compressão até a sua ruptura.

O método utilizado neste trabalho será dado experimentalmente, o concreto em estudo é o de aspecto seco, o traço referência foi fixado, e a variação se deu apenas com a adição das fibras de polipropileno, divididas em quatro teores sobre o volume unitário de concreto.

Os agregados utilizados foram submetidos a ensaios de caracterização, com recomendação das referidas normas, com o objetivo de conhecer os agregados, porém não seja o objetivo do trabalho.

O processo de produção dos blocos e os ensaios de resistência à compressão foram executados na fábrica e no laboratório em uma empresa de blocos localizada no bairro Campo de Santana, na cidade de Curitiba, no estado do Paraná.

Os ensaios de caracterização dos agregados foram realizados no laboratório de materiais de construção da Faculdade Educacional Araucária campus Araucária.

Os resultados referentes à resistência a compressão foram analisados nas idades de 7, 21 e 28 dias.

Os componentes utilizados na mistura para fabricação do bloco estrutural de concreto foram: aglomerante hidráulico Cimento Portland CPV – ARI, agregado miúdo natural (areia natural), agregado miúdo artificial (pó de pedra), agregado graúdo (brita zero) e agregado graúdo (seixo rolado), água potável, fibra de polipropileno de 12 mm.

A infra-estrutura utilizada para se produzir os blocos contou com uma serie de equipamentos e acessórios, necessárias para cumprir o andamento do processo, sendo elas:

- Usina dosadora, munida de uma vibro-prensa hidráulica da marca PIOROTTI modelo BLOCOPAC 1300, misturadores, esteiras, bandejas, escova rotativas, elevadores de carga e descarga, câmaras de cura;
- Silo para acondicionamento do cimento;
- Células para os agregados;
- Reservatório de água;
- Matriz de fabricação de alta precisão dimensional da marca PIOROTTI para execução de blocos de 140x190x390mm com capacidade de 8 blocos por prensagem.
- Balança de bancada (Universal Line) do fabricante DIGI-TRON com capacidade mínima para 5kg e precisão de 0,0005kg.

Para a realização dos testes de resistência à compressão do bloco, contou com uma gama de equipamentos exigidos pela ABNT NBR 12118:2013, sendo eles:

- Prensa servo-hidráulica e informatizada para ensaio de concreto modelo PC200CS, capacidade máxima 200 ton (2MN) do fabricante EMIC;
- Dispositivo de ruptura de blocos, com dimensões de 200x400x50mm;
- Balança de bancada (Universal Line) do fabricante DIGI-TRON com capacidade admitida para 30kg e precisão de 0,005kg
- Cronômetro, prancheta, caneta e ficha de ensaio;
- Paquímetro de alcance de 50cm;

4 DISCUSSÃO E APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

O método de dosagem utilizado foi o empírico, uma vez que a proporção dos materiais foi fixada pela experiência do fabricante de blocos e que de forma em atingir

uma resistência mínima, enquadrando assim segundo a ABNT NBR 6136:2007 na classe B com função estrutural.

A obtenção do traço foi dada pela divisão da massa dos agregados (em Kg) pela massa do cimento (em Kg) – (Traço = Massa dos agregados/massa do cimento).

O traço padrão adotado para este trabalho foi: (1 : 7,273 : 4,545 : 0,909 : 0,723), sendo 1kg de cimento; 7,273 de areia natural média; 4,545 de seixo rolado; 0,909 areia artificial; 0,723 de brita zero a teor de umidade de 8%, sendo esta avaliada pelo sistema controlador de umidade.

A escolha da quantidade de fibra de PP (polipropileno) se deu para efeito de estudo, no entanto, o valor de 600g apresentada na Tabela 05 foi recomendado pelo fabricante na qual sugere a quantidade mínima para o volume unitário do concreto.

TABELA 05 – QUANTIDADE DE POLIPROPILENO SOBRE O VOLUME UNITÁRIO DE CONCRETO

ADIÇÃO	QUANTIDADE (g/m3)	% ADICIONADO
Fibra de PP 12mm	600	0,36
	1000	0,60
	1500	0,89
	2000	1,19

O processo de fabricação dos blocos seguiu com a pesagem da adição de quatro teores diferentes de fibras em PP 12mm adicionado ao concreto seco sendo pesado e adicionado diretamente no misturador, sendo 600g, 1000g, 1500g e 2000g de fibras em PP por metro cúbico produzido, além do bloco referência que não teve alteração.

Optou-se em produzir apenas 1m³ de concreto para analisar a produção de forma unitária que resultou em aproximadamente 128 blocos por metro cúbico de concreto, em resumo foram produzidos um total de 640 blocos (4 teores de adição + 1 referência) com as dimensões 14x19x39 – Família M15.

De cada lote produzido em diferentes teores de fibras PP, foram coletados corpos de prova de acordo com a tabela 02 para serem ensaiados a resistência a compressão nas idades de 7, 21 e 28 dias.

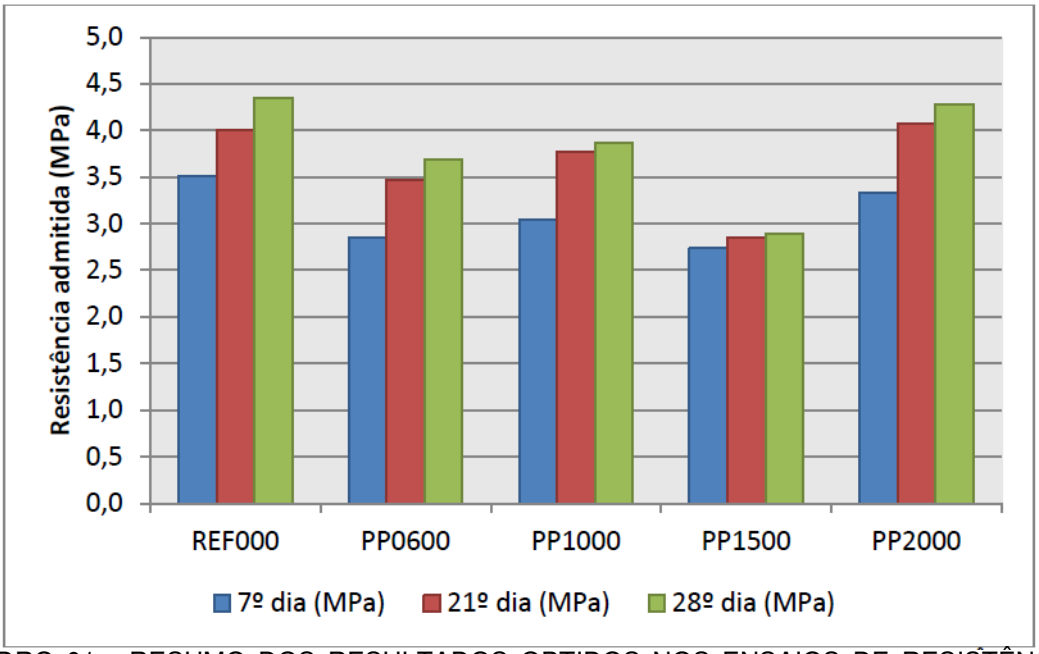
Portanto foram coletados 20 unidades, 18 para atendimento a norma – 6 para cada idade - (SEM Sd) e 2 unidades foram submetidas a analise visual para efeito de

discussões. Em resumo a coleta de amostra da produção foram 100 blocos (20 unidades x 4 teores de fibras PP + 20unidades x 1 traço referência).

Os resultados pertinentes as resistências à compressão nas idades 7, 21 e 28 dias estão dispostos na Tabela 06 e Quadro 01.

TABELA 06 – RESUMO DOS RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS DE RESITÊNCIA À COMPRESSÃO DOS BLOCOS BASEADO NA SOLICITAÇÃO DA NBR 6136:2007.

RESISTÊNCIA ADMITIDA	REF000	PP0600	PP1000	PP1500	PP2000
7º dia (MPa)	3,514	2,856	3,036	2,736	3,329
21º dia (MPa)	4,003	3,470	3,772	2,843	4,080
28º dia (MPa)	4,348	3,683	3,870	2,884	4,275



QUADRO 01 - RESUMO DOS RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS BLOCOS BASEADO NA SOLICITAÇÃO DA NBR 6136:2007

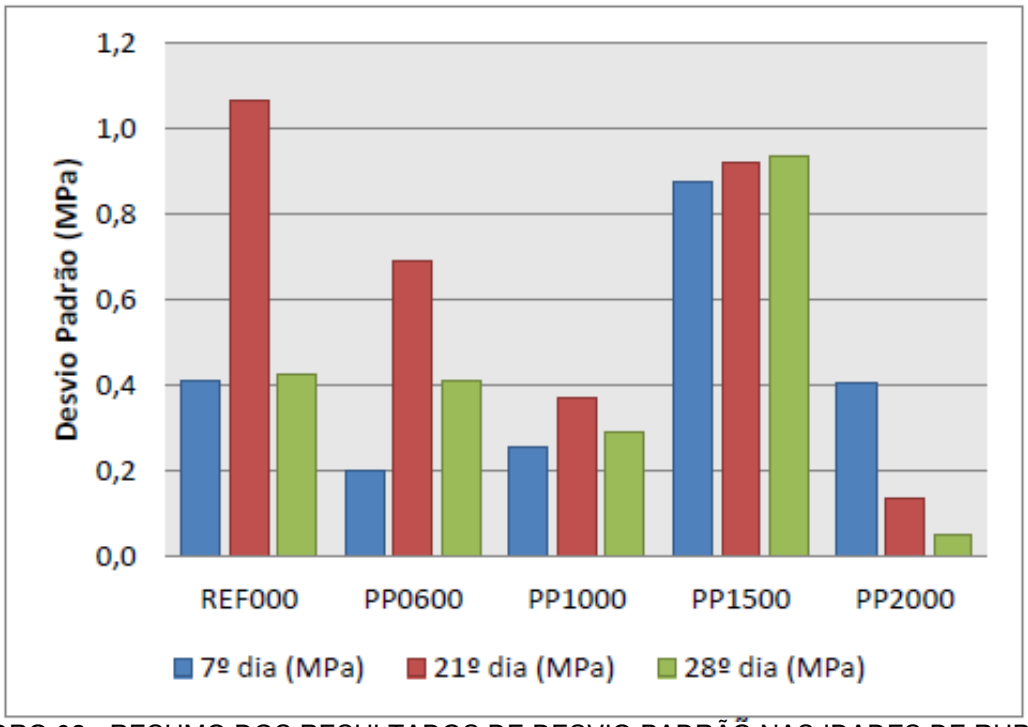
Apresenta-se no Quadro 01, o aumento da resistência conforme a idade, sendo possível observar que a resistência requerida por norma obteve-se somente a partir da segunda idade de ruptura para o bloco referência e o teor de 2000g/m³.

Teoricamente em um cimento portland de alta resistência inicial, este devesse apresentar-se nas primeiras idades um aumento de resistência, o que nesse caso não ocorre para a resistência característica em atendimento a norma, porém, teve-se tal característica de aumento de resistência para a resistência média, onde, nas primeiras idades se apresentou acima de 4MPa, o que acaba de certa forma comprovando a teoria.

Assim como a resistência requerida em norma foi apresentada em resumo, apresenta-se na Tabela 07 e Quadro 02, o desvio padrão nas datas de rompimento.

TABELA 07 – RESUMO DOS RESULTADOS DE DESVIO PADRÃO NAS IDADES DE RUPTURA

RESISTÊNCIA ADMITIDA	REF000	PP0600	PP1000	PP1500	PP2000
7º dia (MPa)	0,411	0,198	0,254	0,878	0,402
21º dia (MPa)	1,067	0,692	0,371	0,919	0,136
28º dia (MPa)	0,424	0,408	0,292	0,937	0,051

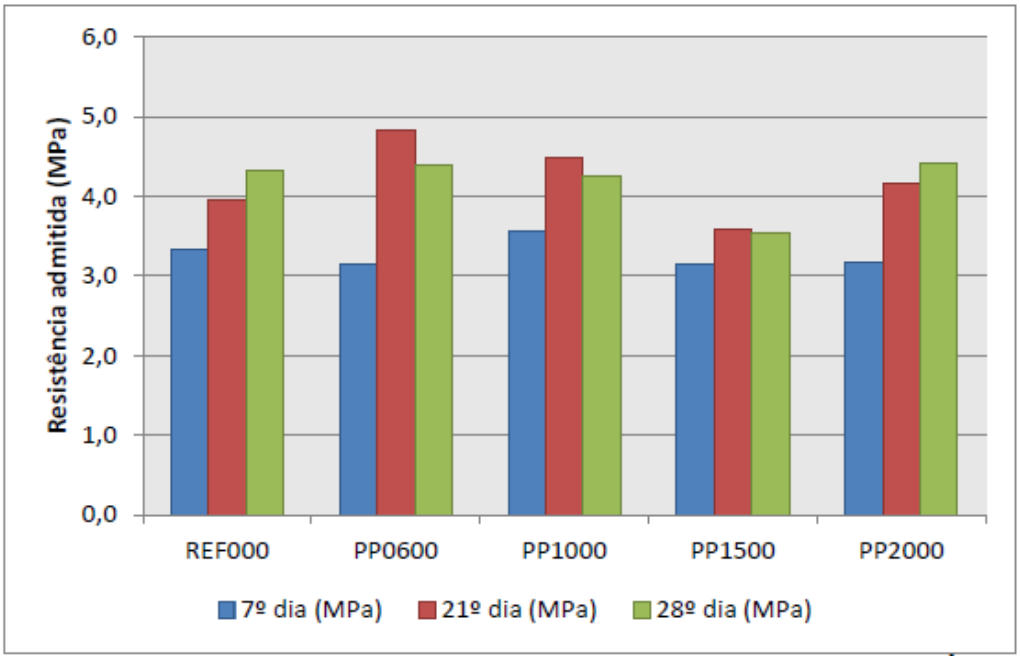


QUADRO 02 - RESUMO DOS RESULTADOS DE DESVIO PADRÃO NAS IDADES DE RUPTURA

De acordo com o apresentado na Tabela 07 e no Quadro 02, o desvio padrão se mostrou mais elevado no bloco REF000 e no PP1500. Com o objetivo de minimizar o desvio padrão do ensaio, procurou-se eliminar os valores de resistências mais distantes sobre as 6 amostras, excluindo, portanto, o menor e o maior valor de resistência, com isso o número de amostra reduziu para 4, e o foi recalculado os valores de resistência, na qual são apresentadas na Tabela 08 e Quadro 03 os resultados de resistência à compressão nas idades de 7, 21 e 28 dias para 4 amostras.

TABELA 08 – RESUMO DOS RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS DE RESITÊNCIA À COMPRESSÃO DOS BLOCOS BASEADOS NO DESVIO PADRÃO.

RESISTÊNCIA ADMITIDA (pelo Sd)	REF000	PP0600	PP1000	PP1500	PP2000
7º dia (MPa)	3,536	3,138	3,335	3,152	3,059
21º dia (MPa)	4,058	4,827	4,285	3,512	4,169
28º dia (MPa)	4,493	4,371	4,354	3,573	4,341



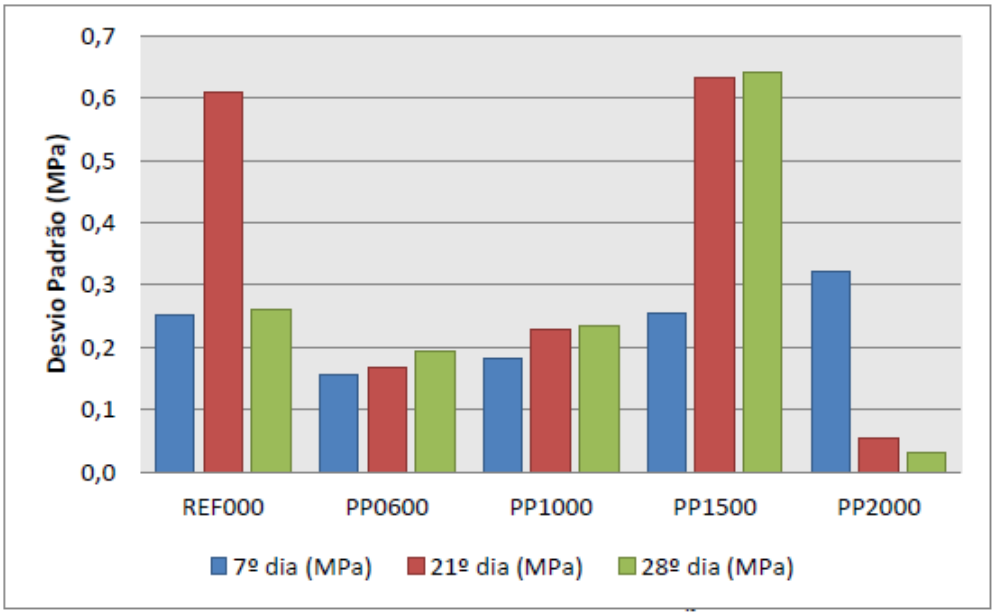
QUADRO 03 - RESUMO DOS RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS BLOCOS BASEADO NO DESVIO PADRÃO.

Apresenta-se no Quadro 03, uma variação ao longo das idades, o que só consegue ser explicado pela variação do desvio padrão, sendo possível observar que a resistência requerida por norma obteve-se somente a partir da segunda idade de ruptura para todos os blocos, com exceção do PP1500g/m³, que não conseguiu atingir o mínimo exigido para a classe B.

Da mesma forma que a resistência requerida em norma foi apresentada em resumo, apresenta-se na Tabela 09 e Quadro 04, a variação do desvio padrão nas datas de rompimento.

TABELA 09 – RESUMO DOS RESULTADOS DE DESVIO PADRÃO NAS IDADES DE RUPTURA

RESISTÊNCIA ADMITIDA	REF000	PP0600	PP1000	PP1500	PP2000
7º dia (MPa)	0,253	0,155	0,182	0,255	0,323
21º dia (MPa)	0,611	0,167	0,229	0,632	0,054
28º dia (MPa)	0,262	0,192	0,235	0,640	0,031



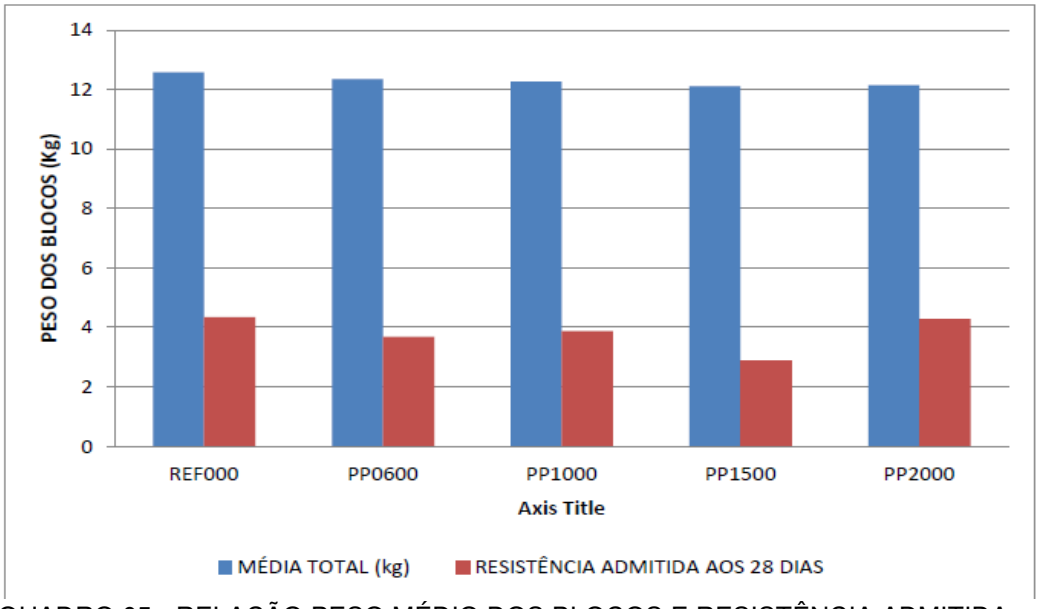
QUADRO 04 - RESUMO DOS RESULTADOS DE DESVIO PADRÃO NAS IDADES DE RUPTURA

Mesmo com a redução do campo de amostra, houve de acordo com o apresentado na Tabela 09 e no Quadro 04, uma variação maior no bloco REF000 e no PP1500. Em contrapartida o bloco PP2000 oferece um menor desvio padrão do que os demais, na qual sua relação é decrescente conforme as idades.

Com objetivo de entender a relação média do peso dos blocos e resistência admitida apenas para o conjunto de 6 amostras, na qual trata o maior número de amostra coletada, montou-se a Tabela 10 e o Quadro 05, para análise.

TABELA 10 - RELAÇÃO PESO MÉDIO DOS BLOCOS E RESISTÊNCIA ADMITIDA

TEORES DE FIBRAS NOS BLOCOS	7º DIA (Kg)	21º DIA (Kg)	28º DIA (Kg)	MÉDIA TOTAL (Kg)	RESITÊNCIA ADMITIDA AOS 28º DIAS
REF000	12,813	12,451	12,451	12,572	4,348
PP0600	12,289	12,242	12,507	12,346	3,683
PP1000	12,349	12,248	12,179	12,258	3,870
PP1500	12,142	12,057	12,126	12,108	2,884
PP2000	12,046	12,160	12,214	12,140	4,275



QUADRO 05 - RELAÇÃO PESO MÉDIO DOS BLOCOS E RESISTÊNCIA ADMITIDA

É possível observar no quadro 05 a tendência de perda na resistência à compressão do bloco, a relação proveniente disso é a mesma para o peso médio dos blocos, provavelmente esse efeito se deu pelo fato de ao adicionar as fibras, estas ocasionaram vazios, que por sua vez providenciaram uma perda de resistência, em hipótese, pela própria característica visual da fibra em atrelar no concreto provocando assim que os agregados não preenchessem todos os vazios, desta forma o que nos permitiu analisar tal condição quanto ao peso e a resistência.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 CONSIDERAÇÕES

Os resultados obtidos pela comparação dos ensaios de resistência à compressão dos blocos de concreto referência em relação ao com adição de fibras de polipropileno não acrescentou variação significativa, na qual os teores de ensaio: 0,6kg/m³, 1 kg/m³, 1,5kg/m³ não atingiram a resistência requisitada pela norma NBR 6136:2007.

No entanto, o teor de 2kg/m³ atingiu a resistência requerida pela norma, provavelmente essa seja a quantidade mínima para o acréscimo de resistência mecânica à compressão. Outra hipótese a ser levada em consideração é que de todos os ensaios efetuados, este teor foi o que teve o menor desvio padrão.

Conforme comentado o desvio padrão das amostras obtiveram oscilações entre elas mesmas nas idades analisadas, podendo ser entendido não apenas pelo ensaio, e sim, também por outros fatores que puderam causar tais variações como: processo executivo, falta de calibragem dos equipamentos utilizados, vibro prensagem dos blocos possuir intervalos de tempo irregulares, uma vez que a vibro prensagem é um dos principais fatores que condicionam a obter a resistência.

Como desvantagem foi possível observar que a adição de fibras de polipropileno gera um acréscimo de mão de obra, pois necessita de um operador para adicionar as fibras à mistura de concreto nas dosagens analisadas.

A utilização do bloco de concreto com adição de fibras em PP pode apresentar algumas vantagens como, por exemplo: a redução da massa do bloco tornando-o mais leve para o seu assentamento e ainda na redução dos esforços permanentes da estrutura.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Verificar se a redução de massa foi proveniente do aumento do índice de vazios devido à adição de fibras de polipropileno;
- Verificar se ao adicionar teores maiores do que 2 kg/m³ existirá aumento de resistência mecânica à compressão;
- Analisar se a absorção de água é afetada pela adição das fibras de polipropileno.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7212 –** Execução de concreto dosado em central – Procedimento**.** Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 6136 –** Blocos vazados de concreto simples para alvenaria **–** Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 12118 –** Blocos de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

ANDRIOLO, F. R.; SGARBOZA, B. C**. Inspeção e controle de qualidade do concreto.** São Paulo: Newswork. 1993.

BALBO, J. T. **Pavimentos de concreto.** São Paulo: Oficina de textos. 2009.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

CALLISTER JR, W. D. **Ciência e engenharia de materiais:** uma introdução. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

FERNANDES, I. D. **Blocos e Pavers:** Produção e controle de qualidade. 4.ed. São Paulo: Treino Assessoria e Treinamentos Empresariais Ltda. 2013.

HELENE, P. R. L.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: Pini. 1992.

HELENE, P. L.; ANDRADE, T**.** Em: Geraldo C. Isaias. (Org). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais.** 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010.

MANO, E. B.; MENDES, L. C. **Polímeros de Interesse Industrial – Fibras:** Introdução a Polímeros. 2. ed. Rio de Janeiro: Blücher, 1999.

MANO, E. B. **Polímeros como materiais de engenharia.** São Paulo: Blucher, 1991.

MOHAMED, G.; ROMAN, H. R.; RIZZATTI, E.; ROMAGNA, R. Em: Geraldo C. Isaias. (Org). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais.** 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010.

SALGADO, J. **Técnicas e práticas construtivas para edificação.** 2. ed. São Paulo: Érica, 2009.

SHACKELFORD, J. F. **Ciência dos materiais.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

VAN VLACK, L. H. **Princípio de ciência e tecnologia dos materiais. Rio de Janeiro**: Elsevier, 2003.

YAZIGI, W. **A técnica de edificar**. 12. ed. São Paulo: PINI, 2009.