

Estudo da reutilização de concreto proveniente da construção civil na pavimentação de calçadas no município de Porto Nacional – TO

Rerbson Cleybe Pereira Alves (Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos ITPAC PORTO)
violeiroeng@gmail.com

Taís Gomes (Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos ITPAC PORTO) tais.go3@gmail.com

Jordania dos Santos Rocha (Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos ITPAC PORTO)
jordania326@gmail.com

Resumo:

A construção civil é uma grande indústria geradora de resíduos, e isso gera significativos impactos ambientais e outros transtornos à sociedade. Nesse viés, esse trabalho pauta-se no estudo da reutilização de resíduo de construção e demolição (RCD) de concreto para pavimentação de calçadas no município de Porto Nacional – TO. Para tanto, foram coletadas amostras em campo, e dosagens experimentais foram realizadas em laboratório sob condições controladas, visando produzir um concreto em que parte dos agregados foi substituída por agregado de concreto reciclado, e permaneceu atendendo propriedades de resistência e trabalhabilidade satisfatórias. O objetivo final é que esse trabalho sirva de incentivo ao uso na pavimentação de calçadas no município de Porto Nacional, além de demonstrar uma alternativa viável no que concerne aos aspectos econômicos e sustentáveis para as empresas que atuam no ramo da construção civil.

Palavras chave: Resíduo de construção e demolição, Pavimentação, Sustentabilidade.

Study of concrete of civil construction reuse in paving of sidewalks in the municipality of Porto Nacional - TO

Abstract

Civil construction is a major waste-generating industry, and this generates significant environmental impacts and other disruptions to society. In this bias, this work is based on the study of reuse of construction and demolition residue (CDR) of concrete for paving of sidewalks in the municipality of Porto Nacional - TO. For this purpose, field samples were collected, and experimental dosages were performed in the laboratory under controlled conditions, aiming to produce a concrete in which part of the aggregates was replaced by aggregate of recycled concrete, and remained satisfying properties of resistance and workability. The final objective is that this work may serve as an incentive to use in pavements of the city of Porto Nacional, as well as to demonstrate a viable alternative in terms of economic and sustainable aspects for companies operating in the civil construction sector.

Key-words: Construction and demolition waste, Paving, Sustainability.

1. Introdução

A construção civil atualmente é uma das atividades mais importantes em relação ao desenvolvimento econômico do país, seja pelos grandes empreendimentos ou pela geração de empregos e renda. Isso se reflete diretamente no elevado consumo de recursos naturais e, sobretudo, na geração de grande volume de resíduos, causando grandes impactos ambientais. Guedes (2014) ressalta ainda que os resíduos da construção civil são gerados entre 0,4 a 0,7t/hab. ao ano, o que consiste em 2/3 do montante de resíduos sólidos produzidos nos municípios, sendo o dobro de volume dos resíduos domésticos.

Um dos fatores que contribui para o número cada vez maior de obras e desenvolvimento da construção civil é o crescimento populacional desordenado no planeta, como também as grandes densidades demográficas nos centros urbanos, aliados ao forte crescimento econômico no mundo. E vale ressaltar que tais elementos influenciam na geração de mais e mais resíduos provenientes da construção civil, pois o número de edificações tem aumentado maciçamente, resultado da demanda acelerada do mercado imobiliário e aumento populacional.

Em meio a todos esses aspectos, e crescimento exacerbado, muita discussão vem sendo realizadas sobre essa temática ao redor do mundo, e as considerações são direcionadas para o elemento sustentabilidade. A preocupação com a preservação ambiental é latente, sendo necessárias medidas emergenciais de controle e regulamentação dos resíduos produzidos na construção civil.

Nesse prisma, em que a sustentabilidade ganha cada vez mais destaque, muitas empresas que atuam no ramo da construção civil estão inovando no sentido do aproveitamento dos resíduos, pois é uma prática que deve se tornar comum e ser incluída nas práticas diárias de produção das edificações. Essas condutas proporcionam não só o equilíbrio, a sustentabilidade, como também a economia dos recursos naturais, reduzindo assim os impactos ambientais.

Uma das formas de reutilização é na área de pavimentação. Nesse contexto, este trabalho busca analisar a aplicabilidade e consequentemente a viabilidade quando os resíduos da construção civil são utilizados em forma de agregado na pavimentação de calçadas, podendo assim dar uma disposição adequada aos RCD's encontrados na cidade de Porto Nacional – TO.

1.1. RCD

Cunha e Linhares (2005) definem os resíduos de construção e demolição (RCD) como os resíduos oriundos de reformas, construções, demolições, reparos em obras de construção civil, bem como os resíduos provenientes de escavações e preparação de terrenos, podendo ser citados: concretos, tijolos, blocos cerâmicos, rochas, solos, compensados, madeiras, tintas, vidros, resinas, colas, argamassa, forros, gesso, telhas, plásticos, tubulações, dentre outros.

A partir de um diagnóstico dos resíduos sólidos da construção civil realizado em 2012, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), identificou a composição média dos materiais provenientes da (RCD), conforme Tabela 1.

Componentes	Porcentagem
Argamassa	63
Concreto e blocos	29
Outros	7
Orgânicos	1
Total	100

Tabela 1 - Composição média dos materiais de RCD de obras no Brasil (Adaptado de IPEA, 2012)

De acordo com a NBR 10.004 (ABNT, 2004) os resíduos da construção civil enquadram-se na classe II B, sendo inertes. Entretanto, a presença de tintas, solventes, óleos e outros derivados pode mudar a classificação do RCD para classe I ou classe II A, perigosos ou não inertes. Uma classificação mais adequada é dada pela Resolução 307 do CONAMA, a qual classifica os resíduos da construção civil em 4 classes. Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados se enquadram na classe A dessa resolução.

Um dos fatores para o aumento e agravamento dos impactos ambientais, consiste no descarte desordenado dos resíduos, que geralmente são amontoados em vias públicas, terrenos baldios, aterros irregulares, e até mesmo em acostamentos. Esse tipo de conduta afeta não só o bem estar das pessoas, causando poluição ambiental e visual, como também contribui para geração de problemas comuns identificados nos grandes centros urbanos como, por exemplo, as enchentes ocasionadas pela obstrução dos esgotos e valas, a proliferação de insetos, aparecimento de doenças, locomoção de veículos e pedestres, dentre diversos outros problemas (GRADIN; COSTA, 2009).

Nesse viés, Aragão (2007) reitera que uma alternativa viável para redução desses impactos ambientais causados pela construção civil, mais precisamente pelas demolições, seria o uso do concreto reciclado, substituindo os agregados naturais por agregados reciclados, resultantes do beneficiamento do resíduo das demolições, das construções, dentre outros.

Como exemplificação, Gonçalves (2001) lista algumas diferenças entre as propriedades dos concretos com agregados reciclados e concretos convencionais com agregados naturais com as mesmas características, conforme Tabela 2.

PROPRIEDADE	DIFERENÇA
Absorção de água	Maior
Massa específica	Menor
Módulo de elasticidade	Menor
Retração do concreto	Maior
Resistência à Compressão	Igual
Fluência	Igual

Tabela 2 - Diferenças entre concretos reciclados e concretos convencionais (Adaptado de Gonçalves, 2001)

Levy (2001) certifica que a diminuição da resistência nos concretos com agregados reciclados se dá, principalmente, devido à mudança da união entre água e cimento (maior relação a/c). Por ser um agregado mais permeável, claramente precisará de mais água para alcançar a mesma trabalhabilidade dos concretos convencionais. Por essa razão a maioria dos estudos com RCD ainda não conseguiram produzir concretos estruturais de alta resistência e, ao mesmo tempo, econômicos, e é preferível investir em aproveitamento sem função estrutural.

2. Materiais e métodos

2.1. Coleta das amostras

Foram coletados 1/2m³ de amostra de RCD na usina de reciclagem da Loksims (Figura 1) localizada na cidade de Porto Nacional, o material é proveniente de resíduos de obras em execução. Em seguida o material foi levado até o laboratório de matérias da ITPAC-PORTO. Também foram adquiridos agregados naturais (areia e brita) de fornecedores locais para os ensaios de comparação.



Figura 1 – Agregado reciclado de concreto (Autor, 2018)

2.2. Caracterização dos materiais

Para a confecção dos concretos o cimento Portland CP II F-32 foi utilizado como aglomerante, e como agregados naturais foram utilizados a areia grossa e a brita 2, pela sua popularidade na região. Os agregados reciclados passaram por processo de retirada de impurezas, lavagem e secagem para posteriores ensaios de granulometria, massa específica e massa unitária, sendo necessária moagem para acertar a zona de utilização e possibilitar o uso do agregado reciclado como substituição do agregado miúdo natural. As características físicas dos materiais utilizados são apresentadas nas tabelas a seguir.

Especificação	Resultado de ensaio
Finura – peneira 75µm	3,30%
Finura – peneira 150µm	13,30%
Massa específica	3,04 g/cm ³
Área específica	371 m ² /kg
Água da pasta de consistência normal	29,90%
Tempo de início de pega	190 min
Tempo de fim de pega	255 min
Expansibilidade de Lê Chatelier a quente	0,5 mm
Resistência à compressão (1 dia)	15,9 MPa
Resistência à compressão (3 dia)	24,0 MPa
Resistência à compressão (7 dia)	27,8 MPa
Resistência à compressão (28 dia)	34,5 MPa

Tabela 3 – Características físicas do cimento CP II F-32 (Autor, 2018)

Material	Diâmetro máximo característico (mm)	Módulo de Finura	Massa unitária (Kg/dm³)	Massa específica (g/cm³)
Areia grossa	4,75	3,09	1,55	2,61
Brita 2	25	7,34	1,45	2,72
Agregado reciclado	4,75	3,40	1,40	2,45

Tabela 4 – Características físicas dos agregados (Autor, 2018)

2.3. Resistência à compressão dos concretos com substituição total do agregado natural (areia) por agregado reciclado de concreto

Para a confecção do concreto o método de dosagem utilizado foi o da ABCP, adotando como condições de projeto slump de 75 ± 2 mm e fck de 15 Mpa (concreto não estrutural). Foram moldados dois traços, um de referência com utilização apenas dos agregados naturais, e o outro traço substituindo 100% da areia por agregado reciclado. A relação a/c foi de 0,66 e o consumo de cimento ficou na ordem de 292 kg/m³.

Para cada traço, após a mistura dos materiais na betoneira (capacidade de 400 l) e ensaio de abatimento, o concreto foi moldado em 12 corpos de prova cilíndricos de 10x20 cm, a desmoldagem aconteceu após 24 h, e os corpos de prova permaneceram imersos em tanque de água com cal até as idades de rompimento.

Para a execução do ensaio de resistência à compressão foi utilizada uma prensa hidráulica com capacidade máxima de 200 toneladas. As amostras foram rompidas aos 7, 14, 21, e 28 dias de idade.

3. Análise e discussão dos resultados

A resistência à compressão no estado endurecido é a principal característica exigida para o concreto, determinando a capacidade do material de resistir às cargas aplicadas sobre ele. Com a finalidade de investigar o efeito do uso de agregados miúdos reciclados nessa propriedade, para cada traço (referência e reciclado) três corpos de prova para cada idade foram ensaiados, verificando assim a evolução da resistência ao longo do tempo. Os resultados de resistência à compressão dos concretos convencional e reciclado estão expostos nas Figuras 2 e 3.

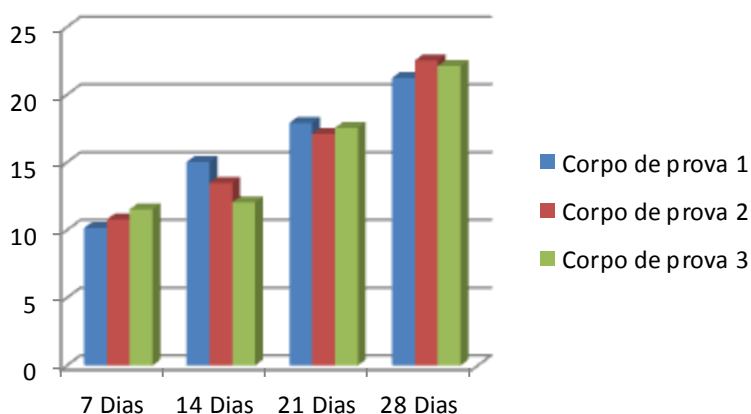


Figura 2 – Resistência à compressão (Mpa) aos 7, 14, 21 e 28 dias do concreto convencional (Autor, 2018)

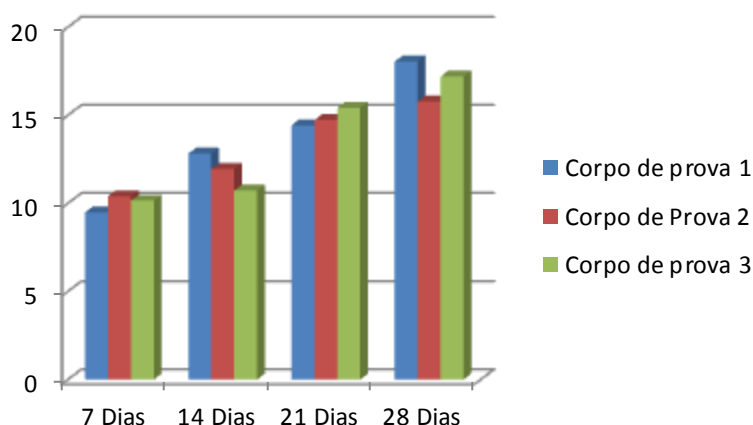


Figura 3 – Resistência à compressão (Mpa) aos 7, 14, 21 e 28 dias do concreto reciclado (Autor, 2018)

Os resultados mostram uma queda na resistência do concreto com a utilização de agregado reciclado, como podemos observar na Figura 4.

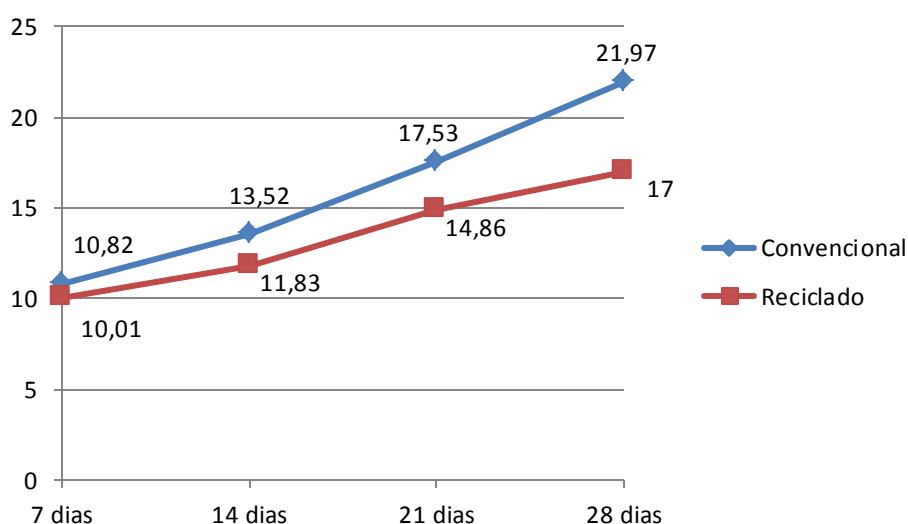


Figura 4 – Comparação da resistência à compressão (Mpa) dos concretos (Autor, 2018)

No entanto, esse concreto será utilizado para fins não estruturais, ou seja, a aplicação do agregado miúdo reciclado no concreto para pavimentação de calçadas, em proporções adequadamente dosadas, não compromete a resistência à compressão, uma vez que, o concreto convencional atingiu uma média de 21,97 Mpa nos 28 dias e o concreto reciclado atingiu uma média de 17 Mpa na mesma idade, limite superior ao solicitado em projeto. Outros ensaios, com substituições parciais e não total dos agregados poderia trazer resultados mais satisfatórios, considerando que a resistência é um dos principais fatores que determinam a vida útil dos concretos, uma vez que concretos mais porosos e menos resistentes possuem maior permeabilidade ao transporte de fluidos pelo seu interior, possibilitando à entrada de agentes agressivos, tais como dióxido de carbono e íons cloretos e sulfatos (NEVILLE, 1997).

Leite (2001) usou um sistema de pré-molhagem dos agregados antes da concretagem, em atribuição do índice de absorção de água dos RCD. Esse processo possibilitou uma melhora

na trabalhabilidade e evitou a perda de resistência. A redução da resistência dos concretos reciclados esta relacionada justamente à alta taxa de absorção de água dos agregados reciclados e isso esta sendo alvo de muitas discussões.

Segundo Angulo (1998), os agregados reciclados exibem alta porosidade e infiltração. Esta maior absorção faz com que a quantidade de água inicial fique retida no interior dos agregados, diminuindo a quantidade de água disponível para as reações de hidratação do cimento e prejudicando o ganho de resistência da pasta, além de prejudicar a coesão e a consistência no estado fresco.

Chen et al. (2003) estudaram concretos com agregados reciclados para fabricação de blocos, com utilização de resíduo limpo e não limpo. Os resultados revelaram que os concretos reciclados, com agregados graúdos limpos, conseguiram valores aproximados de 90% da resistência à compressão e flexão dos concretos de referência. Para os concretos de agregados reciclados não limpos, os resultados não ultrapassaram 75%.

4. Considerações Finais

Com a finalidade de pavimentação de calçadas a utilização de agregados reciclados é viável, desde que se tomem cuidados de lavagem, limpeza e dosagem, permitindo a produção de concretos com a resistência necessária e contribuindo não só com a aparência das cidades, mas evitando problemas de saúde pública e trazendo economia e sustentabilidade para as construtoras e prefeituras.

A substituição total do agregado miúdo natural por agregado moído reciclado de concreto causou diminuição no abatimento e na resistência do concreto. Isso se deve a baixa relação água/cimento efetiva da mistura final.

Considerando que a substituição foi de 100% do agregado miúdo, uma queda de 22% na resistência à compressão aos 28 dias foi menor do que o esperado, baseado em trabalhos de outros autores. Fica como sugestão testar agregado reciclado graúdo e verificar seu desempenho para calçamento.

Referências

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR NM 52 - Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente.* Rio de Janeiro, 2003.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 10004. Resíduos sólidos – Classificação.* Rio de Janeiro, 2014.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 12655. Concreto de cimento Portland – Preparo controle e recebimento – Procedimento.* Rio de Janeiro, 2006.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 16605. Cimento Portland e outros materiais em pó — Determinação da massa específica.* Rio de Janeiro, 2017.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 5738. Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova.* Rio de Janeiro, 2008.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 7215. Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão.* Rio de Janeiro, 1996.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 7217. Agregados: determinação da composição granulométrica.* Rio de Janeiro, 1987.



VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Ponta Grossa, PR, Brasil, 05 a 07 de dezembro de 2018

ABNT - 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.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR MB 3432. Cimento Portland – Determinação da finura por meio da peneira 75 µm (nº 200). Rio de Janeiro, 1991.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 45 - Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 67. Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 65. Cimento Portland-Determinação do tempo de pega. Rio de Janeiro, 2003.

ARAGÃO, G.A. *Análise estrutural de lajes pré-moldadas produzidas com concreto reciclado de construção e demolição.* Maceió: 2007. Dissertação (Mestrado em estruturas) – Programa de Pós-graduação em Engenharia civil. Universidade Federal de Alagoas.

CABRAL, A. E. B.; MOREIRA, K. M. V. *Manual sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil.* Fortaleza, 2011.

CARDOSO, F. F.; ARAÚJO, V. M.; DEGANI, C. M. *Impactos ambientais dos canteiros de obras: uma preocupação que vai além dos resíduos.* In: XI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído: A Construção do Futuro (ENTAC 2006). UFSC/ANTAC, Florianópolis, 23-25 agosto 2006.

CARDOSO, F. F.; ARAUJO V.M. *Redução de impactos ambientais do canteiro de obras.* In: Projeto Tecnologia para Construção Habitacional mais Sustentável: Inovações Tecnológicas. São Paulo: USP, 2006.

CAVALCANTI, E. C. M.; AMORIM, R. P. F.; ALMEIDA, G. S. *Pavimentação Intertravada: Utilização de Resíduo de Construção e Demolição para Fabricação e Assentamento de Pavers.* In: XV INIC / X EPG - UNIVAP 2011.

CHEN, H. J.; YEN, T.; CHEN, K. H. *Use of buildings rubbles as recycled aggregates.* Cement and Concrete Research, v. 33, p. 125-132, 2003.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resolução Nº 307, de 05 de julho de 2002.* Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União n. 136, Seção 1, páginas 95-96.

CUNHA, N. B. C.; LINHARES, G. L. *Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para a Construção Civil.* Belo Horizonte, 2005.

FERNANDEZ, J. A. B; ROMA, J. C; MOURA, A. M. M. *Caderno de Diagnósticos: Resíduos da construção Civil.* São Paulo, 2011.

GUEDES, G. S. *Gestão de Resíduos na Construção Civil.* In: Revista Terceiro Setor & Gestão. v.8, n.1, Guarulhos, 2014.

GRADIN, A. M. N; COSTA P. S. N. *Reciclagem dos Resíduos Sólidos da Construção Civil.* Salvador, 2009. Disponível em < http://www.falcoit.com.br/bl-og/images/easyblog_images/500/RECICLAGEM-DOS-RESIDUOS-SOLIDOS-DA-CONSTRUO-CIVIL---Gradin-Costa-2009.pdf > Acesso em fevereiro de 2016.

HADDAD, M. J. *Reciclagem de Resíduos da Construção Civil – A engenharia – O engenheiro – A geração do resíduo – Seu uso e alternativas.* (Monografia de Especialização) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Paraná, 2012.



VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Ponta Grossa, PR, Brasil, 05 a 07 de dezembro de 2018

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil: Relatório de Pesquisa.* Brasília, 2012.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. *Reciclagem de resíduos da construção.* In: SEMINÁRIO RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS, 2000, São Paulo. Disponível em. Acesso em março 2016.

LEITE, M. B. *Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.* (tese de doutorado) Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.

LEVY, S. M. (1997). *Reciclagem do entulho de construção civil, para utilização como agregado de argamassas e concretos.* São Paulo. 146p. Dissertação (Mestrado)-Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MARIANO, L. S. *Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil com Reaproveitamento Estrutural: Estudo de Caso de Uma Obra com 4.000M².* (Dissertação) Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2008.

MORALES, G. *Benefícios Ambientais da Coleta dos Resíduos da Construção Civil de Pequenos Geradores no Município de Londrina.* In: II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental - IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, Londrina, 2011.

PIEREZAN, J. ANTOCHEVES, R. *Reaproveitamento de Entulhos da Construção Civil.* Rio Grande do Sul, 2012. Disponível em <<http://www.tapera.net/acit/eventos/2012/reaproveitamento.pdf>> Acesso em fevereiro de 2016.

PINTO, T.P.; GONZALES, J.L.R., (Coord) *Manejo e gestão de resíduos da construção civil.* Manual de orientação 1. Como implantar um sistema de manejo e gestão dos resíduos da construção civil nos municípios. Parceria Técnica entre o Ministério das Cidades, Ministérios do Meio Ambiente e Caixa Econômica Federal. Brasília: CAIXA, 2005.

RIOS, M. B. C. *Estudo de Aspectos Ambientais nas Obras de Construção do Bairro Ilha Pura – Vila dos Atletas 2016.* (Trabalho de Conclusão de Curso) Departamento de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Agosto 2014.

SILVA, E. C. B. D. *Gerenciamento e Reciclagem dos Resíduos Sólidos na Construção Civil.* São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br/2013/12/02/gerenciamento-e-reciclagem-dos-residuos-solidos-na-construcao-civil-por-elaine-cristina-barbosa-domingos-da-silva/>> Acesso em março de 2016.

SILVA, L. R. A. *Utilização do Entulho como Agregado para a Produção de Concreto Reciclado.* (Dissertação) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004.

VENTURINI, J. *Classificação de resíduos.* Edição 37 – São Paulo, Julho/2011 Disponível em <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao/reforma/37/artigo22220705-1.asp>> Acesso em março de 2016.

WADA, C. *Resíduos da Construção Civil.* São Paulo, 2013. Disponível em <<http://www.cmqv.org/website/artigo.asp?cod=1461&idi=1&moe=212&id=19783>> Acesso em fevereiro de 2016.