

## Aspectos ambientais do uso de agregados reciclados e naturais na Região Metropolitana de Goiânia-GO

Marcela L. Domiciano

Universidade Federal de Goiás, Goiânia-GO, Brasil, marcelaleadomiciano@gmail.com

Eder C. G. Santos

Universidade Federal de Goiás, Goiânia-GO, Brasil, edersantos@ufg.br

**RESUMO:** O uso de agregados naturais provoca impactos ambientais desde a remoção da cobertura vegetal e degradação/modificação da paisagem natural até o emprego de explosivos (responsáveis por ruídos, vibração e poeira). Por outro lado, os resíduos de construção e demolição (RCD) são gerados em grande volume pela Indústria da Construção Civil (ICC) e, diante da falta de locais apropriados de descarte, causam problemas ambientais, econômicos e sociais. Neste contexto, o uso de resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R) mostra-se como um caminho promissor, visto que existem semelhanças do comportamento desses quando comparados aos materiais usualmente utilizados em diversas obras. Diante disso, este trabalho tem como objetivo avaliar alguns aspectos ambientais do uso de RCD-R (produzidos por uma usina de reciclagem) e de agregados naturais (produzidos por pedreiras) na Região Metropolitana de Goiânia-GO. Para tanto, foi realizada uma análise das emissões de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) relacionadas ao emprego de RCD-R e de agregados naturais (produzidos em pedreiras localizadas na região de interesse). Observou-se que, apesar de existir uma semelhança nas quantidades de CO<sub>2</sub> emitidas, a exploração de agregados reciclados possibilitaria a redução de uma série de passivos ambientais decorrentes da exploração de recursos naturais. Como conclusão, evidencia-se a usina de reciclagem como uma importante alternativa para promover o desenvolvimento sustentável e a necessidade de políticas públicas para promover o uso de agregados reciclados e evitar o mercado ilegal de RCD na região de estudo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Impactos Ambientais, Resíduos, Construção Civil, Dióxido de Carbono, Deposição Irregular.

**ABSTRACT:** The exploration of natural aggregates causes environmental impacts on the vegetation, degradation of natural landscape and usage of explosives (responsible for pollution, vibration and dust). On the other hand, the Construction Industry (CI) generates a huge amount of construction and demolition waste (CDW). At the same time, the absence of appropriate disposal sites for CDW causes environmental, economic and social problems for all the society. In this scenario, the use of recycled construction and demolition waste (RCDW) seems to be a promising alternative given that similarities in their behavior can be found in comparison to those ones of natural materials. Therefore, this research aims to evaluate some environmental aspects related to the use of RCDW (produced by a recycling plant) and natural aggregates (produced by quarries) in the Metropolitan Region of Goiânia-GO. Analysis of the CO<sub>2</sub> emissions (carbon dioxide) was carried out in order to evaluate the impacts of using RCDW and natural aggregates. It was verified that, although there is quite similar quantities of CO<sub>2</sub> emitted, the exploration of recycled aggregates might allow the reduction of several environmental impacts when replacing the exploration of natural resources. Based on results, it is possible to conclude that the installation of recycling plants are an important alternative to promote the sustainable development and the establishment of public policies concerning the use of recycled aggregates are crucial to avoid the illegal market of CDW in the region.

**KEY WORDS:** Environmental Impacts, Waste, Construction, Carbon Dioxide, Irregular Deposition.

## 1 INTRODUÇÃO

A extração de agregados naturais em pedreiras pode ocasionar a deterioração da paisagem natural, a remoção da cobertura vegetal, a turbidez e mudanças nos cursos d'água, a instabilidade de encostas, o despejo de efluentes e outros impactos ambientais (Pinheiro, 2016).

Diante deste cenário, Huang et al. (2013) demonstram que a reciclagem de resíduos de construção e demolição (RCD) surge como um método eficiente para diminuir o uso de agregados naturais como matéria-prima, além de reduzir a geração de RCD e a emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Grabasck (2016) verificou que a extração de agregados naturais foi responsável por 93,75% dos impactos analisados em algumas cidades do estado do Rio Grande do Sul (Nova Prata, São Leopoldo e Santa Maria). Dentre os impactos, pode-se citar: i) movimentação de veículos e maquinários, ii) consumo de matéria-prima, iii) supressão da vegetação, iv) alteração no lençol freático, v) instabilidade de margens de taludes, vi) turbidez da água, entre outros. Por outro lado, o agregado reciclado apresentou 69,75% dos mesmos impactos observados.

Considerando-se o conceito de desenvolvimento sustentável e os fatores econômicos existentes na Indústria da Construção Civil (ICC), o uso de resíduo de construção e demolição reciclado (RCD-R) mostra-se como uma alternativa promissora, visto que existem semelhanças do comportamento desses quando comparados aos materiais usualmente utilizados em diversas aplicações, tais como: i) concreto não estrutural (Rao et al., 2007), ii) base e sub-base de pavimentos (Leite et al., 2011; Herrador et al., 2012; Cardoso et al., 2016; Ossa et al., 2016); e iii) estruturas de solo reforçado (Santos et al., 2013).

Fleury et al. (2017) estudaram o cenário de geração e destinação de RCD na Região Metropolitana de Goiânia-GO. Os autores constataram que existia uma geração anual total de aproximadamente 1,11 milhões de toneladas de RCD; destes, 319 mil toneladas são recebidas pelo aterro sanitário e 25,7 mil toneladas são destinadas à usina de reciclagem (Figura 1). Com isso, foi possível afirmar que não se sabe qual a

destinação de aproximadamente 765 mil toneladas de RCD na Região Metropolitana de Goiânia-GO.



Figura 1. Usina de reciclagem – Região Metropolitana de Goiânia-GO.

Neste contexto, a usina de reciclagem pode ser uma estratégia eficaz de gerenciamento. No entanto, para a sua implementação, deve existir uma boa gestão aliada à redução/eliminação de depósitos irregulares de RCD (Yuan & Shen, 2011). Vários estudos demonstraram que a deposição inadequada de RCD pode: i) comprometer o tráfego de pedestres e veículos (Figura 2), ii) poluir o solo e iii) oferecer abrigo para diversos vetores patogênicos.



Figura 2. Flagrante de depósito inadequado de RCD – na Região Metropolitana de Goiânia-GO.

Por outro lado, considerando que as pedreiras devem ser recuperadas após a sua total exploração, alguns autores apresentam bons exemplos de recuperação em diversos locais. Butchart Garden é um notável exemplo de restauração realizado em uma pedreira inativa localizada no Canadá (Dick, 2004), uma vez que

a área da pedreira foi transformada em jardins que se tornaram uma atração turística internacional. Georgi et al. (2009) relataram outros exemplos de recuperação de pedreiras, no Líbano e na Grécia, com a instalação de plantas e árvores que, além de melhorar o visual, contribuem positivamente para o microclima das regiões.

Analisando-se o quadro nacional, verifica-se que a ocupação habitacional de áreas localizadas nas proximidades de pedreiras é uma realidade em muitas cidades brasileiras, causada pelo aumento descontrolado da população e pela falta de planejamento urbano. Rupturas de telhas e rachaduras nas paredes causadas pelo uso de explosivos são impactos iminentes com os quais a população circunvizinha convive. A Figura 3 apresenta os danos causados em residências de moradores que residem em áreas próximas a uma pedreira, localizada na cidade de Itaitinga-CE, devido ao uso de explosivos.

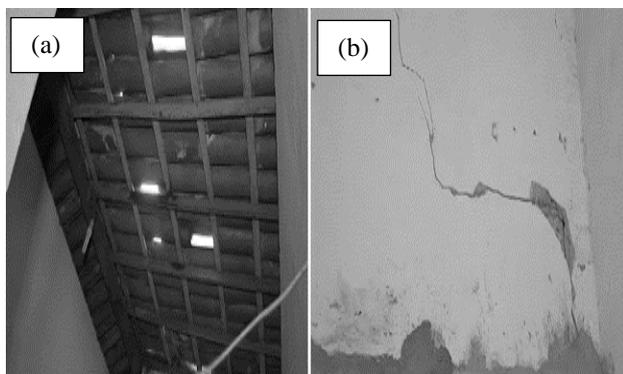


Figura 3. Danos provocados por explosões de pedreira no Ceará: a) telhas quebradas e b) trincas na alvenaria (Portal G1, 2018).

Desta forma, este trabalho tem como objetivo avaliar alguns dos aspectos ambientais do uso de RCD-R (produzidos por uma usina de reciclagem) e de agregados naturais (produzidos por pedreiras), especificamente na Região Metropolitana de Goiânia-GO.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho, visitou-se, na Região Metropolitana de Goiânia-GO: i) 4 (quatro) pedreiras em atividade e iii) uma usina de reciclagem de RCD. Para verificar o aspecto ambiental, analisou-se as emissões de dióxido

de carbono ( $\text{CO}_2$ ) durante os transportes de materiais das pedreiras ativas e da usinas de reciclagem até o centro urbano da região.

Com o intuito de padronizar a quantidade de  $\text{CO}_2$  emitida, considerou-se o coeficiente de emissão de dióxido de carbono (para veículos pesados, a diesel, com consumo de 3,4 km/l) igual a 2.604 kg/l, conforme determinado pelo Inventário Nacional de emissões atmosféricas por veículos rodoviários, publicado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2013).

Coelho et al. (2009) definiram fatores de emissão de  $\text{CO}_2$  (g/segundo) de acordo com a potência do veículo. Com isso, considerou-se a potência específica mínima para caminhões no valor de 4,2 kWh/t (conforme determinado pela portaria 51, Inmetro, 2011) e obteve-se o coeficiente de emissão de  $\text{CO}_2$  igual a 0,765 kg/min. Diante disso, analisou-se a emissão de  $\text{CO}_2$  para possíveis rotas de transporte, em diferentes horários (6h00min, 9h00min, 12h00min, 15h00min e 18h00min), com distintos tempos de tráfego.

## 3 RESULTADOS

### 3.1 Emissão de $\text{CO}_2$

O levantamento das localizações das pedreiras (em atividade) e da usina de reciclagem – consideradas para cálculo da emissão de  $\text{CO}_2$  durante o transporte de materiais – revelou distâncias variando de 17 km a 46,7 km (Figura 4).

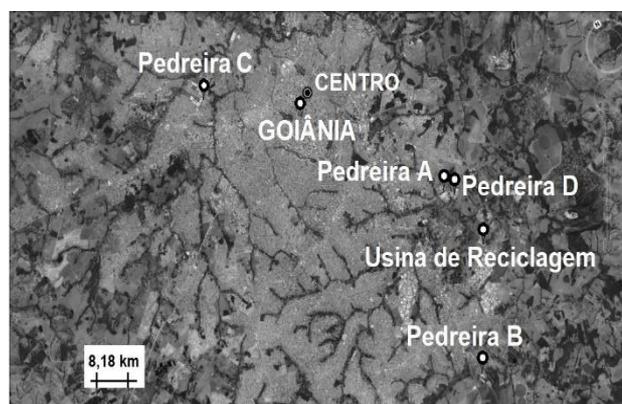


Figura 4. Localização das pedreiras e da usina de reciclagem.

As pedreiras A e C foram responsáveis pela menor (13,02 kg) e maior (35,75 kg) emissões de

CO<sub>2</sub>, respectivamente. Por outro lado, o transporte da usina de reciclagem apresentou-se igual a aproximadamente 15 kg de CO<sub>2</sub>. A Figura 5 apresenta as emissões de CO<sub>2</sub> observadas para cada caso analisado.

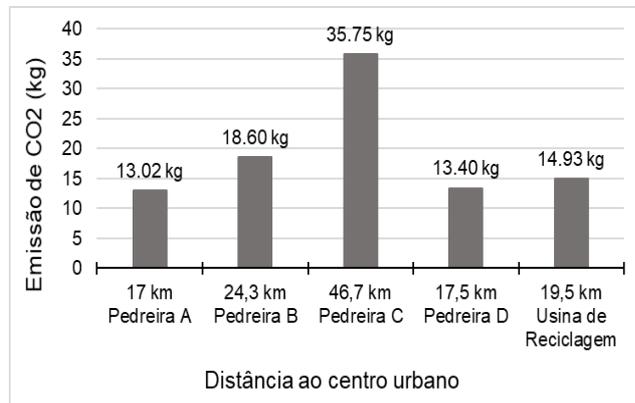


Figura 5. Emissão de CO<sub>2</sub> versus distância ao centro urbano.

As Figuras 6 a 10 apresentam as emissões de CO<sub>2</sub> em relação ao tempo de tráfego para os diferentes horários de transporte.

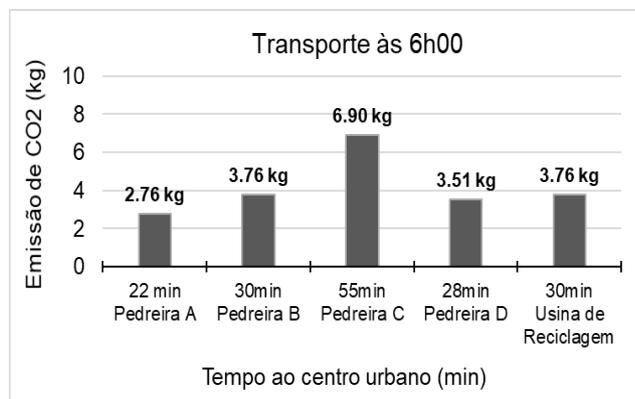


Figura 6. Emissão de CO<sub>2</sub> - transporte às 06h00min.

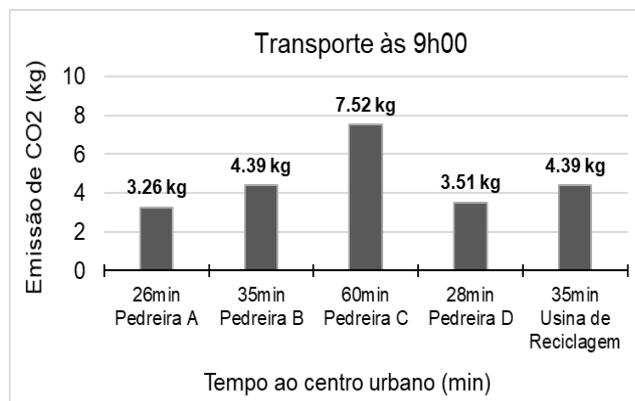


Figura 7. Emissão de CO<sub>2</sub> - transporte às 09h00min.

O trajeto às 18h00min, da pedreira C ao centro urbano, o qual durou cerca de 70 minutos,

apresentou a maior emissão, cerca de 8,78 kg de CO<sub>2</sub>. Já o trajeto às 06h00min, da pedreira A ao centro urbano, o qual durou cerca de 22 minutos, apresentou a menor emissão, cerca de 2,76 kg de CO<sub>2</sub>.

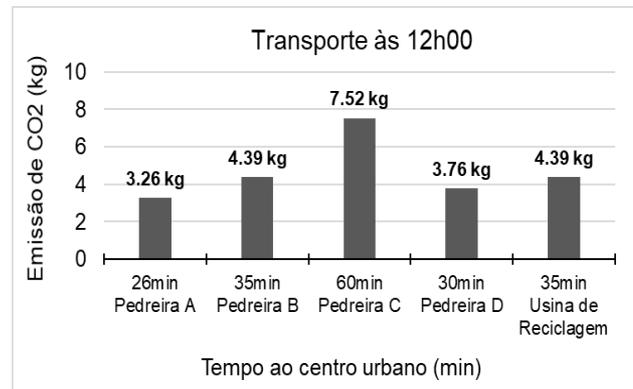


Figura 8. Emissão de CO<sub>2</sub> - transporte às 12h00min.

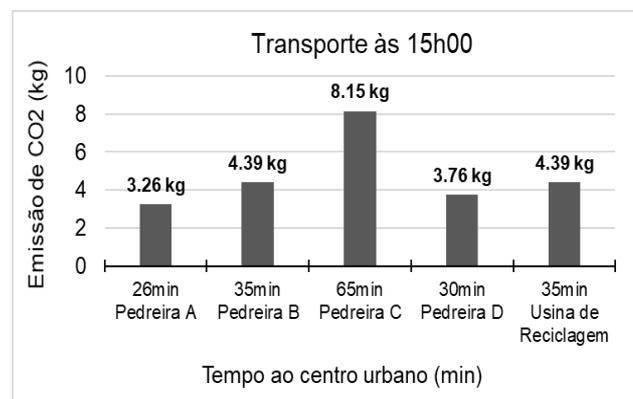


Figura 9. Emissão de CO<sub>2</sub> - transporte às 15h00min.

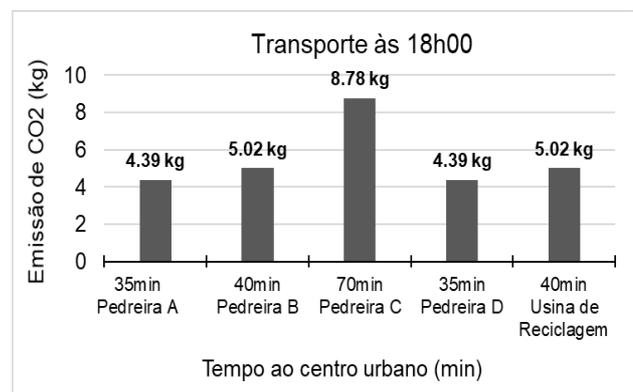


Figura 10. Emissão de CO<sub>2</sub> - transporte às 18h00min.

## 4 DISCUSSÃO

Tendo em vista que as emissões de CO<sub>2</sub> são diretamente relacionadas com as distâncias de transporte e os tempos de percurso, pode-se afirmar que a Usina de Reciclagem encontra-se bem localizada. Destaca-se que a emissão de

CO<sub>2</sub> pela Usina de Reciclagem, em relação à distância percorrida ao centro urbano, apresenta-se como a terceira menor emissão (sendo as pedreiras A e D, a primeira e segunda menores emissões, respectivamente).

Já para a emissão de CO<sub>2</sub> em relação ao tempo de percurso, percebe-se que o transporte da Usina de Reciclagem para o centro urbano, em todos os trajetos, apresenta a mesma emissão da Pedreira B, e ambas representam a segunda maior emissão. A Pedreira C, em relação ao tempo de tráfego, apresenta a maior emissão de CO<sub>2</sub> para os trajetos considerados.

Embora as emissões de CO<sub>2</sub> representem um impacto ambiental significativo, deve-se ressaltar que outros impactos são produzidos durante as diferentes fases da exploração de pedreiras (Darwish et al., 2011; Sasso et al., 2012; Bacci et al., 2006; Cabral et al., 2012). Por isso, apesar da Usina de Reciclagem não apresentar a menor emissão de CO<sub>2</sub>, tanto em relação à distância quanto ao tempo de percurso, o uso de RCD-R apresenta-se como uma solução ambientalmente correta e com menores impactos. Isso ocorre porque a existência de uma usina de reciclagem próxima ao perímetro urbano apresenta-se como um importante meio de minimizar a deposição inadequada de RCD e estimular as uso de RCD-R como matéria-prima para novas aplicações de engenharia, fortalecendo, assim, o conceito de desenvolvimento sustentável na construção civil.

No entanto, verificou-se que a usina de reciclagem analisada não conseguiria receber o volume total de RCD gerado na região metropolitana de Goiânia-GO, exigindo, assim, a ampliação da usina e/ou a construção de novas usinas de reciclagem. Contudo, tais medidas só poderão ser realizadas com a implementação de incentivos adicionais de políticas públicas.

O estudo possibilitou observar os principais aspectos que inibem o crescimento do setor: i) os agregados reciclados não estão no escopo de produtos que podem ser usados em licitações de obras públicas, ii) a deposição inadequada de RCD age contra a evolução dos agregados reciclados, e, iii) a existência de um mercado ilegal de transporte de RCD contribui para o seu uso de maneira inadequada e sem quaisquer considerações técnicas.

## 5 CONCLUSÃO

Neste trabalho, avaliou-se alguns impactos ambientais relacionados ao uso de agregados reciclados e de agregados naturais na Região Metropolitana de Goiânia-GO. Com base nos resultados, as seguintes conclusões são destacadas:

- A Usina de Reciclagem de RCD, apesar de não apresentar as menores emissões de CO<sub>2</sub>, apresenta-se como uma alternativa importante para fortalecer o conceito de desenvolvimento sustentável na construção civil;
- Verificou-se que, apesar das suas vantagens ambientais e de serem uma saída para o grande volume de resíduos gerado pela construção civil, os agregados reciclados enfrentam problemas relacionados à falta de políticas públicas para promover o seu uso e evitar o mercado ilegal de comercialização e deposição inadequada de RCD.

## AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil (PPG – GECON) e à parceria da empresa Renove Gestão e Solução em Resíduos Ltda (RNV Resíduos), por todo o apoio dado para a realização do estudo.

## REFERÊNCIAS

- Bacci, D. C., Landim, P. M. B., Eston, S. M. (2006), *Aspectos e impactos ambientais de pedreira em área urbana*, Revista Escola de Minas - Ouro Preto, Vol. 59 No 1, pp. 47-54.
- Cabral, L. N., Albuquerque, H. N. (2012), *Impactos Socioambientais com a extração de minérios em uma área rural de Campina Grande-PB*, Revista de Biologia e Farmácia – BioFar, Vol. 8 No 2, 10 p.
- Cardoso, R., Silva, R. V., Brito, J. and Dhir, R. (2016), *Use of recycled aggregates from construction and demolition waste in geotechnical applications: A literature review*, Waste Management, pp. 131-145.
- Coelho, M. C.; Frey, H. C.; Roupail, N. M.; Zhai, H.; Pelkman, L. (2009), *Assessing methods for comparing emissions from gasoline and diesel light-duty vehicles based on microscale measurements*. Transportation Research Part D: Transport and Environment. Volume 14, Issue 2, March 2009, Pages 91-99.
- Darwish, T., Khater, C., Jomaa, I., Sthehouwer, R., Shaban, A. and Hamze, M. (2011), *Environmental*

- impact of quarries on natural resources in Lebanon*, Land Degrad. Develop, pp. 345-358.
- Dick, L (2004). *Butchart Gardens*. University of California. The Public Historian, Vol. 26, No. 4, pp. 88-90.
- Explosão em pedra danifica casas em três cidades do Ceará. Portal G1. 06/02/2018. Disponível em <<https://g1.globo.com/ce/ceara/noticia/explosao-em-pedreira-danifica-casas-em-tres-cidades-do-ceara.ghtml>>, acesso em 26/10/2018 às 14h57min.
- 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*. In: GEOCENTRO - IV Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica na Região Centro Oeste, Goiânia-GO.
- Georgi, J. N.; Kampouris, A., (2009), *Study of reformation and re-establishment of vegetation during alternative management of quarries in the municipality of eastern Mani*. 3rd AMIREG International Conference Assessing the Footprint of Resource Utilization and Hazardous Waste Management, Athens, Greece, pp. 131-135.
- Grabasck, J. R. (2016), *Aspectos e Impactos Ambientais decorrentes da extração de agregado natural e produção de agregado reciclado: Estudo de caso no RS*, Dissertação (Mestrado) – Universidade Vale do Rio dos Sisnos. São Leopoldo. 168 p.
- Herrador, R., Perez, P., Garach, L. and Ordonez, J. (2012), *Use of Recycled Construction and Demolition Waste Aggregate for Road Course Surfacing*, Journal of Transportation Engineering, pp. 182-190.
- Huang, T., Shi, F., Tanikawa, H., Fei, J. and 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, Vol. 72, pp. 91-101.
- Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – Inmetro (2011), Portaria nº 51, de 19 de janeiro de 2011.
- Leite, F. C., Motta, R. S., Casconselos, K. L. and Bernucci, L. (2011), *Laboratory evaluation of recycled construction and demolition waste for pavements*, Construction And Building Materials, pp. 2972-2979.
- Ministério do Meio Ambiente – MMA (2013), *Inventário Nacional de emissões atmosféricas por veículos rodoviários*, disponível em: [www.mma.gov.br/images/arquivo/80060/Inventario\\_de\\_Emissoes\\_por\\_Veiculo\\_s\\_Rodoviaros\\_2013.pdf](http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80060/Inventario_de_Emissoes_por_Veiculo_s_Rodoviaros_2013.pdf) (acesso: 04/04/2018).
- Ossa, A., García, J. L. and Botero, E. (2016), *Use of recycled construction and demolition waste (CDW) aggregates: A sustainable alternative for pavement construction industry*, Journal of Cleaner Production, pp. 379-386.
- Pinheiro, C. S. S. (2016), *EXTRAÇÃO DE AREIA E SEIXO: Desenvolvimento ou degradação? O caso de Porto Grande/AP*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará. 134 p.
- Rao, Akash, Jha, Kumar N. and Misra, Sudhir. (2007), *Use of aggregates from recycled construction and demolition waste in concrete*, Resources, Conservation And Recycling, [s.l.], Vol. 50 No. 1, pp. 71-81.
- Santos E., Palmeira E., Bathurst, R. (2013), “Behaviour of a geogrid reinforced wall built with recycled construction and demolition waste backfill on a collapsible foundation”. *Geotextiles and Geomembranes*, Vol 39 No 1, pp.9 - 19.
- Sasso, P., Ottolino, M. A. and Caliandro, L. P. (2012), *Identification of Quarries Rehabilitation Scenarios: A Case Study Within the Metropolitan Area of Bari (Italy)*, Environmental Management, pp. 1174-1191.
- Yuan, H. and Shen, L. (2011), *Trend of the research on construction and demolition waste management*, Waste Management, pp. 670-679.