

ESTUDO DE VERIFICAÇÃO TÉCNICA DO BLOCO DE CONCRETO PARA VEDAÇÃO CONFECCIONADOS COM AGREGADOS DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE VARGINHA MG

Rodrigo Cesarino Ferreira^{1*}

Profa. M^a. Laisa Cristina Carvalho^{2*}

RESUMO

O presente trabalho pretende verificar, através de pesquisa, a técnica do bloco de concreto produzido com rejeitos provenientes da construção civil para alvenaria de vedação. Sob a ótica do desperdício de materiais de pequenas e grandes construções e seu dano ao meio ambiente. Este artigo objetiva apresentar a avaliação experimental realizada com bloco de concreto produzido com agregado de resíduos de construção civil fabricados na cidade de Varginha-MG, tendo como referências as normas técnicas brasileiras vigentes, a ABNT NBR 6136:2016 e ABNT NBR 12118:2013. Para a realização dos ensaios, foram coletados 15 blocos de concreto da família 15x40 com dimensões 14x19x39 cm (Largura x Altura x Comprimento) em cada lote no total de 3 lotes no município de Varginha-MG, especificado como classe C, segundo a norma ABNT NBR 6136:2016, os quais foram ensaiados quanto a análise visual, análise dimensional, absorção de água e resistência à compressão. A partir das análises obtidas através dos testes em laboratório foi possível constatar que a maioria dos blocos não atendem às especificações mínimas, apresentando não conformidade nos parâmetros avaliados. Conclui-se que os blocos utilizando agregado de resíduos da construção civil (RCD) fabricados no município de Varginha-MG não atendem os parâmetros que a norma brasileira vigente exige para a classe C e provavelmente estão comprometendo a qualidade da produção das alvenarias de vedação.

Palavras-chave: Estudo. Vedação. Bloco de concreto.

^{1*} Aluno do curso de bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS/MG. E-mail: rodrigo.ferreira@alunos.unis.edu.br

^{2*} Professora do curso de bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS/MG. E-mail: laisa.carvalho@professor.unis.edu.br

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo o estudo da verificação técnica do bloco de concreto com a finalidade de vedação utilizando agregado de resíduos de construção civil no município de Varginha-MG. Tal recurso irá utilizar o resíduo da construção civil, como agregado, para um caminho sustentável do RCD (Resíduo de Construção e Demolição) e que ainda não possui uma solução adequada que resulta na redução dos impactos ambientais.

O crescimento acelerado da construção civil acentua o problema de descarte do RCD, devido à falta de lugares apropriados. Diante dessa realidade, é necessário pensar em meios sustentáveis, pois estes, além de gerar custos, causam impactos ambientais negativos, como degradação e poluição do solo, obstrução dos sistemas de drenagem e vários outros.

Este trabalho é relevante para Varginha e região, pois através do processo de reutilização do RCD, originam-se vários produtos tais como: a brita que dispensa a exploração desses recursos na natureza, evitando por exemplo a degradação ambiental e a utilização do agregado que normalmente seria descartado no meio ambiente, que voltaria ao mercado da construção civil, com um conceito sustentável.

O reaproveitamento desses resíduos de construção, na produção de blocos de concreto para vedação, aumentará a conscientização de um pensamento sustentável entre construtores, construtoras e fábricas, favorecendo que voltem ao processo construtivo de novos produtos como os blocos de concreto. A verificação da viabilidade técnica do produto de acordo com as normas contribui para a sustentabilidade.

O artigo possui um apelo sustentável e objetiva apresentar resultados da avaliação experimental dos blocos de concreto produzidos no município de Varginha -MG. Para esta finalidade, é necessário o ensaio dimensional, verificação superficial, absorção de água, resistência à compressão e retração por secagem, de acordo com as exigências estabelecidas pelas normas técnicas da ABNT NBR 6136:2016 que consolida os parâmetros mínimos necessários de aceitação quanto a sua classe e a norma 12118:2013, que relata todo os procedimentos laboratoriais necessários e essenciais.

2 RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO - RCD

Atualmente o pensamento sobre as questões ambientais é muito pertinente. No âmbito da construção civil não é diferente, pois esta, devido à demanda, é responsável por vários impactos ambientais.

Nota-se que o crescimento da construção civil causa um aumento acelerado dos consumos naturais provenientes de fontes não renováveis, por sua vez demandam uma quantidade expressiva de materiais inertes, como exemplo a brita e areia que são oriundos da extração de rochas e sedimentos aluviais.

Segundo a resolução CONAMA (Nº 307/2002), RCD (Resíduo de construção e Demolição) são todos aqueles oriundos de reformas, construções e demolições como por exemplos tijolos, concreto, blocos cerâmicos, fiação e outros, que são denominados entulhos de obra.

Porém, são todos os resíduos que podem ser reaproveitados em decorrência da dificuldade de sua reutilização, como por exemplo a cola, o gesso e as tintas. Dentre os relacionados pelo CONAMA, os que serão utilizados neste trabalho são os resíduos de origem cinza, como, concretos em geral, blocos de concreto, argamassa.

O processo essencial para a utilização do RCD é a triagem, que em outras palavras é a separação dos resíduos para quantificá-los e qualificá-los, pois desta forma há uma tentativa de homogeneidade do RCD que conseqüentemente resultará em um agregado de boa qualidade.

Segundo Addis (2010), a reutilização dos resíduos é benéfico ao meio ambiente em várias vertentes, destaca-se pela redução da extração de materiais naturais e redução significativa da quantidade de entulho gerada e descartada, ou seja, a reutilização e a reciclagem reduzem os materiais na cidade, que normalmente estes são descartados em aterros ou lugares clandestinos, ilegais.

A figura 01 ilustra a operação de triagem e classificação dos resíduos, na única Usina de Reciclagem de resíduos da construção civil - Ecovia na cidade de Varginha - MG.

Figura 01 - Processo de triagem e moagem do RCD



Fonte: O autor

A utilização do RCD vem ganhando espaço a cada dia, portanto seu estudo cresce diretamente proporcional, o que é justificado pelo alto impacto ambiental causado por ele.

As normas vigentes sobre a utilização do RCD serão descritas em três dimensões: a nacional, estadual e municipal.

No âmbito nacional, a Resolução Nº 307 do Conama, Brasil (2002), responsável pelas diretrizes de reutilização e reciclagem do RCD, determina quais tipos de resíduos de construção e demolição podem ser reutilizados ou reciclados para a produção de agregados.

Na esfera estadual, as leis possuem caráter generalizado e são semelhantes a Resolução Nº 307 do Conama, Brasil (2002), quanto ao acondicionamento adequado, transporte e destino.

No plano municipal, a cidade de Varginha-MG, desde dezembro de 2015, possui a empresa Ecovia reciclagem de resíduos da construção civil, que é associada a ABRECON (Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição). Esta possui o papel de coleta, triagem, moagem e destinação dos produtos oriundos do processo. Portanto, o RCD é descartado de forma racional e o produto final atende às especificações da Resolução Nº 307 do Conama, fazendo com que seja exemplo para a região.

3 USO DE RCD COMO AGREGADOS RECICLADOS NA CONSTRUÇÃO

Segundo a secretaria do meio ambiente (GAZETA DE VARGINHA, 2011), em Varginha - MG, o volume de resíduos da construção civil (RCD) chega a 100 toneladas por dia e com poucos espaços licenciados para destiná-los, situação essa que pode ser revertida, dando origem a um produto útil e com boa qualidade.

Na cidade de Varginha - MG, o RCD é destinado à usina Ecovia, através de triagem, moagem e dá origem a vários produtos conforme a granulometria apresentada, por exemplo a brita e o agregado.

De acordo com a resolução (CONAMA N° 307/2002), o agregado reciclado é um material granular produzido através do beneficiamento dos resíduos da construção ou demolição, que atende as normas técnicas, podendo ser destinados em edificações, infraestruturas e até em aterros sanitários.

Na produção dos agregados há classificação conforme o tamanho de seus grãos, ou seja, a granulometria é muito importante neste processo, pois temos desde a brita provenientes aos grãos maiores até o agregado que será utilizado na composição do bloco de concreto, provenientes aos grãos menores, conforme as figuras 02 e 03.

Figura 02 - Brita proveniente à moagem do RCD.



Fonte: O autor

Figura 03 - Agregado reciclado do RCD.



Fonte: O autor

De acordo com Sansão (2009), é conveniente a utilização de agregado reciclado para a fabricação de blocos de concreto, pois deve atentar por algumas precauções, visto que o agregado absorve maior quantidade de água.

Apesar da qualidade aceitável o agregado é composto por materiais diversos, o que indubitavelmente fará que os resultados variem de uma produção para outra.

O bloco a ser estudado passará por testes técnicos em laboratório, com o objetivo de verificar suas especificações mecânicas comparando-as com a norma ABNT NBR 12118:2013. Ao concluir esses testes, constataremos se o bloco de concreto utilizando o agregado produzido pela usina de reciclagem em Varginha - MG está em conformidade com as normas ABNT NBRs 6136/206 e 12118:2013.

4 BLOCO DE CONCRETO

Por volta de 1940, no Brasil, os blocos de concreto passaram a ser utilizados na construção de 2.400 residências do conjunto habitacional do Realengo na cidade do Rio de Janeiro. Em 1950, chegam ao país as primeiras máquinas importadas dos Estados Unidos, marcando a época de produção em larga escala.

Com o passar do tempo a produção de blocos de concreto foi crescente, porém os fabricantes possuíam poucas informações relacionadas à normatização estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), além de contarem com a falta de infraestrutura adequada para fabricação destes produtos.

Segundo Fernandes (2013), o bloco de concreto para alvenaria é o produto mais fabricado no Brasil, porém o que menos cumpre as especificações das normas brasileiras, considerando todos os fabricantes.

Como o objetivo da pesquisa é analisar a conformidade do bloco, faz-se necessário o conhecimento e aplicação das normas NBRs 6136 e 12118, da ABNT (Associação Brasileira de Normas e Técnicas).

O bloco normatizado possui formato e dimensões padronizadas, ou seja, cumpre os padrões de norma, é vazado e tem apenas dois furos, com exceção para os blocos especiais de 44 e 54 cm. E para que tenham qualidade, é necessário que sua fabricação deve ser realizada com materiais industrializados, equipamentos precisos e dosagem equilibrada (FRANCO et al.,1994).

Segundo Fernandes (2013), é muito importante não confundir o bloco de concreto normatizado com o informal, pois o informal possui 3 furos, fundo e dimensões muitas vezes fora dos padrões da norma.

Para a vedação a que se destina a aplicação do bloco a ser estudado com a finalidade de fechamento de espaços, de modo a propor vãos modulados em função das dimensões dos blocos.

Conforme a classificação prevista, segundo NBR 6136:2016, quanto ao uso, os blocos de concreto podem ser classificados:

- Classe A: Com função estrutural para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo.
- Classe B: Com função estrutural para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo.
- Classe C: Com ou sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo.

Visto que o bloco de concreto estudado possui a finalidade de vedação, conforme essa função, a classe correspondente aos estudos é a C que não possui função estrutural e uso em alvenaria acima do nível do solo.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Todos os ensaios dispostos na norma 12118:2013 (Análise dimensional, absorção de água e resistência à compressão) foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção Civil - Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS. O ensaio por retração por secagem não foi realizado por dois motivos relevantes, o primeiro é que o teste é optativo pela norma 6136:2016 conforme a tabela 3 e o outro é a falta de instrumentos de precisão essenciais para realização da medida deste teste no laboratório.

A avaliação de três lotes dos blocos de concreto fornecidos pela empresa, justifica-se por esta trabalhar em conformidade à sua demanda de venda e não possuir estoque. E como a empresa não tem uma linha de produção, utilizam-se cimentos que se encontram no mercado próximo e que suprem as necessidades de sua produção, por isso, para cada lote foi utilizado um tipo de cimento diferente.

Foram coletados 15 blocos de concreto da família 15x40 com dimensões 14x19x39cm (Largura x Altura x Comprimento). Cada lote foi analisado em diferentes datas, com uso de diferentes tipos de cimento, totalizando 3 lotes, especificado como classe C segundo a norma

ABNT NBR 6136:2016. Em seguida, os blocos foram acomodados em local apropriado no laboratório e identificados e destinados aos ensaios, conforme ilustra a tabela 01 abaixo.

Tabela 01: Quantidade de blocos utilizados em cada ensaio laboratorial

| Quantidade | Ensaio em Laboratório |
|-------------------|------------------------------|
| 06 blocos | Análise Dimensional |
| 03 blocos | Absorção de Água |
| 06 blocos | Resistência à compressão |
| 15 blocos | Análise Visual |

Fonte: O autor

Os blocos de concreto foram testados em conformidade com as normas NBR 6136:2016 “que estabelece os requisitos para a produção e aceitação do bloco vazados de concreto simples, destinados a execução de alvenaria com ou sem função estrutural” e a NBR 12118:2013, “que especifica métodos de ensaio para análise visual, análise dimensional, determinação da absorção de água e da resistência à compressão”.

O detalhamento dos ensaios a serem realizados em laboratório, serão descritos em forma de tópicos, em conformidade com a norma NBR 12118:2013, alinhados com os requisitos de exigência da norma NBR 6136:2016.

a) Análise Visual

Os blocos de concreto foram analisados quanto a homogeneidade, compactação, verificação das arestas se estão vivas, presença de trincas, fraturas ou outros defeitos que possam prejudicar o seu assentamento ou afetar a resistência e a durabilidade da construção.

b) Análise Dimensional

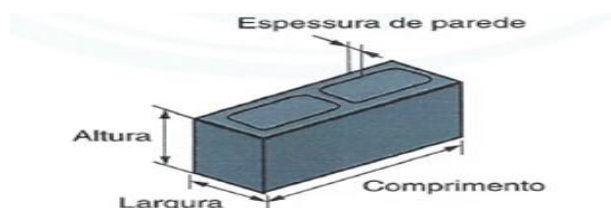
Para a realização deste ensaio foram necessários as seguintes aparelhagens:

- Paquímetro digital marca Digimess de 300 mm (precisão em mm ou pol) utilizado para medir a largura e altura do bloco de concreto e uma régua plumada de 450 mm

(precisão em mm), marca Japi utilizada para medir o comprimento. Os equipamentos utilizados possuem resolução de 1 mm e devidamente calibrado.

Neste ensaio verificam-se as três dimensões principais dos componentes: largura (L), altura (H) e comprimento (C), conforme a ilustrado na figura 04.

Figura 04: Modelo de Bloco com indicação a serem medidas



Fonte: Norma Brasileira ABNT NBR 12118:2013

Tem-se como referência as dimensões nominais, conforme a tabela 02 e sua designação de classe, largura e espessura mínima das paredes dos blocos vazados de concreto, conforme a tabela 03.

Tabela 02: Dimensões Nominais

| Família | | 20x40 | 15x40 | 15x30 | 12,5x40 | 12,5x25 | 12,5x37,5 | 10x40 | 10x30 | 7,5x40 | |
|--|-------------|------------------|-------|-------|---------|---------|-----------|-------|-------|--------|-----|
| Medida Nominal (mm) | Comprimento | Largura | 190 | 140 | | 115 | | | 90 | | 65 |
| | | Altura | 190 | 190 | 190 | 190 | 190 | 190 | 190 | 190 | 190 |
| | | Inteiro | 390 | 390 | 290 | 390 | 240 | 365 | 390 | 290 | 390 |
| | | Meio | 190 | 190 | 140 | 190 | 115 | - | 190 | 140 | 190 |
| | | 2/3 | - | - | - | - | - | 240 | - | 190 | - |
| | | 1/3 | - | - | - | - | - | 115 | - | 90 | - |
| | | Amarração "L" | - | 340 | - | - | - | - | - | - | - |
| | | Amarração "T" | - | 540 | 440 | - | 365 | - | - | 290 | - |
| | | Compesador A | 90 | 90 | - | 90 | - | - | 90 | - | 90 |
| | | Compesador B | 40 | 40 | - | 40 | - | - | 40 | - | 40 |
| | | Canaleta Inteira | 390 | 390 | 290 | 390 | 240 | 365 | 390 | 290 | - |
| | | Meia Canaleta | 190 | 190 | 140 | 190 | 115 | - | 190 | 140 | - |
| Nota 1 - As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos indicados nesta tabela são de $\pm 2,0$ mm para a largura e $\pm 3,0$ mm para a altura e para o comprimento. | | | | | | | | | | | |
| Nota 2 - Os componentes das famílias de blocos de concreto tem sua modulação determinada de acordo com ABNT NBR 15873. | | | | | | | | | | | |
| Nota 3 - As dimensões da canaleta J devem ser definidas mediante acordo entre fornecedor, função do projeto. | | | | | | | | | | | |

Fonte: NBR 6136:2016

A tolerância permitida nas dimensões das paredes dos blocos é de -1,0 mm para cada valor individual, devendo obedecer ao disposto na ABNT NBR 6136:2016, conforme mostrado na tabela 02.

Tabela 03: Designação por classe, largura dos blocos e espessura mínima das paredes dos blocos.

| Classe | Largura nominal (mm) | Paredes Longitudinais ^a (mm) | Paredes Transversais | |
|--------|-------------------------|--|----------------------------|---|
| | | | Paredes ^a mm | Espessura equivalente ^b mm/m |
| A | 190 | 32 | 25 | 188 |
| | 140 | 25 | 25 | 188 |
| B | 190 | 32 | 25 | 188 |
| | 140 | 25 | 25 | 188 |
| C | 190 | 18 | 18 | 135 |
| | 140 | 18 | 18 | 135 |
| | 115 | 18 | 18 | 135 |
| | 90 | 18 | 18 | 135 |
| | 65 | 15 | 15 | 113 |

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

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

Fonte: NBR 6136:2016

c) Absorção de água

Neste ensaio foram necessárias as seguintes aparelhagens:

- A estufa de secagem e esterilização modelo SL 100 do fabricante solab, com capacidade para acomodar 06 corpos de prova e manter a temperatura no intervalo $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$.
- Tanque de imersão de cimento com dimensões 0,60x0,53x2,0 m para o teste de saturação das amostras e peso aparente.
- Balança digital Eline, modelo ELP com capacidade de 30 kgf para obtenção das massas dos blocos. Balança manual “Rocket Balance” com capacidade de 50kgf para medição do peso aparente da amostra, quanto imersa em água.
- Termômetro digital minipa utilizado para verificações de temperatura no tanque de imersão e local de resfriamento dos corpos de prova.

O ensaio de absorção de água está relacionado à porosidade do bloco com a capacidade de reter líquido em seu interior. Através da equação descrita abaixo, verifica-se em valores percentuais, a quantidade de água que é absorvido pelo corpo de prova.

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100$$

onde:

a é absorção total, expressa em porcentagem (%).

m1 é a massa do corpo de prova seco em estufa, expressa em gramas (g).

m2 é a massa do corpo de prova saturado, expressa em gramas (g).

De acordo com a norma, os blocos devem atender aos limites de absorção e retração linear por secagem, estabelecida na tabela 04.

Tabela 04: Requisitos para resistência característica à compressão, absorção e retração.

| Classificação | Classe | Resistência característica à compressão axial ^a MPA | Absorção (%) | | | | Retração ^d |
|------------------------------|--------|---|------------------------------|-------------|----------------------------|-------------|-----------------------|
| | | | Agregado normal ^b | | Agregado leve ^c | | |
| | | | Individual | Média | Individual | Média | |
| Com função estrutural | A | $f_{bk} \geq 8,0$ | $\leq 9,0$ | $\leq 8,0$ | $\leq 16,0$ | $\leq 13,0$ | $\leq 0,065$ |
| | B | $4,0 \leq f_{bk} \leq 8,0$ | $\leq 10,0$ | $\leq 9,0$ | | | |
| Com ou sem função estrutural | C | $f_{bk} \geq 3,0$ | $\leq 11,0$ | $\leq 10,0$ | | | |

^a Resistência característica a compressão axial obtida aos 28 dias.

^b Blocos fabricados com agregado normal (Ver definição na ABNT NBR 9935).

^c Blocos fabricados com agregado leve (Ver definição na ABNT NBR 9935).

^d Ensaio facultativo.

Fonte: NBR 6136:2016

d) Determinação da resistência à compressão

No ensaio da resistência à compressão, serão necessárias as seguintes aparelhagens:

- A estufa de secagem e esterilização modelo SL 100 do fabricante solab, com capacidade para acomodar 06 corpos de prova e manter a temperatura $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$ no intervalo 24h com objetivo de redução de umidade do corpo de prova.
- Prensa hidráulica manual de marca Pavitest do fabricante Contendo, com capacidade de 100tf, utilizada no ensaio de resistência à compressão para obtenção da carga de ruptura e nesta para a regularização das amostras foram utilizadas duas chapas neoprene com espessura de 3mm.

Neste ensaio é verificado a capacidade de carga que o corpo de prova suporta, quando submetido a uma força exercida no sentido perpendicular a suas faces. A tabela 04 acima relata à resistência característica à compressão conforme sua classificação.

A importância deste ensaio é de suma importância, pois retrata a capacidade que a parede de alvenaria possui para suportar ações diversas, tais como cargas da estrutura, deformações entre outras.

5.1 Procedimento de Ensaio

A análise visual foi realizada, embora não seja exigida pela norma NBR 12118:2013, mas é mencionada como conformidade na norma NBR 6136:2016. Para este teste, foram analisados todos os 15 blocos de cada lote, conforme figura 05.

Figura 05: Análise Visual dos blocos



Fonte: O autor

Para o ensaio de análise dimensional foram selecionados 06 amostras para a verificação das seguintes dimensões:

- comprimento, largura e altura: 03 medidas de cada face em pontos distintos, conforme figuras 06, 07 e 08.
- espessura das paredes transversais: 01 medida de cada parede.
- espessura das paredes longitudinais: 02 medidas em cada furo, conforme figura 09.
-

Figura 06: Medição da Largura



Fonte: O autor

Figura 07: Medição da altura



Fonte: O autor

Figura 08: Medição do comprimento



Fonte: O autor

Figura 09: Medição da espessura parede



Fonte: O autor

Foram selecionadas 03 amostras para realização do ensaio de absorção de água e área líquida, conforme a sequência apresentada abaixo:

- pesagem das amostras obtendo a massa m (condições naturais), ilustrado na figura 10.
- colocação das amostras em estufa por 24h em temperatura de $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ (figura 11), retirado, medido e colocado à estufa por mais 2h para se obter a massa m_1 .
- colocação na câmara úmida com temperatura $(23^\circ \pm 5)^\circ\text{C}$ por 24h obtendo-se a massa m_2 , conforme figura 12.
- após saturado o corpo de prova foi imerso em água à temperatura $(23^\circ \pm 5)^\circ\text{C}$ para medição da massa aparente m_3 , conforme figura 13.

Figura 10: Pesagem das amostras



Fonte: O autor

Figura 11: Amostras na estufa



Fonte: O autor

Figura 12: Amostras na câmara úmida



Fonte: O autor

Figura 13: Pesagem da amostra imersa.



Fonte: O autor

Foram selecionados 06 amostras para realização do ensaio a resistência à compressão, segundo a sequência abaixo:

- utilização de duas chapas de neoprene, uma na parte inferior e outra na parte superior do bloco de concreto com espessura de 3mm para nivelção do mesmo, ilustrado na figura 14
- colocação na prensa para ruptura das amostras, obtendo as tensões para o cálculo da resistência à compressão, conforme figura 15.

-

Figura 14: Capeamento do bloco com chapas de neoprene. Figura 15: Amostra rompida.



Fonte: O autor



Fonte: O autor

Todos os ensaios descritos acima foram realizados no laboratório do Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS em conformidade com os métodos de ensaio da norma 12118:2013.

6 RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados da pesquisa serão apresentados em forma de tabelas decorrentes das informações obtidas nos ensaios laboratoriais.

6.1 Análise Visual

A tabela 05 apresenta o resultado do ensaio de análise visual dos três lotes analisados.

Tabela 05: Resultado do ensaio de análise visual.

| Blocos analisados por lotes | | | |
|------------------------------------|--|----------------|----------------|
| Itens | Quantidade de não conformidades | | |
| | Lote 01 | Lote 02 | Lote 03 |
| Trincas | 8,00 | 6,00 | 11,00 |
| Paralelismo entre as faces | 3,00 | 5,00 | 2,00 |
| Arestas Vivas | 7,00 | 9,00 | 5,00 |
| Materiais Orgânicos | 3,00 | 2,00 | 3,00 |

Fonte : O autor

Nesse teste foi constata-se a não conformidade em todos os itens analisados, segundo a norma ABNT NBR 6136:2016, caso haja desconformidade em mais de 2% dos blocos do lote, este deve ser rejeitado em sua totalidade.

Mediante ao teste fica evidenciado que itens como por exemplo as trincas em todos os lotes foram apresentadas e em valores expressivos. No lote 03 chega-se ao valor percentual de 73,3%. A falta de arestas vivas no lote 02, com valor percentual de 60% e em valor menos agravante, a presença de materiais orgânicos, pois foram encontradas nas paredes dos blocos algumas raízes de plantas, que neste quesito o lote 01 e 03 empatam no valor percentual de 20%. Todas estas constatações evidencia a falta de controle e qualidade no processo de produção.

6.2 Análise Dimensional

A tabela 06 apresenta os resultados obtidos na avaliação da análise dimensional e as não conformidades encontradas nos blocos de concreto.

Tabela 06: Resultado do ensaio de verificação dimensional (L x H x C).

| Identificação dos blocos | Comprimento Médio (mm) | | | Largura Média (mm) | | | Altura Média (mm) | | |
|-----------------------------|------------------------|---------|---------|--------------------|---------|---------|-------------------|---------|---------|
| | 1º Lote | 2º Lote | 3º Lote | 1º Lote | 2º Lote | 3º Lote | 1º Lote | 2º Lote | 3º Lote |
| 1 | 396,53 | 394,17 | 393,87 | 141,94 | 142,71 | 142,08 | 191,49 | 189,41 | 192,07 |
| 2 | 395,01 | 392,93 | 394,38 | 141,53 | 141,38 | 141,44 | 195,04 | 194,00 | 193,65 |
| 3 | 391,81 | 394,49 | 395,17 | 140,78 | 142,56 | 142,05 | 194,08 | 194,46 | 193,20 |
| 4 | 394,90 | 392,60 | 393,76 | 142,10 | 141,68 | 142,80 | 190,91 | 190,36 | 192,92 |
| 5 | 394,72 | 393,56 | 393,97 | 141,06 | 141,95 | 141,01 | 194,17 | 191,42 | 193,02 |
| 6 | 396,13 | 392,73 | 393,69 | 142,08 | 141,47 | 142,33 | 192,52 | 188,74 | 196,37 |
| Quantidade não conformidade | 5,00 | 3,00 | 6,00 | 1,00 | 2,00 | 4,00 | 3,00 | 2,00 | 4,00 |

Fonte: O autor.

Segundo a norma ABNT 6136:2016, as tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos de concreto são de $\pm 2,0$ mm para largura e $\pm 3,0$ mm para a altura e o comprimento.

Dos três lotes analisados de acordo com as dimensões da norma 6136:2016, ou seja, 140x190x390mm, foram classificados como não conformes, pois apresentavam, pelo menos uma das dimensões fora da tolerância normativa.

Dentro do ensaio de verificação dimensional, com ênfase na espessura mínima das paredes do bloco, segundo a norma ABNT 6136:2016, a tolerância permitida nas dimensões das paredes é de - 1,0 mm para cada valor individual. O bloco analisado corresponde a classe C, com largura nominal de 140 mm que implica em espessuras mínimas de 18 mm para paredes longitudinais e transversais e equivalente de 135 mm/m.

Diante destas condições pode-se afirmar que a espessura das paredes transversais, longitudinais equivalentes, nenhum lote apresentou não conformidade em relação às exigências normativas, conforme tabela 07.

Tabela 07: Resultado do ensaio de verificação dimensional - espessura de parede.

| Identificação dos blocos | Transversal Médio (mm) | | | Longitudinal Médio (mm) | | | Equivalente (mm/m) | | |
|-----------------------------|------------------------|---------|---------|-------------------------|---------|---------|--------------------|---------|---------|
| | 1º Lote | 2º Lote | 3º Lote | 1º Lote | 2º Lote | 3º Lote | 1º Lote | 2º Lote | 3º Lote |
| 1 | 22,26 | 23,03 | 20,60 | 22,75 | 22,32 | 20,97 | 224,58 | 233,71 | 209,23 |
| 2 | 21,90 | 21,41 | 21,44 | 21,75 | 21,74 | 23,26 | 221,79 | 217,90 | 217,41 |
| 3 | 22,02 | 21,35 | 22,21 | 20,98 | 23,18 | 23,05 | 224,75 | 216,51 | 224,77 |
| 4 | 21,90 | 21,22 | 22,71 | 21,41 | 21,14 | 21,81 | 221,85 | 216,15 | 230,67 |
| 5 | 22,06 | 21,96 | 21,69 | 21,92 | 21,97 | 22,26 | 223,04 | 223,17 | 220,17 |
| 6 | 21,01 | 22,35 | 22,30 | 23,11 | 21,30 | 21,83 | 211,75 | 226,43 | 226,52 |
| Quantidade não conformidade | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Fonte: O autor.

Nesse ensaio foram indicadas as não conformidades que evidenciam que podem ter ocorrido falhas no controle de fabricação, falta de calibração e, devido a fábrica possuir apenas um equipamento responsável por toda produção, pode ter ocorrido a falta de precisão na dosagem dos materiais. Portanto, os produtos encontrados no mercado à disposição do consumidor, poderá sofrer problemas ao longo da construção em função das diferenças e dos tamanhos apresentados. Dessa forma, improvisos e desperdícios de material poderão aparecer e conseqüentemente o aumento financeiro de material pode ocorrer.

6.3 Absorção de Água

A tabela 08 apresenta os resultados encontrados na avaliação da absorção de água, de acordo com ABNT 6136:2016.

Tabela 08: Resultado do ensaio de absorção de água.

| Identificação do bloco | Lotes dos blocos de concreto | | | | | |
|------------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | Lote 01 | | Lote 02 | | Lote 03 | |
| | Absorção Individual (%) | Absorção média Total (%) | Absorção Individual (%) | Absorção média Total (%) | Absorção Individual (%) | Absorção média Total (%) |
| 1 | 9,85 | 9,98 | 12,30 | 12,18 | 12,44 | 12,39 |
| 2 | 10,03 | | 11,87 | | 12,23 | |
| 3 | 10,05 | | 12,38 | | 12,48 | |

Fonte: O autor.

Nesse ensaio o lote 01 foi considerado conforme, pois apresentou percentual médio de absorção de água inferior a 10% (dez por cento), indicando que as paredes construídas com esses tijolos não terão aumento de carga quando exposto à chuva. Já os lotes dois e três foram considerados não conformes, devido seus valores percentuais apresentarem valores acima de 10%.

6.4 Resistência à Compressão

A tabela 09 apresenta os resultados encontrados no ensaio de resistência à compressão, de acordo com a ABNT 6136:2016.

Tabela 09: Resultado do ensaio de resistência à compressão em MPa.

| Identificação do bloco | Lotes dos blocos de concreto | | |
|------------------------|------------------------------|---------|---------|
| | Lote 01 | Lote 02 | Lote 03 |
| 1 | 0,60 | 2,29 | 1,54 |
| 2 | 1,05 | 1,72 | 1,26 |
| 3 | 1,03 | 1,44 | 2,43 |
| 4 | 1,01 | 1,89 | 1,21 |
| 5 | 0,80 | 1,55 | 1,18 |
| 6 | 0,92 | 1,90 | 1,05 |
| Média | 0,90 | 1,72 | 1,44 |
| $f_{b,est}$ | 0,53 | 1,28 | 1,01 |

$f_{b,est}$ é a resistência característica estimada da amostra, expressa Mpa.

Fonte: O autor.

Todos os três lotes analisados, foram considerados não conformes, pois, os resultados encontrados não atenderam as exigências normativas (mínimo de 3 MPa).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho visou, através de ensaios em laboratório, verificar tecnicamente se os blocos vazados de concreto simples fabricados com agregado de resíduos da construção civil no município de Varginha - MG se estão, de fato, em conformidade com a norma regulamentadora vigente ABNT NBR 6136:2016; como um caminho para minimizar os impactos causados pelo RDC no meio ambiente.

O que foi constatado é que o ensaio de análise visual foi rejeitado devido ao índice percentual ultrapassar a 2% de todos os lotes analisados. Já o teste de análise dimensional

houve inconformidade em todos os quesitos, ou seja, largura, altura e comprimento, em contrapartida nesse ensaio o que se refere a espessura das paredes do bloco, em todos os lotes atingiram índices satisfatórios. No ensaio de absorção de água, os lotes 2 e 3 foram rejeitados devido ao valor percentual ser maior que 10%, mas o lote 01 estava em conformidade, pois apresentou índice menor que a referência. Por final, o ensaio de resistência à compressão em todos lotes em valores médios foi menor que 3 MPa, condição mínima para classe C, conforme a norma vigente. Conclui-se que o bloco fabricado no município de Varginha que utiliza como agregado RCD está em desconformidade aos requisitos mínimos estabelecidos pela normatização técnica de referência.

Esse bloco de concreto que está sendo oferecido no mercado compromete a qualidade das alvenarias nas construções civis e pode influenciar no custo final da obra, devido aos gastos com quebras, devido à baixa resistência à compressão, baixo rendimento na execução e aumento na argamassa de assentamento e revestimento, devido às irregularidades apresentadas no ensaio de análise visual e dimensional.

Recomenda-se estudos complementares para definição de uma composição compatível com a utilização do agregado de resíduo da construção civil, objetivando alcançar as conformidades respeitadas para os requisitos mínimos da norma vigente.

STUDY OF TECHNICAL VERIFICATION OF THE CONCRETE BLOCK FOR SEALING MADE WITH CIVIL CONSTRUCTION WASTE AGGREGATES IN THE CITY OF VARGINHA MG

The present work pretend to verify, by research, the technique of the concrete block produced with tailings coming from the civil construction for fence. From the point of view of the waste of materials of small and large constructions and their damage for the environment. This article aims to present the experimental evaluation carried out with concrete block produced with aggregate of civil construction waste manufactured in the city of Varginha-MG, having as reference the Brazilian technical standards in force, ABNT NBR 6136: 2016 and ABNT NBR 12118: 2013. In order to carry out the tests, 15 concrete blocks of the 15x40 family with dimensions 14x19x39 cm (Width x Height x Length) were collected in each lot in a total of 3 lots in the municipality of Varginha-MG, specified as class C, according to the ABNT standard NBR 6136: 2016, which were tested by visual analysis,

dimensional analysis, water absorption and compressive strength. From the analysis obtained through the laboratory tests it was possible to verify that most of the blocks do not meet the minimum specifications, presenting non-conformity in the parameters evaluated. It is concluded that the blocks using aggregate of construction waste (RCD) manufactured in the city of Varginha-MG do not meet the parameters that the current Brazilian standard requires for class C and probably are compromising the quality of the production of the masonry.

Keywords: Study. Seal. Concrete block.

REFERÊNCIAS

ADDIS, Bill. **Reúso de materiais e elementos de construção**. Oficina de Textos. São Paulo, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural - Requisitos. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118**: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural – Método de ensaio: Análise dimensional e determinação da absorção de água, da resistência à compressão e da retração por secagem. Rio de Janeiro, 2013.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. (2002) **Resolução CONAMA nº. 307, de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil. Ministério do Meio Ambiente: CONAMA, 2002. Diário Oficial da União. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

FERNANDES, Idário D. **Blocos e Pavers - Produção e Controle de Qualidade**. São Paulo. Treino Assessoria e Treinamentos Empresariais Ltda, 2013.

FRANCO, L.S et al. **Desenvolvimento de um método construtivo de alvenaria de vedação de bloco de concreto autoclavados: proposição do método construtivo POLI-SICAL**. São Paulo. EPUSP-PCC, 1994.

GAZETA DE VARGINHA (2011), disponível em <https://gazetadevarginha.com.br/secretaria-de-meio-ambiente-de-varginha-pode-se-tornar-referencia-para-a-regiao/> Acesso em 22/08/18

SANSÃO, J. H. **Gerenciamento de resíduos de construção civil e demolição na cidade de Juiz de Fora – MG - (Dicas para construtores e projetistas)**. Tese (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais UFMG, Belo Horizonte, 2009.