

## ESTUDO DO USO DE ESGOTO TRATADO POR ETE BIOLÓGICA NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO PARA ALVENARIA DE VEDAÇÃO

Denise das Dores Nascimento Oliveira (\*), Edna dos Santos Almeida, Larissa da Silva Paes Cardoso

\*SENAI DR Bahia. Unidade: Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia - CIMATEC. denisen@fieb.org.br

### RESUMO

A utilização de blocos vazados de concreto simples tem sido uma opção na racionalização da alvenaria de vedação e estrutural, por se tratar de um elemento importante para o aumento da produtividade e para a redução de desperdícios, devido à opção de formatos, tamanhos, modulações possíveis, maior estabilidade dimensional e maior resistência em relação ao bloco cerâmico. São elementos fabricados a partir de mistura de cimento, agregados e água, podendo conter aditivos ou não. Estima-se que o consumo médio de água é 9.000 l para uma produção de 60 m<sup>3</sup> de concreto (aproximadamente 12.000 blocos de 14 x 19 x 39 cm), o que significa uma média de 150 l/m<sup>3</sup>. A água é um elemento fundamental para a sobrevivência humana e até bem pouco tempo era considerada um recurso infinito. Atualmente este recurso está se tornando cada vez mais escasso, o que faz com que haja a necessidade de um planejamento do reúso de água, tema de extrema importância para a humanidade. Este trabalho tem como objetivo avaliar a possibilidade de utilização do esgoto tratado por ETE biológica (lagoas de estabilização) na fabricação dos blocos vazados de concreto simples como uma opção para o setor da construção civil, considerado um grande consumidor de recursos naturais que necessita de soluções alternativas que visem à preservação do meio ambiente. O estudo compreendeu a análise das características da água subterrânea e do esgoto tratado para utilização na produção dos blocos e análise comparativa dos resultados obtidos nos blocos fabricados com água e com o efluente tratado. Ao realizar a comparação, observou-se que as características físicas e mecânicas dos blocos fabricados com esgoto tratado atendem totalmente aos requisitos estabelecidos pela Norma ABNT NBR 6136, tendo sido obtidos melhores resultados do que os dos blocos fabricados com a água subterrânea, o que pode viabilizar a utilização do esgoto tratado para fabricação de blocos vazados de concreto simples para alvenaria, contribuindo assim para o uso sustentável da água e para a minimização do descarte de efluentes no meio ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bloco de Concreto, Efluente Tratado, Reúso de Água.

### INTRODUÇÃO

A preocupação mundial com a preservação do meio ambiente tem sido uma questão de grande relevância para todas as indústrias, entre elas, a construção civil, um setor importante na economia do país e um grande consumidor de recursos naturais, na maioria das vezes de forma inadequada, causando degradação ambiental e aumento da poluição, através da geração de resíduos como consequência de sua atividade produtiva. Na busca de soluções para o desenvolvimento sustentável da construção civil, destaca-se a utilização de processos construtivos racionalizados que minimizem os impactos negativos. Neste contexto, cresce a utilização de blocos vazados de concreto simples na racionalização da alvenaria, por se tratar de um elemento importante para o aumento da produtividade e para a redução de desperdícios, devido à opção de formatos, tamanhos, modulações possíveis, maior estabilidade dimensional e maior resistência em relação ao bloco cerâmico, permitindo também melhor acabamento e menor consumo de argamassa de assentamento e de revestimento, entre outras vantagens.

Kaosal (2010) destaca que entre as principais propriedades e vantagens dos blocos vazados de concreto está a alta resistência à compressão, resistência às ações do tempo e aos impactos, boa resistência ao fogo e a possibilidade da utilização das cavidades para a passagem de instalações elétricas e hidráulicas.

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

Os blocos vazados de concreto são elementos fabricados a partir da vibração e prensagem da mistura dos seguintes materiais: cimento, areia, brita, pó de brita, água e aditivos, que facilitam a moldagem dos mesmos. Sua fabricação deve seguir os requisitos estabelecidos pela NBR 6136:2014. Podem ser utilizados apenas para a vedação (sem função estrutural) ou como elemento estrutural (alvenaria estrutural para sustentação da construção), sendo produzidos nas classes A, B, C e D, em função de sua aplicação e resistência à compressão, que pode variar de 2,0 a 20 MPa (FERNANDES, 2012).

Estima-se que o consumo médio de água é 9.000 litros, para uma produção de 60 m<sup>3</sup> de concreto (aproximadamente 12.000 blocos de 14 x 19 x 39 cm), o que significa uma média de 150 l/m<sup>3</sup>. A água é um elemento fundamental para a

sobrevivência humana e até bem pouco tempo era considerada um recurso infinito. Com a escassez dos recursos hídricos e a poluição dos mananciais, várias indústrias têm buscado um planejamento do reúso de água em suas atividades, entre elas a construção civil.

A Resolução n.54/2005, do CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS-CNRH estabelece “modalidades, diretrizes e critérios gerais que regulamentem e estimulem a prática de reúso direto não potável de água em todo o território nacional”, buscando um melhor gerenciamento e o uso sustentável da água como forma de regular a oferta e a demanda, maximizando o uso dos recursos hídricos para abastecimento da população e protegendo o meio ambiente ao reduzir o lançamento de efluentes.

Por definição a água de reúso é a “água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas” (RESOLUÇÃO N.54, 2005, p.1).

A ABNT NBR 15900-1, que especifica os requisitos para a água de preparo de concreto, traz as seguintes considerações para a água de reúso proveniente de estação de tratamento de esgoto:

“Água de reúso é a água tratada por diversos processos, como filtração e flotação, em estações de tratamento de esgotos, a partir do afluente já tratado para uso não potáveis.  
Até o momento de publicação desta Norma não havia antecedentes suficiente para garantir viabilidade de uso generalizado deste tipo de água.  
O uso deste tipo de água está condicionado a aplicações específicas em comum acordo entre o fornecedor de água e o responsável pela preparação do concreto, devendo ser atendidos todos os requisitos desta Norma.” (ABNT NBR 15900-1,2009).

Neste contexto, esta pesquisa buscou avaliar a possibilidade de utilizar esgoto tratado para a fabricação de blocos de concreto por meio da comparação dos resultados relativos às propriedades do bloco de concreto vazado quando confeccionados com água subterrânea (poço) e com esgoto tratado por uma ETE biológica.

## **OBJETIVO DO TRABALHO**

Este estudo tem como objetivo avaliar e comparar as características do bloco de concreto fabricado com água subterrânea e do bloco feito a partir da utilização do efluente tratado, identificando assim possibilidades para reúso do efluente tratado, contribuindo para a minimização do consumo de água e do descarte no meio ambiente.

## **METODOLOGIA UTILIZADA**

Para a avaliação e comparação das características dos blocos de concreto, a metodologia utilizada foi:

1. Coleta do esgoto tratado em uma ETE biológica por lagoas de estabilização da concessionária local (município de Salvador-Ba) e coleta de água subterrânea, atualmente empregada por uma empresa fabricante de bloco;
2. Análise das características físico-químicas do esgoto tratado utilizado na fabricação dos blocos (DBO, DQO, Cloretos, Sulfatos, Sólidos em suspensão, pH, Surfactantes, Dureza total e Coliformes totais);
3. Fabricação de blocos vazados simples de concreto para alvenaria de vedação utilizando água subterrânea e esgoto tratado;
4. Análise das características físicas e mecânicas dos blocos fabricados com água subterrânea e com esgoto tratado. Em atendimento à Norma ABNT NBR 6136, foram executados os ensaios de análise dimensional; absorção e resistência à compressão de acordo com a Norma ABNT NBR 12118.
5. Comparação dos resultados obtidos com os blocos fabricados com água subterrânea e com os fabricados com o esgoto tratado, em atendimento às Normas Técnicas.

## **DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA**

Inicialmente foi feita a coleta do esgoto tratado por uma ETE biológica da concessionária local. O tratamento biológico do esgoto tem como objetivo remover a carga orgânica do esgoto. Por meio da ação de microrganismos, acontece a decomposição da matéria orgânica.

Na ETE biológica, o esgoto bruto passa por uma grade que retém materiais de dimensões maiores e segue para a caixa de areia para remoção de sólidos inertes por sedimentação. A matéria orgânica em suspensão é tratada por três lagoas

de estabilização aeradas (ver Figura 1), onde aeradores fornecem o oxigênio para degradação biológica. As lagoas estão em três níveis diferentes e funcionam por gravidade.



Figura 1: Imagens das Lagoas da ETE visitada. Fonte: Autora do Trabalho.

Em seguida, a amostra foi encaminhada para o laboratório, onde foram realizadas as análises das características físico-químicas do esgoto tratado. O passo seguinte foi a realização da coleta da água subterrânea (água de poço) utilizada na fábrica de blocos e o envio da mesma para o laboratório. Os resultados obtidos podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Características físico-químicas do esgoto tratado por ETE biológica e da água subterrânea e requisitos da NBR 15900-1 - Fonte: Autora do trabalho, 2014.

Ensaio	Unidade	Esgoto Tratado (ETE)	Água Subterrânea	Requisitos NBR 15900-1 (água para preparo de concreto)
Cloretos	mg/L	10,9	4,76	Para concreto simples (sem armadura) não deve ser maior que 4500 mg/L
Sulfatos	mg/L	6,18	1,29	$\geq 2\ 000$ mg/L
pH	--	7,63	6,76	--
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	73,7	< 1,0	--
Coliformes Totais	UFC/100m L	$2,2 \times 10^5$	$5,2 \times 10$	--
DBO – Demanda Biológica de Oxigênio	mg/L	132	2,0	--
DQO- Demanda Química de Oxigênio	mg/L	399	36	--
Surfactantes	mg LAS/L	0,08	< 0,01	--
Sólidos em suspensão	mg/L	40,0	15,0	--

Métodos de Ensaio:  
**Cloretos e Sulfatos** – EN138 QGI (EPA 300.1-1); **pH** – EM 029 QGI; **Dureza Total** – EN 005 QGI (SMEWW 2340 A/B/C);  
**Coliformes Totais** – EN 005 MIC (SMEWW 9222 A,B,C); **DBO** – EN 056 QGI (SMEWW 5210 B); **DQO** – EN 027 (SMEWW 5220 D); **Surfactantes** – EN 036 QGI; **Sólidos em suspensão** – EM 025 QGI  
 SMEWW- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd. Edition.

A análise dos cloretos e dos sulfatos indica que o esgoto tratado pela ETE biológica atende aos requisitos de água para preparo de concreto, estabelecidos pela NBR 15900-1, o que pode viabilizar a utilização para a fabricação de blocos vazados de concreto.

O resultado do pH (potencial Hidrogeniônico) apresenta também um resultado satisfatório, uma vez que os valores estão bem próximos a valor de neutralidade (pH=7).

Os resultados de dureza total e sólidos apresentaram valores mais elevados no esgoto tratado. O valor alto encontrado no parâmetro dos coliformes totais deve-se ao fato de que a ETE não dispõe de processo de desinfecção do efluente tratado. No entanto, acredita-se, em função do processo produtivo, que estes fiquem imobilizados no bloco.

Segundo a Resolução n.430/2011 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, a DBO, ou seja, “a quantidade de oxigênio necessária para oxidar qualquer matéria orgânica presente na água durante um dado período de tempo, geralmente cinco dias” (RITCHER, 2001, P.100), deve ser de no máximo 120 mg/L para lançamento do efluente em corpos hídricos, no entanto os valores para DBO e DQO foram mais elevados para o efluente tratado das lagoas, o que pode ter relação com a quantidade de algas presentes na lagoa (pois o efluente apresentava-se esverdeado) e que permanecem neste. Como foi feita coleta pontual, torna-se necessária a observação de um histórico de análises para uma melhor avaliação da qualidade do efluente em termos de quantitativo de carga orgânica, uma vez que a DBO é considerada um parâmetro importante para medir a eficiência da ETE.

A etapa seguinte à coleta foi a fabricação dos blocos vazados simples de concreto para alvenaria utilizando água subterrânea e esgoto tratado. Para este estudo, a fabricação dos blocos foi realizada em uma fábrica de pré-moldados, situada na região metropolitana de Salvador, Bahia, onde a produção é realizada em um processo automático e contínuo (ver Figura 2), sem o contato direto com o efluente, o que praticamente elimina a possibilidade de contaminação dos operários por algum microrganismo potencialmente patogêno.

Diariamente são produzidos de 50 a 70 m<sup>3</sup> de concreto. O cimento é estocado em um silo com capacidade para 105 toneladas e o agregado é distribuído em cinco compartimentos com capacidade para 40 m<sup>3</sup> cada, sendo dois para a areia, um para pó de pedra, um para areia de brita e um para brita 9,5 mm.



Distribuição dos agregados



Área de produção

**Figura 2: Fabricação dos blocos vazados de concreto. Fonte: Autora do Trabalho, 2014.**

A Tabela 2 apresenta a dosagem de materiais utilizados na composição do traço para a fabricação dos blocos.

**Tabela 2. Dosagem dos materiais para fabricação dos blocos - Fonte: Autora, 2014.**

Material	Unidade	Quantidade
Cimento CP II - 40	kg	133
Areia de brita	kg	445
Brita 9,5 mm	kg	210
Pó de brita	kg	133
Água	l	66
Aditivo	l	1

Para a análise das características físicas e mecânicas dos blocos fabricados com água subterrânea e com esgoto tratado, foram executados os ensaios de análise dimensional; absorção e resistência à compressão. Os procedimentos para execução dos ensaios seguiram as Normas NBR6136 e NBR12118.

A análise dimensional (Figura 3), na definição da NBR 12118:2011, é a verificação das dimensões do bloco (largura, comprimento, altura e espessura das paredes).



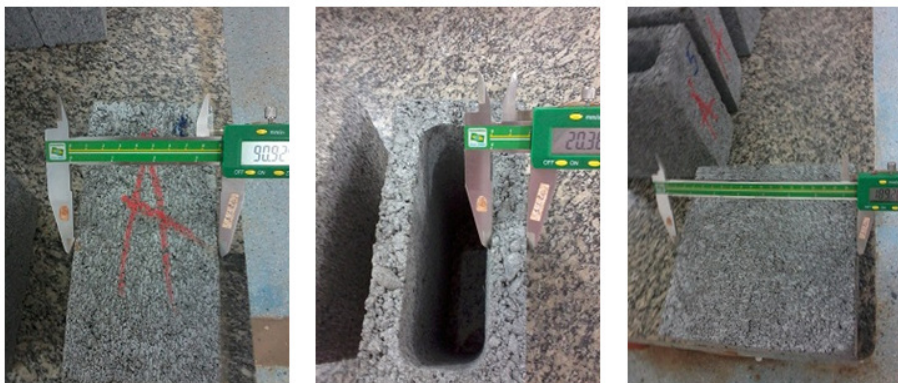


Figura 3: Análise dimensional. Fonte: Autora do Trabalho, 2014.

As dimensões dos blocos devem corresponder às dimensões nominais estabelecidas pela NBR 6136:2014, ou seja, para o meio bloco (que foi utilizado nesta experiência) devem ser: 90 mm (largura) x 190 mm (altura) x 190 mm (comprimento), com tolerância de  $\pm 2,0$  mm para a largura e  $\pm 3,0$  mm para a altura e para o comprimento.

Os blocos denominados “Blocos A” são a “amostra branca”, blocos fabricados com a água subterrânea (água do poço da fábrica) e os denominados “Blocos B” são os fabricados com o esgoto tratado da ETE biológica.

Na análise dimensional, é importante observar que a regularidade das dimensões é fundamental para o bom desempenho da modulação da alvenaria. Como os blocos (A e B) passaram pelo mesmo processo de fabricação, não houve alterações significativas com relação à análise dimensional e os resultados ficaram dentro dos limites de tolerância estabelecidos pela Norma (Tabela 3).

Tabela 3. Comparação dos resultados da análise dimensional - Fonte: Autora do Trabalho, 2014.

Dimensões Nominais (mm)	Blocos A						Blocos B					
	Média <sub>1</sub>	DP	Média <sub>2</sub>	DP	Média <sub>3</sub>	DP	Média <sub>1</sub>	DP	Média <sub>2</sub>	DP	Média <sub>3</sub>	DP
L = 90	91,11	0,27	91,05	0,36	90,62	0,12	91,74	0,09	91,79	0,12	91,28	0,34
A = 190	187,98	1,17	187,95	1,19	188,52	0,67	188,69	0,59	188,84	0,68	188,23	1,81
C = 190	191,00	0,58	190,97	0,58	191,17	0,52	191,27	0,18	191,48	0,27	190,85	0,25

NOTA 1 – L = largura; A = Altura; C = Comprimento; DP = desvio padrão;  
 NOTA 2 - Dimensões Nominais referentes ao meio bloco;  
 NOTA 3 – Média<sup>1</sup> – Média das dimensões dos blocos da amostra aos 5 dias de idade; Média<sup>2</sup> – Média das dimensões dos blocos da amostra aos 12 dias de idade; Média<sup>3</sup> – Média das dimensões dos blocos da amostra aos 25 dias de idade.

A NBR 12118:2011 traz ainda a seguinte definição referente ao ensaio de absorção: é a “relação entre a massa de água contida no bloco saturado e a massa do bloco seco em estufa (Figura 4) até a constância de massa, expressa em porcentagem”.



Figura 4: Blocos na estufa. Fonte: Autora do Trabalho, 2014.

O ensaio de absorção de água está relacionado diretamente à impermeabilidade e a durabilidade dos blocos e é mais alta quanto mais poroso for o bloco. Os resultados mostram que os blocos fabricados como esgoto tratado estão em

conformidade com a Norma Técnica ABNT NBR 6136:2014 e apresentaram menor índice de absorção, portanto menor aumento de carga na alvenaria quando houver ocorrência de chuvas (Tabela 4).

**Tabela 4. Comparação dos resultados do ensaio de absorção - Fonte: Autora do Trabalho, 2014.**

Ensaio de Absorção												
CP	Blocos A						Blocos B					
	Indiv. (%) <sup>1</sup>	Média (%) <sup>1</sup>	Indiv. (%) <sup>2</sup>	Média (%) <sup>2</sup>	Indiv. (%) <sup>3</sup>	Média (%) <sup>3</sup>	Indiv. (%) <sup>1</sup>	Média (%) <sup>1</sup>	Indiv. (%) <sup>2</sup>	Média (%) <sup>2</sup>	Indiv. (%) <sup>3</sup>	Média (%) <sup>3</sup>
01	6,9	7,0	6,8	6,9	7,3	7,3	5,8	6,1	5,4	5,7	5,8	6,0
02	7,0		6,8		7,3		6,3		6,1		6,3	
03	7,2		7,0		7,4		6,1		5,6		6,0	
NOTA <sub>1</sub> - Indiv. = Absorção individual; (%) <sup>1</sup> - Percentual de absorção dos blocos aos 5 dias de idade. (%) <sup>2</sup> - Percentual de absorção dos blocos aos 12 dias de idade. (%) <sup>3</sup> - Percentual de absorção dos blocos aos 25 dias de idade.												
NOTA <sub>2</sub> - Requisitos da ABNT NBR 6136:2014 para o ensaio de absorção, utilizando agregado normal: Blocos com função estrutural - Classe A - Individual ≤ 8,0% - Média ≤ 6,0% Blocos com função estrutural - Classe B - Individual ≤ 10,0% - Média ≤ 8,0% Blocos com ou sem função estrutural - Classe C - Individual ≤ 12,0% - Média ≤ 10,0%												

Para o ensaio de resistência à compressão foi utilizada uma prensa hidráulica (Figura 5). A resistência à compressão é definida pela Norma como a “relação entre a carga de ruptura e a área bruta do corpo de prova quando submetido ao ensaio de compressão axial” (NBR 12118:2001, p.1).



**Figura 5: Prensa hidráulica para o ensaio de resistência à compressão. Fonte: Autora do Trabalho, 2014.**

Na Tabela 5 são apresentados os resultados do ensaio de resistência à compressão. Considerando-se que o processo de fabricação, o traço (dosagem dos materiais) e o processo de cura foram os mesmos para as duas amostras (A e B), os blocos fabricados com o esgoto tratado superaram as expectativas atingindo valores de resistência à compressão superiores aos blocos da “amostra branca”, já aos 7 dias de idade.

**Tabela 5. Comparação dos resultados do ensaio de resistência à compressão - Fonte: Autora do Trabalho, 2014.**

Resistência à compressão	Média <sup>1</sup> fbk (MPa)	fbk,est (MPa)	Média <sup>2</sup> fbk (MPa)	fbk,est (MPa)	Média <sup>3</sup> fbk (MPa)	fbk,est (MPa)
Blocos A	7,77	5,92	8,85	7,51	8,42	5,75
Blocos B	11,43	9,83	13,16	9,61	13,96	13,96
NOTA <sub>1</sub> Média <sup>1</sup> - Média da resistência à compressão das amostras, aos 7 dias. Média <sup>2</sup> - Média da resistência à compressão das amostras, aos 14 dias. Média <sup>3</sup> - Média da resistência à compressão das amostras, aos 28 dias.						
NOTA <sub>2</sub> - Requisitos da ABNT NBR 6136:2014 para o ensaio de resistência à compressão aos 28 dias. Resistência característica à compressão axial: Blocos com função estrutural - Classe A - $f_{bk} \geq 8,0$ Blocos com função estrutural - Classe B - $4,0 \leq f_{bk} < 8,0$ Blocos com ou sem função estrutural - Classe C - $f_{bk} \geq 3,0$						

## CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

O objetivo proposto nesta pesquisa foi atendido com êxito. Observou-se, de acordo com os critérios das análises realizadas, que os blocos feitos com esgoto tratado apresentaram conformidade com os requisitos da NBR 6136:2014 e melhores resultados do que os fabricados com água subterrânea, o que pode viabilizar o reúso do efluente tratado, tendo como consequência a maximização do uso dos recursos hídricos e práticas favoráveis ao desenvolvimento sustentável da construção civil e à proteção ao meio ambiente.

De acordo com Braga et al (2005), a viabilidade do reúso está diretamente associada a um planejamento adequado para a diminuição dos riscos à saúde e para alcançar o desempenho esperado onde está sendo aplicado. O desempenho dos blocos fabricados com o esgoto tratado foi positivo para sua aplicação na alvenaria. Em relação aos riscos à saúde, o processo utilizado para fabricação dos blocos, neste estudo, foi totalmente automatizado, ou seja, não houve contato manual do operário no processo de fabricação. Em caso de utilização do processo manual, recomenda-se trabalhar com efluente tratado por ETEs mais eficientes em termos de remoção de carga orgânica e coliformes.

Por fim, espera-se que os resultados obtidos neste trabalho estimulem novas pesquisas para utilização de efluentes tratados também em outros componentes da construção civil, tais como os pré-moldados de concreto, entre outros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Água de amassamento do concreto – Parte 1: Requisitos: NBR 15900-1. Rio de Janeiro, 2009. 11p.
2. \_\_\_\_\_. Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio: NBR 12118. Rio de Janeiro, 2011. 13 p.
3. \_\_\_\_\_. Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos: NBR 6136. Rio de Janeiro, 2014. 10 p.
4. BRAGA, B; et al. Introdução à engenharia ambiental. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. – 6<sup>a</sup>. reimpressão, 2010.
5. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n. 430, 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores.
6. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água.
7. FERNANDES, Idário D. Blocos e Pavers – Produção e Controle de Qualidade. Editora: Treino - Assessorias e Treinamentos Empresariais Ltda. Edição 03 – 182 p. Santa Catarina, 2012.
8. KAOSOL, T. *Reuse water treatment sludge for hollow concrete block manufacture*. International Conference on Science, Technology and Innovation for Sustainable Well-Being (STISWB), 23-24 July 2009, Mahasarakham University, Thailand. Disponível em: <http://www.swm.eng.psu.ac.th/pub/pub-2009-p3.pdf>. Data: 09 de setembro de 2014.
9. RICHTER, Carlos A. Tratamento de lodo de estações de tratamento de água. São Paulo: Blucher, 2001.