

UTILIZAÇÃO DE PISO GRAMA FABRICADO COM AGREGADOS DE RCD EM CALÇAMENTOS: uma alternativa para drenagem urbana

Igor Carlesso Sartore (Universidade Estadual de Londrina) E-mail: igorsartore@hotmail.com
Rafaella Salvador Paulino (Universidade Estadual de Londrina) E-mail: rafaellaspaolino@gmail.com
Berenice Martins Toralles (Universidade Estadual de Londrina) E-mail: toralles@uel.br

Resumo: O crescimento do setor da construção civil está relacionado a dois grandes problemas urbanos: a impermeabilização do solo com a expansão das construções e a geração de resíduos de construção e demolição (RCD), que representam uma significativa parcela dos resíduos sólidos gerados nos centros urbanos. Diante disso, aliando-se a importância da drenagem urbana à construção sustentável, este estudo teve como objetivo verificar a viabilidade do uso de piso grama de concreto, fabricados com a substituição total dos agregados naturais por agregados de RCD. Para isso, foi feita a triagem do RCD, seguida da produção e caracterização dos agregados. Posteriormente, realizou-se o estudo de diferentes traços de concreto e com o traço definido em 1:3:5, foram moldados corpos de prova cilíndricos, prismáticos e unidades de piso grama, os quais foram submetidos aos ensaios de resistência à compressão, resistência à tração na flexão e permeabilidade por carga constante. Os resultados obtidos mostraram-se satisfatórios quanto à resistência mecânica e permeabilidade das unidades de piso-grama, demonstrando a viabilidade da sua utilização para calçamentos como alternativa para drenagem urbana.

Palavras-chave: Resíduos de Construção e Demolição, Resíduos da Construção Civil, Drenagem, Sustentabilidade.

USE OF GRASS FLOOR MANUFACTURED WITH CDW AGGREGATES IN SHOES: an alternative for urban drainage

Abstract: The growth of the civil construction sector is related to two major urban problems: the waterproofing of the soil with the expansion of buildings and the generation of construction and demolition waste (RCD), which represent a significant portion of the solid waste generated in urban centers. Given this, combining the importance of urban drainage with sustainable construction, this study aimed to verify the feasibility of using concrete grass floors, manufactured with the total replacement of natural aggregates by RCD aggregates. For this, the RCD was screened, followed by the production and characterization of the aggregates. Subsequently, the study of different concrete lines was carried out and with the line defined in 1: 3: 5, cylindrical, prismatic specimens and grass floor units were molded, which were subjected to tests of resistance to compression, flexural tensile strength and constant load permeability. The results obtained were satisfactory in terms of mechanical resistance and permeability of the floor-grass units, demonstrating the feasibility of using them for pavements as an alternative for urban drainage.

Keywords: Construction and Demolition Waste, Civil Construction Waste, Drainage, Sustainability.

1. Introdução

O setor da construção civil é considerado um dos principais setores industriais do país e a sua cadeia produtiva é responsável pela transformação do ambiente natural em ambiente construído, constantemente renovado. No entanto, são grandes os problemas relacionados ao alto consumo de matérias primas e à geração de poluentes do meio ambiente dentro deste setor (PASSUELO, 2014; MELLO; AMORIM; 2009).

Um exemplo disso é o grande volume de resíduos de construção e demolição (RCD) gerados, os quais definidos como todo rejeito oriundo das etapas necessárias para a construção civil, como a infraestrutura, reformas, reparos, demolições, assim como fragmentos e restos de areia, material cerâmico, aço, madeira, entre outros (LEITE, 2001). Grande parte destes resíduos, que representam mais de 50% dos resíduos sólidos

gerados nos centros urbanos, não é destinada regularmente (LASSO, 2011) e acabam sendo despejada em locais inadequados, sem fiscalização, por meio do descarte em bota-foras clandestinos, nas margens dos rios e córregos e em terrenos baldios, acarretando na contaminação dos solos e das águas subterrâneas (BARROS; FACULE, 2016).

Para minimizar o impacto ambiental, a reciclagem surge como uma das soluções para o controle do descarte excessivo de resíduos pelas indústrias e construtoras, assim como para evitar o acúmulo de lixo depositados de forma irregular (LOMASSO, 2015). Uma vez que é realizada de forma adequada a reciclagem destes resíduos, isto se reflete no prolongamento da vida útil das reservas naturais nas quais se baseiam a construção civil (JOHN; AGOPYAN, 2000).

Mesmo que este setor seja responsável pelo exacerbado consumo de recursos naturais, é possível dentro dele realizar o reaproveitamento dos recursos sólidos, tendo como princípio o conceito de sustentabilidade, que busca o equilíbrio entre proteção ambiental, justiça social e viabilidade econômica, dada a demanda crescente de novas moradias e os novos padrões e requisitos de qualidade impostos pela sociedade. Isto induz a construção civil a buscar alternativas para alcançar a sustentabilidade em forma de inovações, seja de materiais, políticas ou gestão (JOHN; AGOPYAN, 2000).

No Brasil, a importância do gerenciamento dos resíduos sólidos é abordada na Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, que atua com vistas a reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos por meio de diretrizes, critérios e procedimentos para sua gestão (BRASIL, 2002).

O principal obstáculo para a reutilização do RCD está na crença de que um material proveniente de resíduos pode não ter constância de qualidade (CASSA, 2001). No entanto, Lintz et al. (2012) apontaram em seus estudos, o grande potencial do reaproveitamento de RCD em substituição aos agregados naturais para fabricação de materiais à base de concreto e Soutsos, Tang e Millard (2011) verificaram que embora as características físicas dos agregados de RCD possam afetar adversamente as propriedades mecânicas dos artefatos de concreto, em teores adequados, isto pode não conferir efeitos prejudiciais significativos na resistência à compressão.

Por outro lado, o crescimento populacional, juntamente com o aumento da concentração de edificações nas áreas urbanas conduz a uma maior ocupação do solo, resultando em amplas áreas impermeabilizadas. Consequência disso é a alteração do ciclo hidrológico, devido à diminuição da capacidade de infiltração da água, da recarga do lençol freático e da qualidade da água. Caso este ciclo não seja gerenciado corretamente, há a formação de enchentes, inundações e enxurradas (TUCCI, 2005).

Com vistas a minimizar os problemas relacionados à drenagem urbana, surge a alternativa da utilização de um pavimento sustentável com característica drenante: o piso grama. Trata-se de uma peça de concreto utilizada na pavimentação de áreas externas, que possuem formas que propiciam o crescimento de grama ao seu redor, ocasionando seu preenchimento. Como produto final tem-se um piso permeável e drenante que permite o escoamento da água da chuva pelo solo, e quando implantado em estacionamentos - local de utilização mais comum - protegem a grama contra o esmagamento (MEDEIROS, 2003).

Diante disso, aliando-se a importância da drenagem urbana à construção sustentável, este estudo tem como objetivo verificar a viabilidade da fabricação e uso de piso grama de concreto com uso de agregados de RCD.

2. Materiais e métodos

2.1 Caracterização dos materiais

Por tratar-se de um processo industrial, para a fabricação do piso grama de RCD optou-se pela utilização do CP V-ARI, tendo em vista a sua alta resistência inicial, a fim de garantir a integridade na desforma e durante a movimentação das peças. As especificações do cimento Portland foram repassadas pelo fabricante e estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Propriedades físicas e químicas do Cimento CP V-ARI

Nome	Dimensão	Unidade
Tempo de início de pega	≥ 1	horas
MgO	$\leq 6,5$	%
Perda ao fogo	$\leq 4,5$	
Resíduo insolúvel	$\leq 1,0$	
Massa específica	3,2	g/cm ³
Resistência à compressão	1 dia	$\geq 14,0$
	3 dias	$\geq 24,0$
	7 dias	$\geq 34,0$
	28 dias	-

Fonte: o fabricante.

Os RCD utilizados na pesquisa foram provenientes de reforma realizada na Pró-Reitoria de Graduação (PROGRAD), na Universidade Estadual de Londrina (UEL) e foram coletados pelo serviço interno da universidade. Eles passaram por triagem, seguida de trituração em britador de mandíbulas, pertencente ao ReciclaUel - setor de reciclagem da UEL, resultando em duas frações distintas de RCD, uma composta por agregados maiores que 4,8mm (fração graúda) e outra por agregados menores que 4,8mm (fração miúda), cujas curvas granulométricas estão apresentadas nas Figuras 1 e 2.

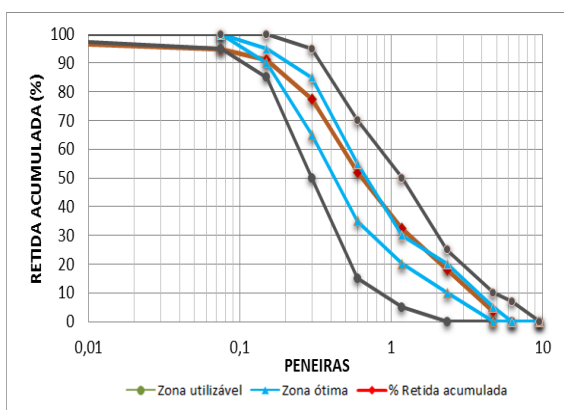


Figura 1 - Curva granulométrica do agregado miúdo

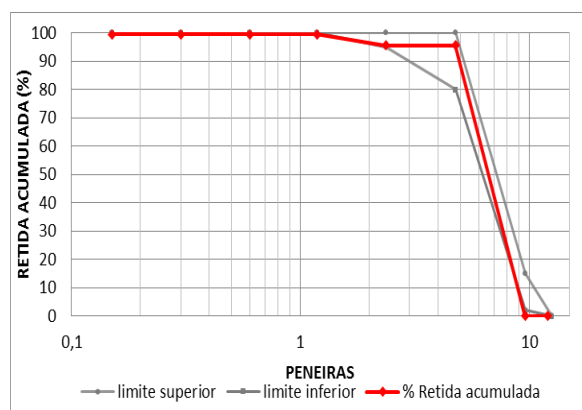


Figura 2 - Curva granulométrica do agregado graúdo

As características físicas dos agregados de RCD estão apresentadas na Tabela 2, juntamente com as normas regentes dos ensaios.

Tabela 2 - Caracterização física dos agregados de RCD

Ensaio	A.M.	Norma	A.G.	Norma
Módulo de finura	2,74	NBR NM 248	-	NBR NM 248
Dimensão máxima característica (mm)	-		9,6	
Classificação	Grossa		Brita 0	
Massa unitária (kg/m ³)	1325	NBR NM 45	1100	NBR NM 45
Massa específica (g/cm ³)	2,470	NBR 9776	2,290	NBR NM 53
Teor de material pulverulento (%)	2,5	NBR NM 46	3,5	NBR NM 46
Absorção de água (%)	5,5	NBR NM 30	7,0	NBR NM 53

Após caracterizados, os RCD permaneceram armazenados em tonéis no Laboratório de Materiais até o momento de seu uso.

2.2 Testes preliminares

Baseando-se na revisão de literatura, inicialmente foram produzidos concretos de diferentes traços, substituindo-se totalmente os agregados naturais por agregados de RCD, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Concretos de RCD

Concretos	Traço	Consumo de Água
Piloto	1:3:1	40% da soma da massa dos agregados + absorção dos mesmos
CRCD_1	1:3:3	7% da massa dos agregados + absorção dos mesmos
CRCD_2	1:3:4	7% da massa dos agregados + absorção dos mesmos
CRCD_3	1:3:5	7% da massa dos agregados + absorção dos mesmos

A partir dos traços estabelecidos, foram produzidos os concretos utilizando-se betoneira de eixo inclinado, os quais foram submetidos, no estado fresco, aos ensaios para determinação da massa específica e abatimento, segundo a NBR 9833 (ABNT, 2009) e NBR NM 67 (ABNT, 1998), respectivamente. Em seguida, moldaram-se 4 corpos de prova cilíndricos de dimensões 10 x 20cm para cada traço, de acordo com as recomendações da NBR 5738 (ABTN, 2015), sendo desmoldados após um dia e mantidos em processo de cura em submersão na água saturada com cal até a idade de 7 dias, quando foram submetidos ao ensaio para determinação da resistência à compressão, de acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2007).

2.3 Concreto de RCD

2.3.1 Produção inicial

Após a realização dos estudos preliminares, o CRCD_3 (traço 1:3:5) foi o escolhido para a produção dos pisos, devido ao menor consumo de cimento, com ajuste do consumo de água para 6% da massa dos agregados mais a absorção dos mesmos.

Procedeu-se a produção dos concretos seguindo as prescrições normativas, com compactação dos corpos de prova de duas formas diferentes: compactação manual, de acordo com a NBR 5738 (ABTN, 2015), no laboratório de Materiais de Construção da UEL, e compactação em mesa vibratória, em 3 camadas de vibração de aproximadamente 5 segundos, na fábrica de pré-moldados da UEL.

Foram moldados 8 corpos de prova cilíndricos de dimensões 10 x 20cm pelo primeiro método, sendo 4 curados em submersão na água saturada com cal e outros 4 em ambiente de laboratório, até a idade de 7 dias e pelo segundo método, moldaram-se 12

corpos de prova, os quais foram desmoldados após um dia e mantiveram-se em processo de cura em ambiente de laboratório a execução do ensaio de resistência à compressão, aos 7 dias.

2.3.2 Ajustes do traço e ensaios de caracterização

A quantidade de água dos concretos foi reduzida de 6% para 3% da massa dos agregados mais a absorção dos mesmos e foram moldados novos corpos de prova de concreto cilíndricos e prismáticos (Figura 3), ambos com adensamento na mesa vibratória, os quais foram desmoldados após um dia e mantiveram-se em processo de cura em ambiente de laboratório até a idade pré-estabelecida para execução dos ensaios apresentados no Quadro 2.



Figura 3- Placas de concreto para rompimento à tração na flexão

Quadro 2 - Ensaio de caracterização do concreto no estrado endurecido

Ensaio	Normas	Idade (dias)	Nº de CP's/ idade
Resistência à compressão	NBR 5739 / 2018	3, 7 e 28	4
Resistência a tração na flexão	NBR 15805 / 2015	28	4
Coefficiente de permeabilidade	-	28	4

O ensaio de permeabilidade do concreto foi realizado de acordo com a Lei de Darcy, à carga constante. Para este ensaio, foi utilizado um tubo de PVC com diâmetro de 100mm e altura de 250mm, que foi preenchido parcialmente (7,5cm) de concreto e submetido ao adensamento na mesa vibratória e cura ao ar. Depois de moldado, procedeu-se a vedação com silicone na parte superior e inferior entre o concreto e a parede do tubo de PVC, afim de evitar a passagem de água na lateral durante a execução do ensaio. Em seguida, foi feito um furo ligado a uma mangueira na lateral do recipiente com finalidade de extravasor, e posicionou-se uma quantia de brita suficiente para preencher o fundo do recipiente. O corpo de prova e a brita ficaram submersos em água por 24 horas para saturação.

Na execução do ensaio, adicionou-se água até que começasse a sair pelo extravasor, e então, o corpo de prova já saturado, foi posicionado no meio do recipiente. Em seguida, adicionou-se água em cima do corpo de prova, dentro do tubo de PVC até uma determinada altura mantida constante (Figura 4).



Figura 4 – Ensaio de permeabilidade do concreto à carga constante

Com os dados obtidos no ensaio e através da Equação 1 foi possível determinar o coeficiente de permeabilidade (K_t).

$$K_t = \frac{V \cdot h_c}{h \cdot A \cdot t} \quad (1)$$

Onde:

V = volume de água (cm^3);

h_c = altura de concreto no tubo de PVC (cm);

h = carga hidráulica (desnível entre extravasor e altura da água no tubo, cm);

A = área transversal interna do tubo de PVC (cm^2);

t = tempo (s).

Para corrigir o coeficiente de permeabilidade para a temperatura de 20°C , aplicou-se a Equação 2:

$$K_{20} = \frac{\mu}{\mu_{20}} \cdot K_t \quad (2)$$

Onde:

μ = viscosidade da água na temperatura do ensaio;

μ_{20} = viscosidade da água na temperatura de 20°C ;

K_t = coeficiente de permeabilidade na temperatura do ensaio.

2.4 Produção do piso grama de RCD

Com o concreto CRCD_3 (traço 1:3:5) - 3% da massa dos agregados mais a absorção dos mesmos - foram produzidas 12 peças de piso grama (Figura 5), na fábrica de pré-moldados da UEL, pelo processo de compactação em mesa vibratória, as quais foram desmoldadas após um dia e mantiveram-se em processo de cura em ambiente de laboratório até a execução do ensaio de resistência à compressão, realizado seguindo as prescrições da NBR 9781 (ABNT, 2013), aos 3, 7 e 28 dias.



Figura 5 - Peças de piso grama compactados em mesa vibratória

3. Resultados e Discussões

3.1 Resultados preliminares

O concreto piloto (traço 1:3:1) apresentou abatimento igual a zero e devido ao alto consumo de cimento (498kg/m³), optou-se para um estudo de novos traços, cujos resultados quanto ao consumo de cimento, massa específica e resistência à compressão estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados dos ensaios de concretos de RCD produzidos preliminarmente

Concretos	Traço	Consumo de cimento (kg/m ³)	Massa específica (g/cm ³)	Resist. à comp. 7 dias (MPa)
Piloto	1:3:1	498	2,03	11,5
CRCD_1	1:3:3	344	1,96	16,8
CRCD_2	1:3:4	298	2,03	11,9
CRCD_3	1:3:5	262	2,12	9,9

Analisando-se os resultados, verificou-se que com o aumento da proporção de agregado graúdo, aumentou-se também a massa específica do concreto e houve uma redução do consumo de cimento. Sendo assim, mesmo apresentando um menor valor para a resistência à compressão, optou-se pela utilização do CRCD_3 (traço 1:3:5), devido ao menor consumo de cimento, uma vez que todos os concretos apresentaram abatimento igual a zero.

3.2 Concreto de RCD

3.2.1 Produção inicial

Os resultados para o CRCD_3 (traço 1:3:5), estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Resistência à compressão ao 7 dias do concreto 1:3:5 (6% + ABS.) nos diferentes tipos de adensamento e cura

Tipo de Adensamento e Cura	Resist. média à compressão (MPa)
Manual / cura ao ar	4,4
Manual / cura submersa em água	6,6
Mesa vibratória / cura ao ar	7,4

Os resultados demonstraram que a resistência à compressão dos concretos moldados de forma mecânica, em mesa vibratória, apresentou valores superiores aos fabricados de forma manual. Isso ocorre pelo fato de que a resistência é proporcional à energia de compactação utilizada na vibração, sendo o desempenho da vibro-prensa responsável pela qualidade final dos elementos fabricados (FRASSON JUNIOR, 2000).

3.2.1 Traço definitivo

Na Tabela 6 apresentaram-se os resultados de resistência à compressão, aos 3, 7 e 28 dias e tração na flexão, aos 28 dias (Figura 6), para os concretos produzidos com o traço final ajustado e compactação em mesa vibratória.

Tabela 6 - Resistência à compressão dos corpos de prova de concreto 1:3:5 (3% + ABS.)

	Resistência à compressão (MPa)			Resistência à tração na flexão (MPa)
	3 dias	7 dias	28 dias	28 dias
Média	12,7	16,5	21,5	1,14
Desvio Padrão	2,44	3,92	0,66	0,23



Figura 6 - Rompimento à tração na flexão do concreto 1:3:5 (3% + ABS.)

Embora os concretos tenham apresentado aspecto seco e consistência igual a zero no *slump test*, verificou-se que o método de adensamento em mesa-vibratória contribuiu para a compactação dos corpos de prova, refletindo-se em resistências à compressão e tração satisfatórias para utilização para calçamentos, sem tráfego de veículos.

Para o ensaio não normatizado de permeabilidade, foi registrado um tempo médio de 31,1 segundos para uma vazão constante encher um frasco de 100ml, com o concreto 1:3:5 (3% + ABS.), à temperatura a 25°C. A partir dos cálculos, determinou-se o coeficiente de permeabilidade $K_t=1,92\text{mm/s}$, ajustando-o para a temperatura de 20°C, tem-se $K_{20}=1,70\text{mm/s}$, ligeiramente superior ao valor de 1mm/s exigido pela NBR 16416 (ABNT, 2015).

3.3 Piso grama

Os resultados médios para o ensaio de resistência à compressão (Figura 7), para os pisos gramas encontram-se na Tabela 7.

Tabela 7 - Resistência à compressão das peças de piso grama de concreto

Traço	1:3:5 (3% + ABS.)		
Idade	3 dias	7 dias	28 dias
Média	13,6	22,9	27,3
Desvio Padrão	3,54	6,54	2,93



Figura 7 - Rompimento das peças de piso grama à compressão aos 28 dias do concreto 1:3:5 (6% + ABS.) realizado na Fábrica de Pré-Moldados da UEL

Verificou-se um aumento em torno de 27% para a resistência à compressão aos 28 dias, das peças de piso grama em relação aos corpos de prova de concreto, o que se deve, possivelmente, à diferença do formato das peças e desta forma, os resultados permanecem apresentando-se como satisfatórios, confirmando a viabilidade do uso do piso grama de concreto de RCD como alternativa para drenagem urbana.

4. Conclusão

Verificou-se que a utilização de agregados de RCD em substituição aos agregados naturais mostraram-se viáveis quando utilizados em teores de substituição adequados e com granulometrias dentro dos limites recomendados para uso. Concluiu-se então, que a utilização de piso grama apresenta-se como uma alternativa sustentável e viável tecnicamente, desde que utilizados como calçamentos, em locais sem tráfego de veículos.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8953: Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2015.
- _____. NBR 15805: Pisos elevados de placas de concreto - Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2015.
- _____. NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2009.
- _____. NBR 9776: Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1987.
- _____. NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação — Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.
- _____. NBR 9833: Concreto fresco - Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico. Rio de Janeiro, 2008.
- _____. NBR 16416: Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Mercosul. NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- _____. Normas Mercosul. NBR NM 30: Agregado miúdo - Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001.
- _____. Normas Mercosul. NBR NM 45: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.
- _____. Normas Mercosul. NBR NM 46: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003.
- _____. Normas Mercosul. NBR NM 53: Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.
- _____. Normas Mercosul. NBR NM 5739: Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.
- _____. Normas Mercosul. NBR NM 67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 2009.
- BARROS, E.; FUCALE, S. O Uso De Resíduos Da Construção Civil Como Agregados Na Produção De Concreto. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*, v. 2, n. 1, 2016.
- BRASIL. Resolução CONAMA N° 307, de 5 de julho de 2002, Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. *Diário Oficial da União*, de 17 de jul. de 2002, Brasília, DF, seção 1, páginas 95-96. p. 95–96, 2002.
- CASSA, J. et al. Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção: Projeto entulho bom. Salvador: EDUFBA, 2001.
- FRASSON JUNIOR, A. Proposta de metodologia de dosagem e controle do processo produtivo de blocos de concreto para alvenaria estrutural. Dissertação de mestrado, 146 p. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. Reciclagem de resíduos da construção. p. 12, 2000.
- LASSO, P. R. O. Avaliação da utilização de resíduos de construção civil e demolição reciclados como corretivos de acidez e condicionadores de solo. 2011. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo,

Piracicaba, 2011.

LEITE, M. B. Avaliação de Propriedades Mecânicas de Concretos Produzidos com Agregados Reciclados de Resíduos de Construção e Demolição. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

LINTZ, R. C. C.; JACINTHO, A. E. P. G. A.; PIMENTEL, L. L.; L. A., GACHET-BARBOSA. Study of the reuse of construction residues in concrete employed by blocks manufacture. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v. 5, n. 2, p. 166–181, 2012.

LOMASSO, A. L. et al. Estudo De Caso No Centro Mineiro De Referência Em Resíduos (CMRR). Revista Pensar Gestão e Administração, v. 3, n. 2, p. 1–18, 2015.

MEDEIROS, J. S. *Alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto: Produção de componentes e parâmetros de projeto*. 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica de São Paulo. São Paulo.

MELLO, L. C. B. DE B.; AMORIM, S. R. L. DE. O subsetor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos. Production, v. 19, n. 2, p. 388–399, 2009.

PASSUELLO, A. C. B. et al. Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida na análise de impactos ambientais de materiais de construção inovadores: estudo de caso da pegada de carbono de clínqueres alternativos. Ambiente Construído, v. 14, n. 4, p. 7–20, 2014.

SOUSAS, M. N.; TANG, K.; MILLARD, S. G. Concrete building blocks made with recycled demolition aggregate. Construction and Building Materials, v. 25, n. 2, p. 726–735, 2011

TUCCI, Carlos E. M. - *Gestão de Águas Pluviais Urbanas - Ministério das Cidades - Global Water Partnership - World Bank - Unesco 2005.*