

Reuso de efluentes na fabricação de blocos de concreto para alvenaria de vedação

A. Plaza Meurer¹ , R. Alves Amorim¹ , L. Carvalho Quintanilha¹ , D. Cardoso Parente^{*1,2} 

* Autor de Contato: denisparente@yahoo.com.br

DOI: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v9i2.278>

Recepção: 26/10/2017 | Aceitação: 29/05/2018 | Publicação: 30/04/2019

Editor Associado Responsável: Dr. Paulo Helene

RESUMO

Este trabalho busca avaliar a utilização da água de reuso proveniente de estações de tratamento de esgoto na fabricação de blocos vazados de concreto simples. O uso desses blocos tem sido adotado como opção de racionalização na composição da alvenaria de vedação e estrutural, por permitir redução nas perdas de materiais e camadas de revestimento. Fabricados a partir da mistura de aglomerante, agregado e água, em média 60 m³ de concreto, necessários para produção de 12.350 blocos (14 x 19 x 39 cm), consumiria 4.500 l de água. O estudo compreende a análise das propriedades físicas e mecânicas dos blocos dosados com efluente e os resultados mostram que essas propriedades permanecem inalteradas, o que pode viabilizar a utilização do efluente.

Palavras-chave: água de reuso; bloco de concreto; efluente tratado.

Citar como: Plaza Meurer, A., Alves Amorim, R., Carvalho Quintanilha, L., Cardoso Parente, D. (2019), "Reuso de efluentes na fabricação de blocos de concreto para alvenaria de vedação", Revista ALCONPAT, 9 (2), pp. 215 – 227, DOI: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v9i2.278>

¹ Universidade Federal do Tocantins - UFT, Brasil.

² Centro Universitário Luterano de Palmas - CEULP/ULBRA, Brasil.

Informações legais

Revista ALCONPAT é uma publicação trimestral da Associação Latino-Americana de Controle de Qualidade, Patologia e Recuperação de Construção, Internacional, A.C., Km. 6, antiga estrada para Progreso, Mérida, Yucatán, C.P. 97310, Tel.5219997385893, alconpat.int@gmail.com, Website: www.alconpat.org

Editor responsável: Dr. Pedro Castro Borges. Reserva de direitos de uso exclusivo No.04-2013-011717330300-203, eISSN 2007-6835, ambos concedidos pelo Instituto Nacional de Direitos Autorais. Responsável pela última atualização deste número, Unidade de Informática ALCONPAT, Eng. Elizabeth Sabido Maldonado, Km. 6, antiga estrada para Progreso, Mérida, Yucatán, C.P. 97310.

As opiniões expressas pelos autores não refletem necessariamente a posição do editor.

É totalmente proibida a reprodução total ou parcial dos conteúdos e imagens da publicação sem autorização prévia do ALCONPAT International A.C.

Qualquer discussão, incluindo a resposta dos autores, será publicada no primeiro número do ano 2020, desde que a informação seja recebida antes do fechamento do terceiro número do ano de 2019.

Effluent reuse in the manufacture of concrete blocks for sealing masonry

ABSTRACT

This work seeks to assess the use of reuse water from sewage treatment stations in the manufacture of simple concrete hollow blocks. The use of these blocks has been adopted as a rationalization option in the composition of the sealing and structural masonry, providing a reduction in the losses of materials and layers of coating. Made from the mixture of agglomerate, aggregate and water, around 60 m³ of concrete, required for the production of 12,350 blocks (14 x 19 x 39 cm), would consume 4, 500 l of water. The study includes the analysis of the physical and mechanical properties of effluent dosed blocks. Consequently, the results show that these properties remain unchanged, which can make the effluent use viable.

Keywords: reusing water; concrete block; treated effluent.

Reutilización de efluentes en la fabricación de bloques de concreto para albañilería

RESUMEN

En este trabajo se evalúa la utilización del agua de reutilización proveniente de estaciones de tratamiento de aguas residuales en la fabricación de bloques huecos de concreto simple. El uso de esos bloques ha sido adoptado como opción de racionalización de la composición de la albañilería para mampostería tradicional y estructural, por permitir reducción de pérdidas de materiales y capas de revestimiento. Fabricados a partir de la mezcla de aglomerante, agregado y agua, en promedio 60 m³ de concreto, necesarios para la producción de 12.350 bloques (14 x 19 x 39 cm), consumiría 4.500 l de agua. El estudio comprende el análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los bloques dosificados con el efluente y los resultados muestran que esas propiedades permanecen inalteradas, lo que puede viabilizar la utilización del efluente.

Palabras clave: reutilización del agua; bloque de concreto; aguas residuales tratadas.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Visvanathan e Asano (2001), o desenvolvimento industrial descontrolado provocou o esgotamento e a poluição dos recursos hídricos, se tornando necessário regulamentações cada vez mais rigorosas que forcem as indústrias a reduzirem o consumo de água potável. O autor ainda afirma que os avanços tecnológicos possibilitam o tratamento de águas residuais para uma diversidade de reutilizações industriais.

Outro ponto relevante é a reutilização da água, que se apresenta como uma das soluções para enfrentamento da crise hídrica. Segundo dados do World Bank (2015), aproximadamente 90% da água residual de países em desenvolvimento tem sua disposição no meio ambiente sem nenhum tratamento. O Banco Mundial ainda ressalta que na América Latina cerca de três quartos das águas contaminadas com coliformes fecais, voltam para o corpo hídrico, provocando graves problemas de saúde pública e para o meio ambiente.

Neste contexto, o objetivo geral deste trabalho é avaliar e comparar as propriedades físico-mecânicas de blocos de concreto confeccionados com água potável e blocos fabricados por meio da utilização de efluente doméstico tratado pela ETE Vila União, localizada em Palmas - TO.

2. BLOCO VAZADO DE CONCRETO

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define bloco vazado de concreto simples como “componente para execução de alvenaria, com ou sem função estrutural, vazado nas faces superior e inferior, cuja área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta” (ABNT NBR 6136:2014, p. 1).

Na produção de blocos de concreto é utilizado o concreto seco, também conhecido como concreto sem abatimento (MARCHIONI, 2012). Este concreto se diferencia do concreto convencional (plástico) em determinadas propriedades como: consumo de cimento, granulometria das misturas e trabalhabilidade. A resistência dos concretos secos não segue à risca a Lei de Abrams, aplicada aos concretos plásticos. (FRASSON JR. e PRUDÊNCIO JR., 2002).

Entre as vantagens do uso de blocos vazados estão o menor consumo de argamassa na execução da alvenaria; a possibilidade de serem cheios com barras de aço e graute alcançando capacidade de suportar cargas estruturais; e a utilização de suas cavidades para passagem de instalações elétricas e hidrossanitárias, que evita o corte na alvenaria, fator este que contribui para redução de resíduos e para o aumento da produtividade.

Por terem tolerâncias dimensionais muito pequenas geram uma redução acentuada na aplicação de revestimento em relação ao bloco cerâmico (SANTOS, 2016). O bloco de concreto por apresentar maior aderência, em relação ao bloco cerâmico, exige menos revestimento. Outra vantagem é com relação a perda de material, tendo em vista que os blocos de concreto não quebram tanto quanto aos cerâmicos (HOMETEKA, 2016).

3. PROCEDIMENTO

Para o desenvolvimento dessa pesquisa foram fabricados blocos de concreto com efluente tratado, coletado no mês de julho de 2016, proveniente da ETE Vila União, localizada em Palmas – Tocantins.

3.1. Coleta do efluente tratado

A coleta do efluente para a análise química foi realizada na ETE Vila União, onde o tratamento é realizado por reatores de fluxo ascendente (UASB), lagos de lodo ativado e decantadores. A coleta manual foi realizada no dispositivo medidor de vazão do emissário de efluente tratado da estação.

O procedimento referente à amostragem em águas superficiais e coleta manual foi realizado conforme especificações da NBR 9898:1987 e do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (2011) da CETESB.

3.2. Análise de efluente tratado

Os ensaios para avaliar a água de reúso foram divididos nas seguintes etapas: avaliação preliminar, análise química, tempo de pega da pasta e resistência à compressão da argamassa.

A etapa de avaliação preliminar compreendeu a realização dos seguintes ensaios especificados na Tabela 1, realizados no Laboratório de Química Geral da Universidade Federal do Tocantins – UFT.

Tabela 1. Avaliação preliminar

Parâmetro	Norma
Óleos e gorduras	ABNT NBR 15900-3
Detergentes	
Cor	
Material sólido	
Odor	
Ácidos	
Matéria orgânica	

As análises químicas foram realizadas pelo laboratório MICROLAB Ambiental de Goiânia – GO e contemplaram os ensaios e normas especificados na Tabela 2.

Tabela 2. Análise química

Ensaio	Norma
Cloretos	ABNT NBR 15900-6
Sulfatos	ABNT NBR 15900-7
Álcalis	ABNT NBR 15900-9
Fosfatos	ABNT NBR 15900-8
Nitratos	ABNT NBR 15900-10
Chumbo	ABNT NBR 15900-5
Zinco	ABNT NBR 15900-4

Conforma procedimentos da NBR NM 45 e NBR NM 65 foram realizados ensaios para determinação dos tempos de início e fim de pega da pasta de cimento com efluente tratado. A norma de água para amassamento de concreto (NBR 15900) fala que os tempos de início e fim de pega da pasta, em amostras de pasta preparada com a água em estudo, não devem diferir mais de 25% dos tempos de início e fim obtidos com amostras preparadas com água destilada.

Os ensaios de resistência à compressão foram realizados aos 7 e 28 dias de cura dos corpos de prova de argamassa, segundo os procedimentos da NBR 7215. Conforme NBR 15900, a resistência média, para as duas idades, deve alcançar pelo menos 90% da resistência à compressão média de corpos de prova preparados com água potável.

3.3. Fabricação dos blocos

A etapa seguinte foi a fabricação dos blocos vazados de concreto para alvenaria de vedação utilizando efluente tratado e água potável. A Tabela 3 apresenta o traço utilizado na fabricação dos blocos.

Tabela 3. Traço do concreto para fabricação dos blocos

Traço em massa (cim. : pó de seixo : água)	Material	Unidade	Quantidade
1 : 9,250 : 0,325	Cimento	Kg	40
	Pó de seixo	Kg	370
	Água	L	13

Para a fabricação dos blocos, utilizou-se o cimento CP II Z 32, fabricante CIPLAN, proveniente do mercado local (Palmas-TO). Os materiais utilizados na mistura do concreto com água potável resultaram em um volume de 0,17 m³ de concreto e a produção de aproximadamente 35 blocos. O

mesmo volume de concreto com efluente tratado foi produzido, resultando em aproximadamente 35 blocos.

3.4. Ensaio para blocos

Foram realizados os ensaios de análise dimensional, absorção e área líquida no Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Federal do Tocantins. E o ensaio de resistência à compressão de blocos e prismas no Laboratório de Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA – TO). Os procedimentos seguiram as normas NBR 6136 e NBR 12118.

O ensaio de resistência à compressão de prismas foi realizado conforme procedimentos da norma NBR 15961. Conforme o referido procedimento foi adotados prismas de dois blocos como um dos elementos que podem ser utilizados para estimar a resistência à compressão de paredes de alvenaria estrutural. Apesar dos blocos serem para alvenaria de vedação realizou-se o ensaio de resistência à compressão de prismas com dois blocos para se obter uma melhor compreensão da transmissão de cargas de um bloco para outro.

A tabela 04 apresenta o traço em volume e a relação água/cimento da argamassa utilizada para assentar os blocos na montagem do prisma.

Tabela 4. Traço em volume da argamassa

Traço em volume (cim. : areia)	Relação água/cimento
1 : 0,5	1,4

4. RESULTADOS E DICUSSÕES

4.1. Avaliação preliminar do efluente

Após coleta do efluente foi realizada a avaliação preliminar do efluente com relação aos parâmetros óleos, gorduras, detergentes, cor, material sólido, odor, ácidos e matéria orgânica, de acordo com as recomendações normativas da NBR 15900-1:2009. Nessa avaliação os ensaios foram feitos a partir de análises qualitativas, com exceção do ensaio de material sólido que foi quantificado o teor presente na amostra. Na Tabela 5 são apresentados os resultados obtidos.

Tabela 5. Resultados da avaliação preliminar do efluente

Parâmetro	Resultado	Requisito
Óleos e gorduras	Sem traços visíveis	Não mais do que traços visíveis
Detergentes	Presença de espuma	Qualquer espuma deve desaparecer em 2 min
Cor	Amarelo claro	A cor deve ser comparada qualitativamente com água potável devendo ser amarelo claro ou incolor
Material sólido	391 mg/L	Máximo de 50.000 mg/L
Odor	Inodora e sem odor de sulfeto de hidrogênio após a adição de ácido clorídrico	Água deve ser inodora e sem odor de sulfeto de hidrogênio, após a adição de ácido clorídrico
Ácidos	pH 8	pH ≥ 5
Matéria orgânica	Solução da amostra mais clara que a solução-padrão	A cor da água deve ser mais clara ou igual à da solução-padrão, após a adição de NaOH

Apesar da água de reúso proveniente de ETE não atender o parâmetro “ausência de espuma”, é permitido o uso do efluente tratado como água de amassamento desde que sejam atendidos os critérios sobre tempo de pega e resistência à compressão apresentados no item 4.4 da NBR 15900-1:2009.

Ainda sobre os resultados apresentados na Tabela 5, o pH do efluente tratado apresentou resultado dentro do permitido e tinha uma coloração de amarelo claro. Além disso, o efluente no teste de odor apresentou resultado inodoro e sem odor de sulfeto de hidrogênio após a adição de ácido clorídrico.

Com relação ao parâmetro “óleos e gorduras” não foram encontrados traços visíveis. Também através de análise visual, no parâmetro “matéria orgânica”, a solução da amostra foi mais clara que a solução-padrão. E o teor de material sólido foi inferior ao teor máximo.

4.2. Análise química do efluente

Ensaiado quimicamente, segundo as recomendações normativas apresentadas na Tabela 6, a fim de identificar a presença ou não de substâncias deletérias ao concreto, estão quantificados os teores de cloretos, sulfatos, álcalis, fosfatos, nitratos, chumbo e zinco.

Tabela 6. Resultados da análise química

Substância	Teor (mg/L)	Teor máximo (mg/L)	Uso final	Método
Cloretos	75	500	Concreto protendido ou graute	ABNT NBR 15900-6
		1.000	Concreto armado	
		4.500	Concreto simples (sem armadura)	
Sulfatos	64	2.000	-	ABNT NBR 15900-7
Álcalis	295	1.500		ABNT NBR 15900-9
Fosfatos	6,036	100		ABNT NBR 15900-8
Nitratos	0,02	500		ABNT NBR 15900-10
Chumbo	<0.01	100		ABNT NBR 15900-5
Zinco	0,081	100		ABNT NBR 15900-4

Algumas substâncias, tidas para Battagin (2010) como alteradoras da resistência à compressão e do tempo de pega, foram encontradas em níveis mínimos na amostra de efluente. Para o autor nitratos de zinco, chumbo e manganês retardam a pega, enquanto nitratos de cromo promovem sua aceleração. Em contrapartida, os fosfatos e boratos de chumbo e zinco reduzem a taxa de hidratação, prolongam o tempo de pega e abreviam a evolução da resistência inicial.

4.3. Tempo de pega

Ainda nos ensaios previstos para água de amassamento foi realizado o ensaio de tempo de pega, de acordo com a NBR 15900-1:2009. Segundo os critérios da norma foi avaliada a aprovação ou não da água de reúso como insumo na fabricação dos blocos. Na Figura 1 são apresentados os tempos de início e fim de pega da pasta com água destilada e com efluente tratado.

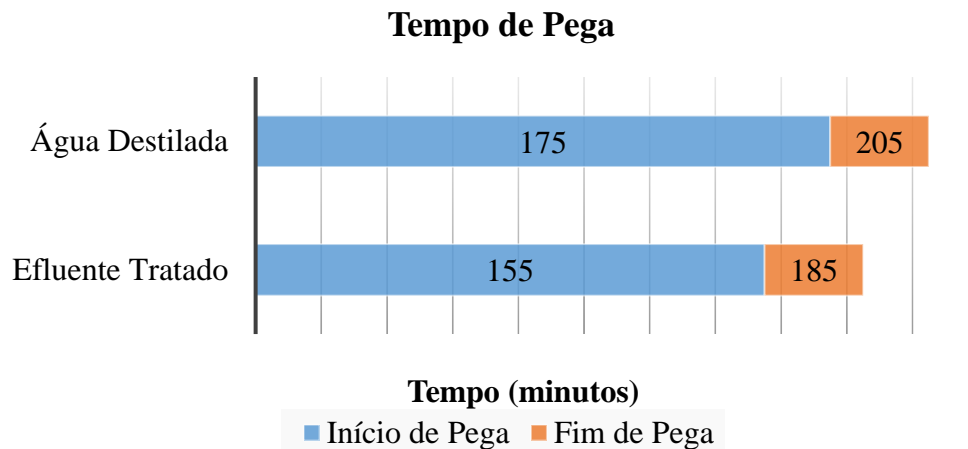


Figura 1. Resultados referentes aos tempos de início e fim de pega

Percebe-se que os tempos de início e fim de pega das amostras de pasta preparadas com efluente tratado não divergiram mais que 25% das produzidas com água destilada, atendendo ao exigido pela NBR 15900-1:2009. O efluente divergiu 11,43% para início de pega, e 9,76% para fim de pega.

4.4. Resistência à compressão

No ensaio de resistência à compressão axial da argamassa foram utilizados 4 corpos de prova de cada amostra aos 7 e 28 dias de idade, em um total de 16 corpos de prova ensaiados. Os resultados são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Resistência à compressão do corpo de prova de argamassa

Resistência à compressão (MPa)				
Corpo de prova	Água destilada		Efluente Tratado	
	7 Dias	28 Dias	7 Dias	28 Dias
1	18,90	24,69	16,68	24,04
2	15,65	21,82	19,87	19,49
3	19,00	24,69	17,00	22,20
4	19,17	26,26	16,79	22,74
Média	18,18	24,37	17,59	22,12
D.P.	1,69	1,85	1,53	1,91
C.V. (%)	9,30%	7,60%	8,70%	8,66%

A resistência média à compressão dos corpos de prova de argamassa com efluente tratado, aos 7 dias e 28 dias, alcançou mais de 90% da resistência à compressão média dos corpos de prova preparados com água destilada, atendendo o exigido pela NBR 15900-1:2009. Aos 7 dias se teve um alcance de 96,75%, e com 28 dias o alcance foi de 90,77%.

Por meio do teste de hipótese “t” de Student, comprovou-se que a resistência média da argamassa com água destilada e da argamassa com efluente tratado tiveram entre si valores significativamente semelhantes, para um nível de confiança de 95%.

4.5. Absorção e área líquida dos blocos

Foram utilizados três blocos para cada amostra (Bloco A e B). O resultado da determinação da absorção e área líquida dos blocos convencionais podem ser visualizados na Tabela 8.

Tabela 8. Determinação da absorção e área líquida dos blocos convencionais

Corpo de prova	Absorção		Área líquida	
	Individual (%)	Média (%)	Individual (mm ²)	Média (mm ²)
1	10,71%	10,50%	25.000,00	25.000,00
2	10,26%		24.736,84	
3	10,53%		25.263,16	

A Tabela 9 mostra os resultados da determinação da absorção e área líquida dos blocos com efluente tratado.

Tabela 9. Determinação da absorção e área líquida dos blocos com efluente tratado

Corpo de prova	Absorção		Área líquida	
	Individual	Média	Individual (mm ²)	Média (mm ²)
1	10,48%	10,66%	26.052,63	25.789,47
2	10,68%		25.789,47	
3	10,84%		25.526,32	

O requisito da NBR 6136:2014 para o ensaio de absorção em blocos, com uso de agregado normal, é de absorção individual menor ou igual a 12% e absorção média menor ou igual a 10%. Os resultados mostram que ambas as amostras de blocos apresentaram absorção média superior ao limite máximo aos 28 dias de cura. Para Fernandes (2012), um bloco produzido com quantidade de água insuficiente para a perfeita compactação ou produzido com composição granulométrica muito grossa geralmente apresenta uma superfície porosa, sujeita a absorver água com facilidade. Haja vista que a distribuição granulométrica utilizada para confecção dos blocos permite um bom acabamento das peças, acredita-se que provavelmente a quantidade de água adicionada na mistura não foi suficiente para produzir peças com pouca porosidade, mediante o grau de compactação utilizado. O alto teor de materiais pulverulentos pode ter aumentado o consumo de água devido à alta superfície específica de finos.

4.6. Ensaio de resistência à compressão dos blocos

Para o ensaio de resistência à compressão axial foram utilizados 6 blocos de cada amostra (convencional e efluente tratado) aos 14 e 28 dias de idade, em um total de 24 blocos ensaiados. Os resultados são apresentados na Tabela 10, e mostram um comparativo entre as resistências médias das amostras.

Tabela 10. Resultado da resistência à compressão

Bloco	Resistência à compressão (MPa)			
	Convencional		Efluente Tratado	
	14 Dias	28 Dias	14 Dias	28 Dias
1	2,28	3,16	3,61	3,58
2	1,87	3,43	3,04	5,03
3	2,03	3,26	3,11	4,20
4	2,53	3,17	3,00	3,53
5	2,43	3,09	4,96	3,54

6	2,40	3,09	2,05	4,80
Média	2,26	3,20	3,29	4,11
D.P.	0,26	0,13	0,96	0,67
C.V. (%)	11,30%	4,05%	29,19%	16,40%

A resistência média à compressão dos corpos de prova de argamassa com efluente tratado, aos 7 dias e 28 dias, alcançou mais de 90% da resistência à compressão média dos corpos de prova preparados com água destilada, atendendo o exigido pela NBR 15900-1:2009. Aos 7 dias o alcance da resistência foi de 96,75%, e com 28 dias de 90,77%, apresentando entre si valores significativamente semelhantes, para um nível de confiança de 95%.

Para classificação dos blocos quanto à sua devida classe deve-se tomar como referência a resistência à compressão característica estimada ($F_{bk,est}$). Os valores do $F_{bk,est}$ do bloco convencional e do bloco com efluente tratado estão apresentados nas Tabelas 11 e 12, respectivamente.

Tabela 11. Resultado da resistência à compressão dos blocos convencionais

Corpo de prova	Carga máxima de ruptura (Kgf)	Resistência à compressão (MPa)		$F_{bk,est}^a$	F_{bk}^b
		Individual	Média		
1	17.584	3,16	3,20	3,03	3,03
2	19.122	3,43			
3	18.154	3,26			
4	17.640	3,17			
5	17.222	3,09			
6	17.224	3,09			

^a Resistência à compressão característica estimada da amostra expressa em MPa
^b Resistência característica à compressão expressa em MPa ($F_{bk,est} \geq \Psi.F_{b1}$)

Fonte: Autor, 2016

Tabela 4. Resultado da resistência à compressão dos blocos com efluente tratado

Corpo de prova	Carga máxima de ruptura (Kgf)	Resistência à compressão (MPa)		$F_{bk,est}^a$	F_{bk}^b
		Individual	Média		
1	19.937	3,58	4,11	3,49	3,49
2	27.994	5,03			
3	23.406	4,20			
4	19.646	3,53			
5	19.709	3,54			
6	26.745	4,80			

^a Resistência à compressão característica estimada da amostra expressa em MPa
^b Resistência característica à compressão expressa em MPa ($F_{bk,est} \geq \Psi.F_{b1}$)

Fonte: Autor, 2016

Ambas as amostras de blocos atenderam às especificações de resistência para blocos da Classe C, F_{bk} maior ou igual a 3 MPa especificados no item 6.5 da NBR 6136:2014.

Os blocos feitos com efluente tratado apresentaram resistência média e resistência característica maior que os blocos produzidos com água potável, com ganho de resistência à compressão para um nível de confiança de 95%.

Levando-se em conta que o processo de fabricação, o traço e a cura foram os mesmos para as duas amostras, então acredita-se que esse aumento de resistência se deu devido à algum problema na moldagem dos blocos (realizada na fábrica), haja vista que no ensaio de resistência à compressão da argamassa o resultado foi diferente.

Os blocos com efluente apresentaram maior compactidade (empacotamento das partículas) e maiores resistências. Na Tabela 13, pode-se comprovar que a amostra de blocos com efluente tratado apresentou maior densidade que os blocos da outra amostra.

Tabela 13. Densidade dos blocos

Massa (kg)	Volume (m ³)	Densidade (Kg/m ³)	Densidade Média (Kg/m ³)
Blocos convencionais			
9,80	0,00480	2041,67	2017,36
9,75		2031,25	
9,50		1979,17	
Blocos com efluente tratado			
10,50	0,00480	2187,50	2149,31
10,30		2145,83	
10,15		2114,58	

Fonte: Autor, 2016

Fernandes (2014) afirma que para um melhor controle tecnológico recomenda-se estabelecer a peça desejada, e obter o seu peso adotando-o como padrão numa faixa de variação de no máximo 5%, para mais ou para menos. O estabelecimento do peso padrão para as peças e o controle de peso logo após a extrusão é método mais eficiente e praticado para controle do desvio padrão da resistência, seja em diferentes lotes, seja entre ciclos de uma mesma mistura ou até mesmo entre peças da mesmas bandejas.

4.7. Resistência a compressão de primas

O ensaio de resistência a compressão simples realizado com prismas de 3 blocos de cada amostra com 28 dias, totalizando 6 prismas não grauteados apresentou valores de resistência à compressão e valores de fator de eficiência prisma/bloco detalhados na Tabela 14.

Tabela 14. Resistência à compressão simples das primas

Carga máxima de ruptura (Kgf)	Resistência (MPa)	Média (MPa)	D.P. (MPa)	C.V. (%)	Eficiência (fpm/fbm)
Prisma Convencional					
11.687	2,10	2,30	0,37	16,01%	71,97%
11.600	2,08				
15.199	2,73				
Prisma com efluente tratado					
16.012	2,88	3,15	0,25	7,94%	76,47%
17.779	3,19				
18.755	3,37				

Observou-se em todos os prismas que a ruptura ocorreu por tração no bloco causando fissuração vertical, iniciada e intensificada nas paredes longitudinais e algumas vezes nas paredes transversais. As linhas vermelhas apresentadas na Figura 3 demarcam as fissuras nos prismas.



Figura 3. Ruptura típica dos prismas

A eficiência é convencionalmente definida como a relação entre a resistência de um elemento, por exemplo um prisma, e a resistência do bloco que o compõe. Segundo Ramalho e Corrêa (2003), o fator de eficiência f_{pm}/f_{bm} varia de 0,50 a 0,90. Para as duas amostras foram encontrados valores acima de 0,70 de eficiência prisma/bloco, estatisticamente semelhantes pelo teste de hipótese “t” de Student, para um nível de confiança de 95%.

5. CONCLUSÕES

Os resultados das análises da água de reuso e os dados de resistência a compressão, início e fim de pega podem confirmar a não interferência do uso do efluente na composição dos blocos. Todos os resultados atenderam aos critérios de tempo de pega e resistência à compressão para água de amassamento para concreto estabelecidos pela NBR 15900-1:2009.

Quanto a verificações dimensionais dos blocos moldados, verificou-se que as áreas líquidas médias das duas amostras de blocos apresentaram percentual em torno de 45% da área bruta do bloco, atendendo aos requisitos de valores menores que 75%, exigido pela NBR 6136:2014. Ambas as amostras apresentaram aspectos dimensionais semelhantes estatisticamente, não interferindo o efluente na estabilidade dimensional das peças.

Sobre a absorção dos blocos, os resultados médios obtidos para as duas amostras foram acima do limite máximo apresentado por norma. O alto teor de materiais pulverulentos deve ter aumentado o consumo de água, fazendo a quantidade de água ser insuficiente para mistura e conseqüentemente formar um concreto poroso

6. REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1996), *NBR 7215: 1996, Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão*. Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1987), *NBR 9898: 1987, Preservação e técnicas de amostragem de afluente líquidos e corpos receptores – Procedimento*. Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2006), *NBR NM 45:2006, Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios*. Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009), *NBR 15900-1:2009, Água de amassamento do concreto – Parte 1: requisitos*. Rio de Janeiro.

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009), *NBR 15900-2:2009, Água de amassamento do concreto – Parte 2: coleta de amostras para ensaios*. Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009), *NBR 15900-3:2009, Água de amassamento do concreto – Parte 3: avaliação preliminar*. Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009), *NBR 15900-4:2009, Água de amassamento do concreto – Parte 4: análise química – Determinação de zinco solúvel em água*. Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009), *NBR 15900-5:2009, Água de amassamento do concreto – Parte 5: análise química – Determinação de chumbo solúvel em água*. Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009), *NBR 15900-6:2009, Água de amassamento do concreto – Parte 6: análise química – Determinação de cloreto solúvel em água*. Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009), *NBR 15900-7:2009, Água de amassamento do concreto – Parte 7: análise química – Determinação de sulfato solúvel em água*. Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009), *NBR 15900-8:2009, Água de amassamento do concreto – Parte 8: análise química – Determinação de fosfato solúvel em água*. Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009), *NBR 15900-9:2009, Água de amassamento do concreto – Parte 9: análise química – Determinação de álcalis solúveis em água*. Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009), *NBR 15900-10:2009, Água de amassamento do concreto – Parte 10: análise química – Determinação de nitrato solúvel em água*. Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009), *NBR 15900-11:2009, Água de amassamento do concreto – Parte 11: análise química – Determinação de açúcar solúvel em água*. Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2011), *NBR 15961-1:2011, Alvenaria estrutural – Blocos de concreto – Parte 1: projeto*. Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2011), *NBR 15961-2:2011, Alvenaria estrutural – Blocos de concreto – Parte 2: execução e controle de obras*. Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2012), *NBR 6136:2014, Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos*. Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013), *NBR 12118:2013, Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio*. Rio de Janeiro.
- AMN - Asociación Mercosur de Normalización (2002), *NM 65:2002, Cimento Portland – Determinação do tempo de pega*. Rio de Janeiro.
- Frasson Jr, A.; Oliveira, A. L.; Prudêncio Jr., L. R. (2002), *Influência do processo produtivo nas resistências dos blocos de concreto*. IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Foz do Iguaçu, PR, maio, 8 p.
- CETESB - ANA (2011), *Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos*, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, Agência Nacional de Águas, Organizadores: Carlos Jesus Brandão [et al.], Autores: Adriana Castilho R. de Deus [et al.], São Paulo; Brasília.
- Hometeka, *Bloco de concreto x bloco cerâmico na alvenaria estrutural*. Disponível em: <<http://goo.gl/zqavdD>>. Acesso em: 01 set. 2016.
- Marchioni, M. L. (2012), “*Desenvolvimento de técnicas para caracterização de concreto seco para peças de concreto para pavimentação intertravada*”, 111 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

- da Silva Battagin, I. L. (2010), “A Norma Brasileira de água de amassamento do concreto: uma contribuição para a sustentabilidade”, *Concreto & Construção*, São Paulo, v. 58, p.37-45, abr.-jun. 2010. Disponível em: <http://goo.gl/F4xWZb>, Acesso em: 01 set. 2016.
- Ramalho, M. A.; Corrêa, M. R. S. (2003), “*Projeto de edifícios de alvenaria estrutural*”, 1 ed. São Paulo: PINI.
- SANTOS, A. (2011), *Bloco de concreto começa a virar o jogo*. Disponível em: <http://goo.gl/d9LP02>, Acesso em: 01 set. 2016.
- Visvanathan, C., Asano, T. (2001), *The Potential for Industrial Wastewater Reuse*. Encyclopedia of Life Support Systems. UNESCO Publication. Disponível em: <http://goo.gl/HDq4TH>, Acesso em: 01 set. 2016.
- World Bank (2015), *Brasil, Colômbia e Peru lideram lista de países com mais água no mundo*. Disponível em: <http://goo.gl/F3j1AC>, Acesso em: 01 abr. 2016.