



RBES

Revista Brasileira de
Engenharia e Sustentabilidade

ISSN 2448-1661

Pelotas, RS, UFPel-Ceng

<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/RBES/index>

v.6, n.1, p.22-28, jul. 2019

PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE BLOCOS DE CONCRETO COM CINZA DE CASCA DE ARROZ DESTINADOS A PAVIMENTOS

IACKS, J. A.¹; OLIVEIRA, L. J.¹; PADILHA, S. A.¹; GONÇALVES, M. R. F.¹;

¹ Universidade Federal de Pelotas

Palavras-chave: sustentabilidade; cinza de casca de arroz; bloco unistein; inovação na construção.

Resumo

Considerando a importância da reciclagem de resíduos agrícolas, tais como o originado pelo aproveitamento da casca de arroz como fonte de energia, no presente trabalho pesquisou-se o emprego da cinza de casca de arroz na produção de blocos de concreto para pavimentos. A cinza utilizada provém da queima da casca de arroz e foi caracterizada quanto ao teor de umidade, teor de carbono e granulometria. Em função de sua granulometria, a cinza de casca de arroz foi inserida em substituição a areia média, nos percentuais de 5% e 10%, em massa. Os blocos de concreto sem e com a cinza de casca de arroz foram fabricados por uma empresa do ramo existente em Pelotas, RS, e testados quanto ao teor de absorção de água, índice de vazios, resistência à compressão e resistência à abrasão. Além disto, verificou-se o efeito da substituição da cinza de casca de arroz na tonalidade final do bloco, visando a possibilidade de redução do uso de corantes (pigmentos) inorgânicos e uma possível redução de custo nesse aspecto. O resultado mostrou ser possível a obtenção de blocos com cinza de casca de arroz nas quantidades propostas, mas que somente os blocos com 5% de substituição de areia por cinza atenderam as exigências da NBR 9781/2013.

TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF CONCRETE BLOCKS MADE WITH RICE HUSK ASHES SUITED FOR PAVEMENTS

Keywords: sustainability; rice husk ashes; unistein block; innovation in construction.

Abstract

Considering the importance of recycling agricultural waste, such as the one originated from the utilization of the rice husk as source of energy, in this study it was researched the use of RHA on the production of concrete blocks for pavements. The ash used had was characterized concerning moisture levels, carbon levels and granulometry. Due to its granulometry, the RHA was inserted in substitution to the medium thick sand, in the percentages of 5% and 10%, in mass. The concrete blocks with and without the RHA were made by a company of such branch, existing in Pelotas, RS, and they were tested regarding water absorption levels, void ratio, mechanical resistance to compression and abrasion resistance. Besides that, it was also verified the effects of adding RHA on the final tonality of the block, aiming the possibility of reducing the use of inorganic dye (pigments) and a possible cost reduction of this aspect. The result showed to be possible to attain blocks with RHA with the proposed quantities, but only the blocks with 5% of aggregate replacement by sand met the NBR 9781/2013 requirements.

INTRODUÇÃO

Os consumidores estão, cada vez mais, em busca de soluções para satisfazer seu anseio de transformar o mundo globalizado em um lugar melhor. Isto se deve a maior atenção da população aos conceitos de desenvolvimento sustentável e social, baseados em suprir as necessidades atuais sem o comprometimento da capacidade de suprir as gerações futuras, tampouco promover o esgotamento dos recursos naturais ou uma degradação massiva do meio ambiente.

Aliado a isso, atenta-se à necessidade de tomarem-se medidas de mitigação dos impactos decorrentes da atual ordem econômica mundial caracterizada pela produção e consumo sempre crescentes. Nesse sentido, faz-se necessário observar que rejeitos são gerados em toda a cadeia produtiva e descartados, muitas vezes, de forma incorreta.

Um exemplo típico de descarte inadequado é a cinza de casca de arroz (CCA), rejeito oriundo da produção de arroz. Esse resíduo, com alto teor de carbono, tem como principal destino aterros ou descarte inadequado na natureza. Na tentativa de reduzir este descarte, pesquisas vêm sendo realizadas visando a aplicação da CCA na indústria de fabricação de artefatos de concreto, onde os resultados mostram a possibilidade de otimização das propriedades dos mesmos. De acordo com Sandhu e Siddique (2017), a CCA pode ser usada em diferentes aplicações no setor da construção e em diversos tipos de matrizes, como as cimentícias e as poliméricas.

Neste sentido, o presente estudo visou a obtenção de uma fonte alternativa para o agregado miúdo e os pigmentos usados no concreto de blocos, a partir da substituição de diferentes quantidades da areia por CCA, bem como a de obtenção de um bloco com CCA para pavimentos com propriedades semelhantes às dos blocos sem uso de cinza.

MATERIAL E MÉTODOS

O cimento, os agregados (miúdo e graúdo) e o plastificante foram fornecidos pela empresa de artefatos de concreto. A CCA foi coletada em uma arrozeira na cidade de Capão do Leão, no ano de 2017, que efetuou o transporte da cinza para que fossem realizadas as

moldagens. A cinza utilizada resulta da fonte de energia da empresa, proveniente da queima da casca do arroz em grelha a temperatura de aproximadamente 550°C.

A determinação da distribuição granulométrica da cinza foi feita de acordo com a Norma Brasileira NBR NM 248:2003. No ensaio, utilizando-se de CCA seca e um conjunto de peneiras da série normal Mesh 200, 150, 80, 50, 30, 10 (abertura de malha 0,074mm, 0,105mm, 0,177mm, 0,297mm, 0,59mm e 2mm, respectivamente), agitou-se a cinza em placa vibratória por um período de 15 minutos, tempo suficiente para promover a separação e classificação das partículas de diferentes tamanhos. Finalizado o processo, determinou-se a massa total de material retido em cada uma das peneiras e no fundo do conjunto. Estes dados permitiram calcular as porcentagens média, retida e acumulada de CCA em cada peneira e o módulo de finura do material.

O módulo de finura é uma grandeza adimensional que indica a área superficial da partícula. De posse do valor do módulo de finura é possível uma melhor definição da quantidade de água necessária à mistura dos componentes do concreto.

O traço utilizado para a confecção dos blocos está contido na tabela 1:

Tabela 1. Traços utilizados na produção dos blocos de concreto

	Areia Fina (kg)	Areia Média (kg)	Cimento CP II (Kg)	Brita 0 (kg)	CCA (kg)	a/c
Traço Referência	137	548	185	160	0	0,292
Traço 5%	102,75	548	185	160	34,5	0,432
Traço 10%	68,5	548	185	160	68,5	0,681

Para a produção dos blocos foram executadas as seguintes etapas:

Etapa 1 – Acondicionamento das matérias-primas: os agregados graúdo e miúdo (brita e areia, respectivamente) ficaram dispostos em baias cobertas, o cimento foi mantido no silo de armazenamento existente na empresa e a cinza foi transportada e ficou armazenada em “bag’s”, fornecidas pela própria arrozeira, que são sacos de polipropileno de elevada

resistência.

Etapa 2 - Pesagem dos agregados: os agregados são pesados em equipamentos disponíveis para este fim e conduzidos, através de uma esteira, ao misturador. Pertinente salientar que a umidade dos materiais (agregados graúdo e miúdo) é verificada por meio de sensores acoplados ao equipamento e que efetuam, concomitantemente à inserção das matérias-primas, o controle de umidade da mistura, ou seja, o ajuste para a correta moldagem e manutenção da relação água/cimento que garanta a resistência do material resultante.

Etapa 3 – Transporte dos agregados e inserção do cimento: após a pesagem, os agregados foram transportados em esteiras até o misturador. Na sequência, o cimento foi lançado até a balança de pesagem por meio de uma rosca helicoidal existente no silo de armazenamento e, após a verificação da massa, liberado para o interior do misturador.

Etapa 4 – Adição da CCA: a cinza foi manualmente pesada e inserida no misturador, através de uma comporta de visualização do processo.

Etapa 5 – Inserção do aditivo e da água de mistura: um aditivo plastificante foi inserido no misturador por um sistema de aspersão, de forma a obter homogênea distribuição. Posteriormente, a água foi bombeada de um reservatório e o controle da quantidade necessária para uma correta mistura foi feito por um sensor no interior do misturador a cada 3 segundos. Nesta etapa, é importante salientar que ocorre a correção da umidade da mistura, sendo respeitada a relação água/cimento que garantirá a resistência requerida pelo material. O concreto obtido foi transportado por meio de vagonetas até a prensa (máquina de moldagem e vibração) para a produção dos blocos.

Etapa 6 – Moldagem dos blocos de concreto: na moldagem, o concreto foi lançado sobre uma forma que vibra para distribuir o material. Quando a forma está totalmente preenchida ocorre a vibração e prensagem do concreto no estado fresco, seguida da liberação dos blocos já moldados para a próxima etapa.

Etapa 7 – Acabamento final e cura: para o acabamento final, os blocos conformados foram direcionados para uma esteira na qual uma “escova” circular removeu as rebarbas que poderiam comprometer esteticamente

a utilização do produto. Após, os blocos foram colocados em bandejas e encaminhados para a cura, onde permanecem, por, no mínimo, 24 horas.

Etapa 8 – Acondicionamento final: após as primeiras 24 horas de cura, blocos foram selecionados e armazenados no laboratório da indústria até a data de ruptura (28 dias) quando foi testada a resistência à compressão de acordo com a NBR 9781:2013.

Para a caracterização de blocos de concreto sem e com CCA, a NBR 9781:2013 determina a realização dos ensaios de inspeção visual, avaliação dimensional, absorção de água, resistência à compressão e resistência à abrasão, sendo este último facultativo, e determina, também, o número mínimo de corpos de prova para cada um dos ensaios.

Além dos ensaios previstos na NBR 9781:2013, foi realizado o ensaio de índice de vazios dos blocos sem e com CCA, através dos procedimentos descritos na NBR 9778:2015, visando avaliar se, pela inserção da cinza de casca de arroz, obtém-se um material menos poroso, mais resistente e, conseqüentemente, mais durável.

No ensaio de inspeção visual, as peças de concreto constituintes do lote fabricado foram inspecionadas visualmente, objetivando a identificação de defeitos que possam vir a prejudicar o assentamento, o desempenho estrutural ou a estética do pavimento. Ainda segundo a norma, nas peças foi observada a homogeneidade, arestas regulares e ângulos retos, inexistência de rebarbas, defeitos de laminação, e descamação.

No ensaio de avaliação dimensional as medições foram feitas com um paquímetro em blocos moldados nos três traços, e a tolerância dimensional foi da ordem de 3mm, de acordo com a NBR 9781:2013. Foram ensaiados corpos-de-prova em número correspondente ao que está prescrito na norma vigente. De acordo com a mesma norma, foi ensaiada a absorção de água dos blocos.

Para a determinação da resistência à compressão dos blocos sem e com CCA foram realizados ensaios de acordo com as diretrizes da norma ANBT NBR 9781:2013. Para tanto, os blocos ficaram imersos em água por 24 horas antes do ensaio, pois o procedimento exige que os mesmos estejam na condição saturada. Para a ruptura dos blocos utilizou-se uma prensa hidráulica

da marca Forney, modelo Copilot. Para o capeamento dos blocos, foram utilizadas placas de neoprene.

Os ensaios foram realizados em corpos de prova com idades de 7 e 28 dias, de forma a comparar, também, se o concreto com CCA, devido a reatividade da cinza nos primeiros três dias, contribui para ganhos de resistência nas idades iniciais.

O índice de desgaste por abrasão também é um importante parâmetro a ser considerado, principalmente, em peças como blocos de concreto para pavimentação propensos ao desgaste devido a circulação de veículos e pedestres. Os ensaios de resistência à abrasão foram realizados de acordo com o método denominado “Método CIENTEC” de desgaste por abrasão. Cada bloco teve extraída duas amostras, através de corte com serra diamantada. O resultado é apresentado em termos de índice de desgaste. Este índice equivale à média das diferenças entre as alturas iniciais e finais de cinco pontos no corpo de prova.

A análise da coloração foi visual e comparativa entre blocos de concreto sem e com CCA deixados ao ar livre, nas idades de 28 e 90 dias de cura. Além disso, comparou-se a coloração dos blocos com CCA com um bloco produzido com o pigmento óxido de ferro preto, usualmente utilizado pela empresa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No tocante a distribuição granulométrica, os resultados obtidos mostram que o menor tamanho de partícula da CCA está retido na peneira de malha 0,18 mm e que mais de 60% das partículas estão retidas na peneira 0,6 mm. Ademais, a análise mostrou que a cinza utilizada possui tamanho de partícula predominantemente médio, classificação esta, dada pela NBR 7211:2009, e módulo de finura (2,5) no intervalo da areia média, sendo, portanto, adequada a substituição de parte da areia do concreto. Verificou-se, também, o teor de carbono presente na CCA, por meio da perda de peso ao fogo, através de três amostras, indicando um percentual de 15% de carbono. Por fim, o teor de umidade foi definido em 6,1%.

No que tange a areia, os resultados obtidos demonstram um módulo de finura de 2,43; classificando-a como um material de partícula de média granulometria. Em relação à umidade, a areia

apresentou teor de 2,63%.

A partir da inspeção visual, Figura 1, averiguou-se que os blocos com adição de CCA não possuem variações consideráveis e/ou perceptíveis em relação aos blocos sem CCA. Apenas pequenas rebarbas são observadas nas arestas que não comprometem o emprego e a estética do produto final.



Figura 1. Bloco referência, bloco com 5% de CCA e bloco com 10% de CCA, respectivamente.

Este resultado corrobora com os obtidos por Toffolo (2014) que em seu trabalho pesquisou a substituição do agregado miúdo por rejeito de mineração em blocos de concreto intertravados e concluiu que o aspecto visual não sofreu alteração com a inserção do resíduo. Esta condição, também, já havia sido observada por Martins (2015) quando avaliou a utilização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar na confecção de blocos de concreto para pavimentação em substituição ao agregado, obtendo resultado satisfatório no que diz respeito à análise técnica visual.

Portanto, pode-se concluir que as substituições feitas com a CCA na produção de blocos de concreto para pavimento apresentam resultados positivos ao serem avaliados visualmente.

De acordo com Khosla (2015), que estudou diferentes proporções de CCA em substituição ao agregado miúdo, os melhores resultados de resistência à compressão ocorrerem com 15% de substituição, comparativamente a substituições de 15 e 25%. No entanto, no trabalho não foi possível testar traços com 15% de cinza porque o custo da produção dos blocos foi assumido pela indústria de artefatos, que optou por realizar inicialmente os traços com menores proporções para após a obtenção dos primeiros resultados, definir a viabilidade ou não de executar traços com maiores substituições.

Os blocos de concreto foram fabricados no formato Tipo I (unistein) nas dimensões 22 cm x 11 cm x 8

cm (comprimento, largura e altura, respectivamente) e verificados nas dimensões prescritas pela norma específica.

As tolerâncias dimensionais das peças de concreto previstas na norma são da ordem de 3 mm, em qualquer uma das direções. Sendo assim, de acordo com os resultados apresentados na tabela 2, pode-se concluir que a substituição da areia por CCA não modificou a condição de estabilidade dos blocos em relação às suas dimensões, pois as mesmas não apresentaram variações superiores a tolerada pela norma. Além disso, também, é possível identificar que as tolerâncias dimensionais dos blocos com CCA, em sua maioria, foram menores que as identificadas nos blocos do traço sem CCA.

Tabela 2. Análise Dimensional dos blocos de concreto sem e com CCA

CPs	Blocos sem CCA (mm)			Blocos com 5% CCA (mm)			Blocos com 10% CCA (mm)		
	h	L	Lm	h	L	Lm	h	L	Lm
1	77	244	121	78	242	120	77	242	120
2	79	243	122	79	242	120	77	243	121
3	80	244	122	78	242	119	78	242	119
4	77	243	121	79	242	119	77	242	119
5	80	244	121	80	242	119	77	242	119
6	79	243	121	78	242	119	78	242	120
Varição Máxima (mm)	3	1	1	3	0	1	1	1	2

A estabilidade de blocos de concreto para pavimentação, com adição de resíduos, já foi identificada por outros pesquisadores, como Pagnussat (2004) ao estudar a utilização de escória granulada de fundição (EGF) em substituição ao agregado miúdo. O autor também obteve resultados satisfatórios, sendo identificada como a maior variação dimensional o valor de 1mm ocorrida na largura e de 2mm no comprimento, valores inferiores aos da norma ABNT NBR 9781:2013 (3 mm).

Para a realização do ensaio de absorção de água, seguiu-se as prescrições do anexo B da ABNT NBR 9781:2013. Os resultados obtidos, em relação ao índice de absorção de água para os blocos sem CCA foi de 4,02%. Já os blocos com 5% de CCA apresentaram índice de 5,71%, enquanto os blocos com 10% de

substituição atingiram 15,95%.

No que tange os índices de vazios dos blocos, foram identificados percentuais de, aproximadamente, 11, 23 e 28 para os blocos sem, com 5% e com 10% de CCA, respectivamente.

Segundo a ABNT NBR 9781:2013, o bloco de concreto para pavimentos deve apresentar valor médio de absorção de água menor ou igual a 7%, não sendo admitido nenhum valor individual maior do que 6%. Analisando-se comparativamente a absorção dos blocos sem e com CCA foi possível observar que somente os blocos sem cinza e com 5% de cinza obtiveram absorção de água (4,02% e 5,71%, respectivamente) inferior ao da norma.

Os blocos com 10% de CCA apresentaram elevada absorção (15,95%), possivelmente, não pela quantidade de cinza utilizada, mas, pela característica higroscópica da mesma. Esta afirmação esta pautada nos trabalhos dos pesquisadores Pagnussat (2004), Fioriti et al (2014), Toffolo et al (2014), Martins (2015) e Padilha (2016) que utilizaram valores de 10% e até superiores de substituições com diferentes tipos de resíduos e obtiveram resultados dentro do limite médio de absorção de água de acordo com a norma. Este resultado já era esperado porque os blocos com 10% de CCA apresentaram os maiores valores médios do índice de vazios (28,38%).

A tabela 3 apresenta os resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão para os blocos sem e com CCA com 28 dias de idade.

Tabela 3. Resistência à compressão dos blocos de concreto sem e com CCA

Blocos sem CCA			Blocos com 5% CCA			Blocos com 10% CCA		
Bloco	KN	MPa	Blocos	KN	MPa	Blocos	KN	MPa
B1	344,70	60,78	B5CCA1	187,60	33,08	B1	90,10	15,89
B2	305,80	53,92	B5CCA2	150,90	26,61	B2	97,50	17,19
B3	223,70	39,44	B5CCA3	172,90	30,49	B3	92,70	16,34
B4	217,20	38,30	B5CCA4	165,60	29,20	B4	88,50	15,60
B5	229,10	40,39	B5CCA5	165,40	29,16	B5	96,80	17,07
B6	225,90	39,83	B5CCA6	161,20	28,42	B6	83,65	14,75
Resistência Média	45,44		Resistência Média	29,49		Resistência Média	16,14	

Analisando-se os resultados da tabela 3, verifica-se que os blocos sem CCA atingiram resistências maiores

que as dos blocos com CCA e, também, que obtiveram cerca de 20% a mais do valor previsto na norma (35 MPa). Este resultado foi de encontro aos interesses da empresa que percebeu a necessidade de revisão dos traços de concreto adotados na fábrica, visando a obtenção de redução de matéria-prima e exploração da natureza e, também, a possibilidade de redução do custo do produto final, o bloco de concreto.

Com relação aos traços com CCA percebe-se uma grande disparidade nos resultados. O traço que substitui 5% da areia por CCA não atingiu as resistências à compressão da norma, mas apresentou valores adequados para os casos de utilização em locais de tráfego leve, tais como praças, calçadas e ciclovias, que é de 25 MPa, comumente comercializados pela indústria que produziu os blocos, quando solicitado pelos clientes.

Já o traço que substitui 10% da areia por CCA apresentou resultados muito insatisfatórios, menores que 50% do mínimo exigido por norma, e abaixo dos valores aceitos comercialmente para pavimentações de tráfego leve. Este resultado já era esperado porque os blocos com 10% de cinza apresentaram os maiores valores de absorção de água e do índice de vazios. A utilização da cinza da casca de arroz pode reduzir a densidade e peso do concreto, (YUXIA, 2014) e a resistência à compressão e aumentar absorção de água (BEGUM et al., 2014; GIVI et al., 2010).

A redução na resistência à compressão pela inserção de resíduos já foi observada em trabalhos desenvolvidos pelos pesquisadores Fioriti et al (2008) ao avaliarem a adição de resíduos de borracha provenientes da recauchutagem de pneus no concreto de blocos intertravados destinados a pavimentação.

Cabe aqui salientar que o aproveitamento de resíduos em concretos só será viável para as indústrias de pavimentos se for revisto o valor mínimo exigido pela ABNT NBR 9781:2013 (35 MPa), de forma que os produtos obtidos possam ser aproveitados em ambientes com sobrecargas menores. Além disso, comparando os valores mínimos de resistência à compressão exigidos no Brasil com os exigidos na Austrália e África do Sul, países que dominam a técnica de pavimentação com blocos intertravados há muito mais tempo que o Brasil, vê-se que para estes as

normas especificam resistências mínimas de 25 MPa vinculadas a finalidade de utilização do produto.

O ensaio de resistência à abrasão ocorreu em blocos com 30 dias de idade e a análise dos resultados foi comparativa entre os traços do concreto sem e com CCA. Como resultado, verificou-se índice médio de desgaste de 5,33mm para blocos sem CCA, 6,84mm em blocos com 5% de CCA e 9,62mm em blocos com 10% CCA.

Independente da quantidade de CCA, verificou-se que os blocos de concreto com cinza apresentaram-se menos resistentes ao desgaste por abrasão do que os blocos de concreto sem CCA. Este resultado já era esperado porque os blocos com cinza são menos resistentes à compressão devido ao maior índice de vazios.

Na comparação entre os blocos com CCA, o percentual de substituição de 5% de CCA foi o que apresentou o menor desgaste. A justificativa para a baixa resistência ao desgaste dos blocos de concreto com 10% de CCA está no seu elevado índice de vazios médio (28,38%).

A última etapa consistiu na análise de coloração, a qual possibilitou concluir que a coloração cinza escuro, a partir da inserção da CCA, pode ser atingida com os traços propostos.

CONCLUSÃO

Diante do exposto, pode-se concluir que resultados positivos foram obtidos no que tange os blocos de concreto para pavimentos, sendo estes:

- Redução do consumo de areia, um recurso natural não renovável, no processo de obtenção de blocos de concreto para pavimentos substituindo-a parcialmente por cinza de casca de arroz;
- Produção de blocos de concreto intertravados em um canteiro de fábrica, originando amostras com as mesmas características físicas e mecânicas dos produtos disponibilizados no mercado;
- Confirmação de que a inserção do resíduo CCA reduz a resistência mecânica do bloco de concreto, independente da quantidade de cinza;
- Obtenção de blocos com 5% de CCA com resistência à compressão (29 MPa) adequada a utilização em locais de tráfego leve, tais como praças,

calçadas e ciclovias;

- Possibilidade de utilização da CCA como pigmento para a obtenção de blocos de concreto na coloração cinza escuro, Independente do teor de cinza;

Em suma, para que resíduos possam ser utilizados em blocos de concreto para pavimentos é necessário uma revisão na norma brasileira ABNT NBR 9781/2013, tendo em vista que nela o quesito de atendimento envolve valores de resistência à compressão muito elevados (35 MPa e 50 MPa), nem sempre necessários em situação de uso. Tais valores, extrapolam valores de normas internacionais de países com elevada experiência em pavimentos com blocos intertravados.

LITERATURA CITADA

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregado miúdo – Determinação da absorção de água**. NBR NM 30. Rio de Janeiro, 2001. 3p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados para concreto – Especificação**. NBR 7211. Rio de Janeiro, 2005. 9p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica**. NBR 9778: 2005. Rio de Janeiro, 2005. 4p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados – Determinação da Composição Granulométrica**. NBR NM 248. Rio de Janeiro, 2003. 6p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Peças de concreto para pavimentação – especificação e métodos de ensaio**. NBR 9781: 2013. Rio de Janeiro, 2013. 27p.
- BEGUM, Razia; HABIB, Ahsan; MOSTAFA, Shah. Effects of Rice Husk Ash on the Non Autoclaved Aerated Concrete. **International Journal of Engineering Innovation & Research**. V. 3, I. 1.
- FIORITI, Cesar F. **Pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de pneus como material alternativo**. 2007.
- GIVI, A. N. et al. Contribution of rice husk ash to the properties of mortar and concrete: A review. **Journal of American Science**. 2010.
- KHOSLA, C.; Khurana, G.; Performance Evaluation of cement concrete using rice husk ash and bottom ash. **International Journal for Science, management and Technology**, 2015.
- MARTINS, C.H.; Avaliação da utilização de da cinza de bagaço de cana-de-açúcar na confecção de blocos de concreto para pavimentação. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**. V.8, p.39-54, 2015.
- PADILHA, S. A.; Paliga, C.M.; TORRES, A. S. . Estudo comparativo da resistência à compressão de blocos de concreto produzidos com diferentes cimentos e dosados em ambiente de fábrica. **Reec - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 13, p. 184-195, 2017.
- PAGNUSSAT, D.T. Utilização de Escória Granulada de Fundação (EGF) em Blocos de Concreto para Pavimentação. 2004. **Dissertação** (Mestrado Acadêmico) Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.
- SANDHU, R. K.; SIDDIQUE, R. Influence of rice husk ash (RHA) on the properties of self-compacting concrete: **A review. Construction and Building Materials**, 153, 2017.
- TOFFOLO, R.V.M. et. al.; Viabilidade técnica de elementos de concreto para pavimentação produzidos com rejeito de barragem de minério de ferro. 56º Congresso Brasileiro de Concreto. **Anais**. Natal – Rio Grande do Norte. 2014.
- YUXIA, Z. et al. Study on the Effects of Rice Husk Quantity and Particle Size on the Compressive Strength of Concrete based on Experiment. 7th International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation. **Anais** 2014.