

## Influência do Processo de Compactação nos Parâmetros Geotécnicos de Resíduos de Construção e Demolição Reciclados

Mateus P. Fleury

Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, Brasil, mateusfleury@usp.br

Eder C. G. Santos

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil, edersantos@ufg.br

Jefferson L. Silva

Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, Brasil, jefferson@sc.usp.br

**RESUMO:** A reciclagem e posterior aplicação de resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R) podem se tornar estratégias eficientes de gestão para solucionar os problemas causados pela expressiva geração de resíduos pela indústria da construção civil. Apesar disso, verifica-se que no Brasil cerca de 23% das usinas de reciclagem destes materiais não realizam periodicamente ensaios técnicos em seus produtos, o que dificulta a aplicação do RCD-R de modo confiável, seguro e eficiente. Neste sentido, este artigo objetiva caracterizar um agregado reciclado com o intuito de verificar a influência da compactação *in situ* em suas características geotécnicas. Deste modo, foram simulados os processos construtivos de uma camada de solo reforçado, incluindo o lançamento e a compactação com rolo vibratório de uma camada de RCD-R. Além dos ensaios de caracterização geotécnica, as amostras de RCD-R coletadas antes e após o processo de compactação *in situ* tiveram sua composição gravimétrica investigada. Os resultados mostraram que o agregado reciclado sofre alterações pouco significativas em suas características, o que pode ser apontado como um fator positivo para a sua utilização em diversas obras geotécnicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reciclagem, Caracterização geotécnica, Resíduos de construção e demolição reciclados, Compactação, Obras geotécnicas.

**ABSTRACT:** The utilization of recycled construction and demolition wastes (RCDW) can become a useful management tool to deal with the problems caused by the extensive construction and demolition waste generation by the construction industry. However, 23% of Brazilian recycling plant does not perform technical characterization in their products regularly, compromising the safe and efficient use of the RCDW. In this way, this paper aims to characterize an RCDW and to verify the influence of *in situ* compaction process in its geotechnical characteristics. A reinforced soil layer construction was simulated involving the launching and compaction with a vibratory roller of an RCDW layer. Beyond the traditional geotechnical characterization tests, the samples collected before and after the compaction procedures has its composition investigated. The results have shown that the recycled aggregate suffers slight changes in their geotechnical characteristics, encouraging the use of recycled aggregates in geotechnical works.

**KEY WORDS:** Recycling, Geotechnical characterization, Recycled construction and demolition waste, Compaction, Geotechnical works.

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de crescimento de uma sociedade geralmente está associado à geração de resíduos. No que tange à indústria da construção civil (ICC), já existe uma percepção, em todo o mundo, sobre a necessidade de gerenciar a grande quantidade de resíduos de construção e demolição (RCD) gerados e os impactos ambientais por ele causados. Neste contexto, após as estratégias de reduzir e reutilizar, a reciclagem é vista como o próximo meio de gestão na escala hierárquica de gerenciamento proposta por Peng et al. (1997).

O beneficiamento dos RCD por meio da reciclagem tornou-se uma importante estratégia de gestão em diversas cidades, tais como: Kuwait (Kartam et al., 2004), Hong Kong (Tam, 2008) e Tehran (Asgari et al., 2017). A literatura retrata que a utilização dos materiais reciclados, os denominados ‘resíduos de construção e demolição reciclados’ (RCD-R), mostra-se viável nos aspectos econômicos (Baniyas et al. 2010; Coelho & Brito 2012a; 2012b; Rodríguez et al., 2014; Asgari et al., 2017), técnicos (Poon & Chan, 2006; Herrador et al., 2012; Santos, 2007; 2011) e ambientais (Huang et al. 2013; Pinheiro, 2016; Grabasck, 2016).

Apesar destas vantagens, no Brasil, verifica-se que 23% das usinas não realizam ou nunca realizaram ensaios técnicos em seus produtos (ABRECON, 2015). Este fato revela pouca preocupação das usinas de beneficiamento com a valorização dos seus produtos, o que corrobora com a dificuldade de crescimento do mercado de agregados reciclados no Brasil.

Por outro lado, com a publicação da resolução 307 do CONAMA (2002), a comunidade científica tem se esforçado para promover a utilização de agregados reciclados (Silva Filho & Santos, 2014). Como exemplo, alguns autores verificaram, em laboratório, que a compactação do agregado reciclado ocasiona alterações em suas características geotécnicas (Motta, 2005; Joaquim et al., 2016; Kunzler et al., 2017). Outros reportaram que as alterações são pouco significativas (Santos, 2007; Santos et al., 2010; Grubba, 2009; Santos Neto, 2015; Barbosa, 2017).

Deste modo, faz-se necessária a

caracterização geotécnica dos agregados reciclados não somente na condição em que são fornecidos pelas usinas, mas também após os procedimentos previstos para a realização das obras nas quais serão aplicados. Com isso, a caracterização de resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R) contribui para sua aplicação de modo mais confiável, seguro e eficiente. Neste contexto, este estudo objetiva avaliar a influência da compactação *in situ* nas características geotécnicas de resíduos de construção e demolição reciclados.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir os objetivos propostos neste estudo foram simulados os processos construtivos de uma camada de estrutura de solo reforçado (ESR). Um resíduo de construção e demolição reciclado (RCD-R), fornecido por uma usina de reciclagem localizada em Aparecida de Goiânia-GO, foi adotado como material de preenchimento. O processo de beneficiamento consistiu na britagem do RCD por meio de um britador de mandíbula. Mais informações sobre a usina podem ser consultadas em Fleury et al. (2017).

A camada de solo reforçado foi executada com uma espessura total de 300 mm. Inicialmente, uma camada de RCD-R com 100 mm de espessura foi compactada sobre uma base de concreto; em seguida, malhas de geogrelha foram posicionadas acima do RCD-R, de modo que uma outra camada de 200 mm de RCD-R fosse executada. Esta última foi nomeada como ‘camada de RCD-R teste’, pois refere-se a camada em que será avaliada a influência do processo de compactação. O processo executivo pode ser visualizado na Figura 1.

A compactação de ambas as camadas ocorreu com seis passadas de um rolo compactador vibratório (liso), com massa operacional de 1.400 kg, distribuída em um rolo com 900 mm de comprimento (Figura 2). Após a compactação, foram realizados os ensaios de frasco de areia para determinação da massa específica aparente *in situ*, segundo a Norma Brasileira (NBR) 7185 (ABNT, 2016a) – ‘Solo - Determinação da massa específica aparente, *in*

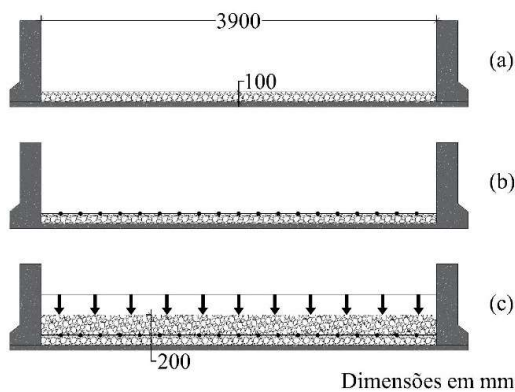


Figura 1. Sequência construtiva da camada de solo reforçado: (a) compactação da camada de RCD-R com 100 mm de espessura sobre uma base de concreto, (b) posicionamento das geogrelhas, e (c) compactação da 'camada de RCD-R teste' com 200 mm de espessura.



Figura 2. Compactação com rolo vibratório da camada RCD-R teste.

*situ*, com emprego de frasco de areia'. Com a execução das seis passadas, atingiu-se um grau de compactação de 89% em relação à energia Proctor normal.

Amostras de RCD-R foram coletadas antes e após a simulação dos processos construtivos seguindo as recomendações da NBR 10007 (ABNT, 2004) – 'Amostragem de resíduos sólidos' – e NBR NM 26 (ABNT, 2009) – 'Agregados - Amostragem'. O material coletado antes da compactação foi nomeado como 'RCD-R 01', enquanto o material coletado após a compactação foi nomeado 'RCD-R 02'. A amostra RCD-R 02 foi obtida após a compactação da camada de RCD-R teste. Realizou-se a caracterização geotécnica de ambas as amostras (RCD-R 01 e 02) seguindo

Tabela 1. Procedimentos técnicos adotados

NBR	Nome	Referência
6508	Grãos de solo que passam na peneira de 4,8 mm - Determinação da massa específica <sup>(a)</sup>	ABNT (2016b)
7181	Solo: Análise granulométrica <sup>(b)</sup>	ABNT (2016c)
6459	Solo: determinação do limite de liquidez <sup>(a)</sup>	ABNT (2016d)
7180	Solo: determinação do limite de plasticidade <sup>(a)</sup>	ABNT (2016e)
7182	Solo: Ensaio de compactação <sup>(a), (c)</sup>	ABNT (2016f)
9895	Solo: índice de suporte Califórnia (ISC) <sup>(a), (c)</sup>	ABNT (2016g)
-	Composição gravimétrica	Santos (2007)

<sup>(a)</sup> Preparação de amostra com secagem prévia ao ar

<sup>(b)</sup> Sedimentação, peneiramento fino e grosso

<sup>(c)</sup> Energia Proctor normal com reuso de material

as recomendações das normas e procedimentos apresentados na Tabela 1.

Os resultados obtidos para ambas as amostras coletadas (RCD-R 01 e 02) foram comparados por meio da Equação 1, tomando como referência a amostra RCD-R 01, ou seja, a amostra de RCD-R que não sofreu compactação.

$$\frac{X_{\text{RCD-R 02}} - X_{\text{RCD-R 01}}}{X_{\text{RCD-R 01}}} \quad (1)$$

Onde:  $X_{\text{RCD-R 01}}$  e  $X_{\text{RCD-R 02}}$  são os valores do parâmetro  $X$  obtido por ensaios realizados nas amostras de RCD-R 01 e 02.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente, o ensaio de composição gravimétrica mostrou a ocorrência de um aumento de concentração no teor de solo (partículas com diâmetro inferiores à 4,8 mm), o que está associada à quebra das partículas. Com exceção dos teores de argamassa e de solo, todos os materiais constituintes sofreram redução em seus percentuais, quando da comparação da amostra RCD-R 02 à amostra RCD-R 01 (Tabela 2). A quebra de partículas de concreto em partículas mais finas e sem a presença de brita pode induzir o operador à classificar o material como argamassa e não como concreto, razão pela qual o teor de argamassa foi superior na amostra coletada após

Tabela 2. Materiais constituintes do RCD-R.

Composição	RCD-R 01	RCD-R 02
Solo <sup>(a)</sup>	58,97%	60,41%
Concreto	27,27%	24,15%
Argamassa	9,24%	11,92%
Cerâmica	2,25%	1,61%
Cerâmica polida	1,05%	1,02%
Outros	1,22%	0,89%

<sup>(a)</sup> Material passante na peneira de 4,8 mm

Tabela 3. Características geotécnicas do RCD-R.

Característica	RCD-R 01	RCD-R02
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	27,18	27,14
Índice de plasticidade	NP <sup>(a)</sup>	NP <sup>(a)</sup>
$\gamma_{d\_m\acute{a}x}$ (kN/m <sup>3</sup> )	17,65	17,99
$w_{\acute{o}tima}$ (%)	15,4	13,0
ISC (%)	42	32
Classificação		
SUCS	SP-SM <sup>(b)</sup>	SP-SM <sup>(b)</sup>
TRB	A-1-b <sup>(c)</sup>	A-1-b <sup>(c)</sup>
Cu	0,31	0,34
Cc	91,77	75,72

<sup>(a)</sup> Não plástico

<sup>(b)</sup> Areia mal graduada com silte

<sup>(c)</sup> Assemelha a pedregulho bem graduado

a compactação com rolo vibratório.

Quanto à massa específica dos grãos passantes na peneira de 4,8 mm ( $\gamma$ ), notou-se que não ocorreu alteração significativa de seu valor (Tabela 3). A redução de apenas 0,15% pode estar associada à própria variabilidade do parâmetro e não ao processo de compactação. Ademais, como as partículas são finas, constatou-se menor influência do processo de compactação em suas características.

Quanto ao índice de plasticidade, verificou-se que ambas as amostras apresentaram comportamento não plástico, semelhante ao reportado Santos (2007, 2011), Santos et al. (2010), Santos Neto (2015), Barbosa (2017), e Fleury (2018)

O peso específico seco máximo ( $\gamma_{d\_m\acute{a}x}$ ) apresentou um aumento de 1,92% em relação à amostra de RCD-R 01 (não compactada). Este resultado pode ser visto como uma variação do próprio ensaio. Apesar da redução do diâmetro das partículas aumentar a superfície específica dos agregados, não foi observado aumento no teor de umidade ótima ( $w_{\acute{o}tima}$ ). De fato, ocorreu um decréscimo deste parâmetro (-15,58%), fator que pode estar associado à dificuldade de controle da umidade (durante a compactação) em agregados reciclados, diante dos vários materiais componentes. A variação deste

parâmetro ocorreu de maneira diferenciada entre pontos da curva de compactação, revelando teores de umidade com distintos coeficientes de variação (CV), como pode ser visto na Tabela 4.

Tabela 4. Teores de umidade e respectivos valores de coeficiente de variação (entre parênteses) de cada ponto da curva de compactação.

Amostra	Pontos					
	1	2	3	4	5	6
RCD-R	9,42	11,69	13,78	14,96	16,38	18,01
01	(4,14)	(5,32)	(5,58)	(4,65)	(3,95)	(5,21)
RCD-R	8,90	10,89	12,56	13,47	15,34	-
02	(7,35)	(4,79)	(1,65)	(1,92)	(5,97)	-

Valores em porcentagem (%)

Com relação ao índice de suporte Califórnia (ISC) ou *California Bearing Ratio* (CBR) vale destacar que o ensaio CBR não é o ensaio mais indicado para determinar a capacidade de suporte de agregados com partículas graúdas. Como o ensaio avalia a penetração de um pistão de 49,6 mm de diâmetro em uma amostra compactada, pode haver, por exemplo, partículas graúdas localizadas entre a região que será penetrada pelo pistão e outra região que não será penetrada. Na condição descrita, o valor do CBR tende a ser superior à capacidade de suporte geral do material. Apesar da limitação apresentada, o dimensionamento das camadas de pavimento no Brasil é realizado com base no valor do CBR (DNIT, 2006), o que justifica a importância de analisar a influência dos processos de compactação neste.

O valor do CBR apresentou uma diminuição considerável (23,81%) após o processo de compactação. O resultado pode ser um indicio de que a quebra dos agregados oriunda desta etapa diminuiu a capacidade de suporte do agregado reciclado.

Quanto à granulometria, observou-se que ambos os sistemas de classificação de solo empregados – Sistema Unificado de Classificação de Solos - SUCS (ASTM, 2006) e Sistema Rodoviário de Classificação - TRB (DNIT, 2006) não fizeram distinção entre as classificações das amostras RCD-R 01 e 02. Este resultado indica que as alterações que o agregado reciclado sofreu nas curvas granulométricas não induziram modificações em sua classificação.

A análise das curvas de distribuição

granulométrica revelou que houve uma diferença entre as duas amostras (Figura 3). Esta diferença também pode ser observada nos coeficientes de uniformidade e de curvatura ( $C_u$  e  $C_c$ , respectivamente) apresentados na Tabela 3.

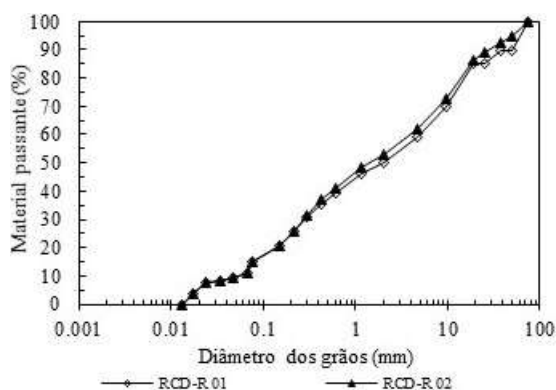


Figura 3. Distribuição granulométrica das amostras de RCD-R.

Apesar de existir a mudança, verificou-se que a diferença do material passante entre as amostras RCD-R 02 e RCD-R 01 (Figura 4) é inferior a 3% para partículas com diâmetros menores que 0,3 mm. Os resultados para as partículas com diâmetro entre 0,6 e 9,5 mm revelou diferenças entre 4% e 5%. Entre 25 e 50 mm, observou-se a maior diferença no material passante (6%). Estes resultados revelam que houve uma quebra de grãos pouco significativa e que partículas abaixo de 0,2 mm não sofrem influência se comparadas às partículas mais graúdas.

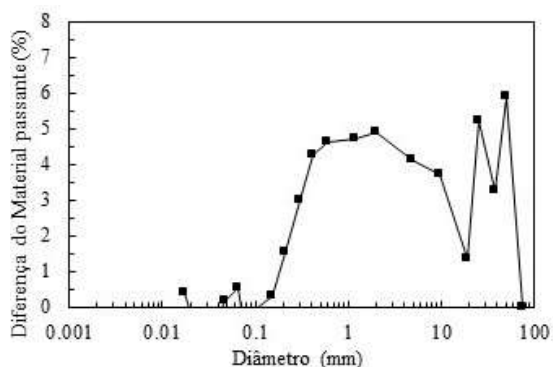


Figura 4. Diferença do material passante entre as curvas granulométricas das amostras de RCD-R 01 e 02.

## 4 CONCLUSÃO

Por meio da análise da caracterização geotécnica de amostras de resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R) antes e após a compactação com rolo compactador vibratório (liso) é possível concluir que:

- Os resultados dos ensaios de composição gravimétrica e de caracterização indicaram a existência de quebra dos agregados após o processo de compactação *in situ*. Contudo, os resultados revelaram que tal quebra não alterou significativamente os parâmetros geotécnicos;
- O ensaio de índice de suporte Califórnia revelou uma diminuição da capacidade de suporte do agregado reciclado após a compactação *in situ*, porém, salienta-se que o ensaio não é o mais adequado para aferir a capacidade de suporte de agregados com partículas graúdas;
- A classificação granulométrica do material não se alterou após a compactação *in situ*. Os coeficientes de curvatura e de uniformidade revelaram apenas uma pequena alteração no formato da curva granulométrica;
- A curva granulométrica do RCD-R sofreu alterações pouco significativas devido a compactação *in situ*. Contudo, notou-se que as alterações foram mais evidentes em partículas com diâmetros acima de 0,6 mm e praticamente inexistentes em partículas abaixo de 0,3 mm; e
- O resíduo de construção e demolição reciclado em estudo mostrou características geotécnicas, semelhantes às reportadas na literatura, e distribuição granulométrica que possibilitam a sua aplicação em diversas obras geotécnicas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio recebido do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil, pela bolsa concedida ao primeiro autor durante o seu mestrado no PPG-GECON (UFG) e pelo recurso por meio de Edital Universal. Estendem-se os agradecimentos ao Laboratório

de Geotecnia (LabGEO) da Universidade Federal de Goiás (UFG), e às empresas Renove Gestão e Solução em Resíduos Ltda (RNV Resíduos) e Global Locações por todo o apoio dado para a realização deste estudo.

## REFERÊNCIAS

- American Society for Testing and Material – ASTM (2006). D 2487-06: *Standard practice for classification of soils for engineering purposes (Unified Soil Classification System)*. Overland Park (KS): ASTM International, 12 p.
- Asgari, A.; Ghorbanian T.; Yousefi, N.; Dadashzadeh, D.; Khalil, F.; Bagheri, A.; Rael, M.; & Mahvi, A. H. (2017). Quality and quantity of construction and demolition waste in Tehran. *Journal of Environmental Health Science & Engineering*. 8p
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (2004). NBR 10007: *Amostragem de Resíduos Sólidos*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (2009). NBR NM 26: *Agregados - Amostragem*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (2016a). NBR 7185: *Solo – Determinação da massa específica aparente, “in situ”, com emprego do frasco de areia*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (2016b) NBR 6508: *Grãos de solo que passam na peneira de 4,8 mm – Determinação da massa específica*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (2016c). NBR 7181: *Solo: análise Granulométrica*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (2016d). NBR 6459: *Solo: determinação do limite de liquidez*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (2016e). NBR 7180: *Solo: determinação do limite de plasticidade*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (2016f). NBR 7182: *Solo: ensaio de compactação*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (2016g). NBR 9895: *Solo índice de suporte Califórnia - Método de Ensaio*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira Para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição - ABRECON. (2015). Relatório Pesquisa Setorial 2014/2015. 2015. Disponível em: <[https://issuu.com/sanchocom/docs/relatoriopesq2015\\_abrecon?embed\\_cta=read\\_more&embed\\_context=embed&embed\\_domain=abrecon.org.br&embed\\_id=6666802%2F37960095](https://issuu.com/sanchocom/docs/relatoriopesq2015_abrecon?embed_cta=read_more&embed_context=embed&embed_domain=abrecon.org.br&embed_id=6666802%2F37960095)>. Acesso em: 19 dez. 2017.
- Banias, G., Achillas, C., Vlachokostas, C., Moussiopoulus, N. & Tarsenis, S. (2010). Assessing multiple criteria for the optimal location of a construction and demolition waste management facility. *Journal of Cleaner Production*.
- Barbosa, K. R. M. (2017). *Degradação de geogrelhas em estradas não pavimentadas executadas com resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R)*. Dissertação de Mestrado, Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife. 212 p.
- Coelho, A. & Brito, J. (2012a). Economic viability analysis of a construction and demolition waste recycling plant in Portugal e part I: location, materials, technology and economic analysis. *Journal of Cleaner Production*. 15 p.
- Coelho, A. & Brito, J. (2012b). Economic viability analysis of a construction and demolition waste recycling plant in Portugal e part I: economic sensitivity analysis. *Journal of Cleaner Production*. 9 p.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. (2002). *Resolução nº 307*. Brasília.
- Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes - DNIT. (2006). Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. *Manual de Pavimentação*. 3. ed. Rio de Janeiro, 274 p.
- Fleury, M. P. (2018). Resistência de geogrelhas após danos mecânicos causados por resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R). Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 160 p.
- Fleury, M. P.; Siqueira Neto, N.; Santos, E. C. G. (2017). Reciclagem de resíduos de construção e demolição (RCD) na região metropolitana de Goiânia-GO. *Anais IV Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica na Região Centro Oeste (GEOCENTRO)*, Goiânia-GO, v. 2, p. 634 – 639.
- Grasbasck, J. R. (2016). *Aspectos e impactos ambientais decorrentes da extração de agregado natural e produção de agregado reciclado: estudo de caso*. Dissertação de Mestrado, Universidade Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo. 168 p.
- Grubba, D. C. R. P. (2009). *Estudo do comportamento mecânico de um agregado reciclado de concreto para utilização na construção rodoviária*. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 139 p.
- Herrador, R.; Perez, P.; Garach, L. & Ordóñez, J (2012).. Use of Recycled Construction and Demolition Waste Aggregate for Road Course Surfacing. *Journal of Transportation Engineering*. p. 182-190.
- Huang, T.; Sshi, F.; Tanikawa, H.; Fei, J. & Han, J. (2013) Materials demand and environmental impact of buildings construction and demolition in China based on dynamic material flow analysis. *Resources, Conservation and Recycling*. 11 p.
- Joaquim, A. G.; Salgado, P. S.; Teixeira, I. & Paiva, C. E. L. (2016). *Efeitos da Variação da Energia de Compactação nas Características Físicas e Mecânicas de um Agregado Reciclado de RCD da Região de Americana-Brasil para Uso em Pavimentação*. Anais 8º Congresso Rodoviário Português, 2016, Lisboa. Publicações. Lisboa, 2016.

Secção Paralela 8-T4.1-19.

- Kartam, N.; Al-Mutairi, N.; Al-Ghusain, I.; & Al-Humoud, J. (2004). Environmental management of construction and demolition waste in Kuwait. *Waste Management*, 24, p. 1049 – 1059.
- Kunzler, L.; Vier, L. C.; Zimmermann, C. O.; Rossi, C. T.; Silva, J. M. & Bock, A. L. (2017). *Estudo comparativo da curva granulométrica do RCD (Resíduo da Construção de Demolição) pré e pós ensaio de Proctor*. Anais XXV Seminário de Iniciação Científica, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), 5 p.
- Motta, R. S. (2005). *Estudo laboratorial de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil para aplicação em pavimentação de baixo volume de tráfego*. 2005. Dissertação de Mestrado, Curso de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 114 p.
- Peng, C. L.; Scorpio, D. E. & Kitbert, C. J. (1997). Strategies for successful construction and demolition waste recycling operations. *Construction management and economics*, v. 1, n. 15, p.49-58.
- Pinheiro, C. S. S. (2016). *Extração de areia e seixo. Desenvolvimento ou degradação? O caso de Porto Grande/AP*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará. Macapá. 134 p.
- Poon, C. S. & Chan, D. (2006). Feasible use of recycled concrete aggregates and crushed clay brick as unbound road sub-base. *Construction and Building Materials*. Hong Kong, p. 578-585.
- Rodríguez, G.; Medina, C.; Alegre, F. J.; Asensio, E. 7 Sánchez de Rojas, M. I. (2014). Assessment of C&DW plant management in Spain: in pursuit of sustainability and eco-efficiency. *Journal of Cleaner Production*. 9 p.
- Santos Neto, F. C. (2015). *Uso de resíduos da construção civil para melhoramento de solos colapsíveis*. Dissertação de Mestrado, Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 139 p.
- Santos, E. C. G. (2007). *Aplicação de resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R) em estruturas de solo reforçado*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 168 p.
- Santos, E. C. G. (2011). *Avaliação Experimental de Muros Reforçados Executados com Resíduos de Construção Demolição Reciclados (RCD-R) e Solo Fino*. 2011. 216 f. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, 216 p.
- Santos, E. C. G.; Vilar, O. M & Palmeira, E. M. (2010). The use of recycled construction and demolition waste in geosynthetic reinforced structures: Influence of the recycling process. *Anais 6th International Conference on Environmental Geotechnics*, New Delhi, India, Tata McGraw Hill, New Delhi, India, vol. 1, pp. 1105–1108.
- Silva Filho, J. A. C & Santos, E. C. G. (2014) Panorama of research on recycled construction and demolition waste (RCDW) in Brazil. *Anais Second Symposium on Urban Mining*, Bergamo. 7 p.
- Tam, V. W. Y. (2008). Economic comparison of concrete recycling: A case study approach. *Resource, Conservation and Recycling*, 52, 821 – 828.