



## **Diagnóstico dos Resíduos da Construção Civil no município de Caxias do Sul para posterior aplicação como reforço de solo**

**Amanda Thais Dalmás <sup>1</sup>, Jaqueline Bonatto <sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade de Caxias do Sul (atdalmás@icloud.com)

<sup>2</sup> Universidade de Caxias do Sul (jbonatto4@ucs.br)

### **Resumo**

A construção civil, durante anos, vem se destacando por ser um setor em plena expansão, contribuindo significativamente para a economia brasileira. Este expressivo crescimento a tornou uma grande consumidora de energia, bens naturais, matérias primas e insumos. Além disso, a construção civil não apenas contribui para a exaustão destes recursos, como também colabora para uma geração considerável de resíduos. A falta de gerenciamento destes resíduos acarreta em danos ao meio ambiente.

Através disto, elaborou-se um diagnóstico da geração dos referidos resíduos no município de Caxias do Sul para posteriormente avaliar, por meio de ensaios físicos e químicos, a aplicação destes resíduos como reforço de solo, visto que a reciclagem é uma alternativa de disposição para os resíduos e a falta de resistência em solos implica em expressivos custos, seja para o reforço do solo da área, ou ainda a alteração do terreno, que pode impactar em outros fatores. Com o diagnóstico da geração e caracterização dos resíduos da construção civil para Caxias do Sul é possível avaliar a possibilidade de aplicação destes resíduos em novas funções.

Palavras-chave: Resíduos da construção civil, Reciclagem, Reforço de Solo

Área Temática: Tecnologias Ambientais

## **Diagnosis of civil construction waste in the city of Caxias do Sul for later application as soil reinforcement**

### **Abstract**

*Civil construction, for years, has been notable for being a sector in full expansion, contributing significantly to the Brazilian economy. This expressive growth has made it a major consumer of energy, natural goods, raw materials and inputs. In addition, construction not only contributes to the exhaustion of these resources, but also contributes to a considerable generation of waste. The lack of management of this waste causes damage to the environment. Through this, a diagnosis of the generation of said residues was elaborated in the city of Caxias do Sul to later evaluate, through physical and chemical tests, the application of these residues as soil reinforcement, since recycling is an alternative of disposal for the residues and the lack of resistance in soils implies significant costs, either for the reinforcement of the soil of the area, or the alteration of the terrain, which may impact on other factors.*

*With the diagnosis of the generation and characterization of construction waste for Caxias do Sul, it is possible to evaluate the possibility of applying these residues to new functions.*

*Key words: Civil construction waste, Recycling, Soil reinforcement*

*Theme Area: Environmental Technologies*



## 1 Introdução

O crescimento do setor da construção civil contribuiu para uma significativa geração de impactos ambientais, como o aumento dos resíduos da construção civil. Com a operação inadequada do sistema de gestão destes resíduos, visto que grande parte dos municípios brasileiros não contam com áreas licenciadas e aptas a receberem estes materiais, ocorre a disposição em locais irregulares como em margens de rios, banhados, encostas, ruas e terrenos baldios. Esta disposição, contrária à legislação brasileira, provoca a degradação das áreas de manancial e de preservação permanente, além de proporcionar a proliferação de diversas doenças, colocando as populações que vivem próximas a estas áreas em uma expressiva vulnerabilidade (Souza et al., 2004 apud Karpinski et al., 2008).

Uma alternativa para minimizar os problemas provocados pelo acúmulo de resíduos é a reciclagem. Atualmente, estão sendo desenvolvidos estudos no uso destes materiais para pavimentação, contenção, aterros, solos reforçados, entre outros.

Segundo Ferraz (2004), o aproveitamento dos resíduos da construção civil se destaca como alternativa à adequada disposição destes materiais. Valorizando os resíduos descartados nas obras de engenharia, atribuindo-lhes a condição de material nobre em vez de simplesmente lançá-los na natureza, retornando-os assim para a cadeia produtiva.

Locais compostos por solos com baixa capacidade mecânica de suportar uma edificação eram substituídos por outros, alterando a localização por solos mais resistentes, ou ainda recorrendo a modificações nos projetos. Porém, estas mudanças enfrentam uma série de questões conflitantes, pois alterações significativas no projeto podem ser custosas financeiramente ou inviáveis mercadologicamente (Leal, 2003).

Sendo assim, uma solução é promover a construção de reforço de solo, para otimizar suas propriedades físicas com o intuito de proporcionar uma maior capacidade de resistência. A execução deste tipo de técnica poderia tornar-se inviável pela falta de material específico próximo ao local da construção.

Diante deste contexto, o presente trabalho busca apresentar o diagnóstico da geração dos resíduos da construção civil no município de Caxias do Sul, para posteriormente em um novo estudo, averiguar o desempenho dos referidos resíduos na aplicação de solo reforçado, gerando uma nova função para estes resíduos.

## 2 Diagnóstico dos Resíduos da Construção Civil

### 2.1 Resíduos da Construção Civil

Os Resíduos da Construção Civil (RCC) são definidos pela Resolução CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2002, como:

[...] os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

Nesta Resolução os resíduos da construção civil são classificados da seguinte forma:

- Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados;
- Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações;
- Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;
- Classe D - são resíduos perigosos oriundos do processo de construção.



## 2.2 Geração de Resíduos

Para a estimativa da geração dos resíduos da construção civil, dificilmente os dados relativos estão disponíveis (PINTO & GONZÁLEZ, 2005). É recomendado levantar informações em várias fontes para que, ao final, o resultado do quadro de estimativas seja razoavelmente seguro.

O método sugerido pelo Autor é somar três indicadores, para atingir uma estimativa segura, tais como:

- A quantidade de resíduos oriundos de edificações novas construídas na cidade, num determinado período de tempo (por exemplo, dois anos);
- A quantidade de resíduos provenientes de reformas, ampliações e demolições, regularmente removidas, no mesmo período de tempo;
- A quantidade de resíduos removidos de deposições irregulares pela municipalidade, igualmente no mesmo período.

De acordo com a Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para a Construção Civil publicada pelo Sindicato da Indústria da Construção de Minas Gerais (SINDUSCON-MG), a geração de RCC varia amplamente de cidade para cidade e com a oscilação da economia.

Sendo assim, baseando-se nos levantamentos de Pinto (1999) referentes à geração de resíduos com a respectiva população e nos dados do IBGE (2010), é possível comparar o município da Serra Gaúcha com cidades cuja população e renda per capita são semelhantes: São José do Rio Preto e Diadema. Através do método de ponderação, determina-se para Caxias do Sul uma geração per capita anual de 0,50 t/hab/ano.

Segundo estimativa realizada pelo IBGE (2017), a população do Município Caxiense é de 483.377 habitantes. Logo, com base neste montante, prevê-se uma geração de aproximadamente 241.688,5 toneladas por ano. Salienta-se que com a flutuação da população, este valor de massa de resíduos gerados tende a sofrer alterações.

Ressalta-se que foi determinada a geração de resíduos através de estimativas, devido ao Município de Caxias do Sul não possuir registro destas informações e nem tempo hábil para realizar o levantamento destas.

## 2.3 Composição dos Resíduos

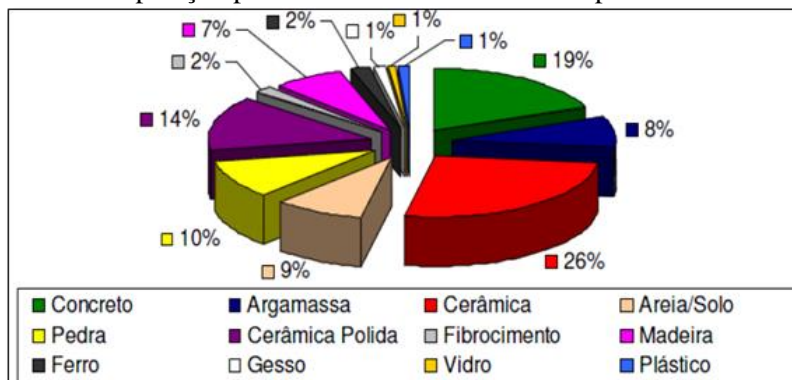
Conforme Vaz et al. (2003) apud Poletto (2006), a caracterização dos resíduos sólidos possui uma significativa importância para colaborar no gerenciamento racional dos resíduos, permitindo identificar a viabilidade de reuso e de reciclagem. Segundo John (2000), a viabilidade de reciclagem dos resíduos varia em função de sua composição.

Uma das dificuldades a ser enfrentada no diagnóstico dos resíduos da construção civil e demolição é referente à sua composição, pois estes resíduos são um tanto quanto heterogêneos, e podem estar condicionados às características da região geradora.

Marques Neto (2003) realizou um levantamento de dados referentes ao município de São Carlos. Neste estudo foram analisados 90 litros de amostras de caçambas provenientes de diferentes locais do município. Na Figura 1 é demonstrada a composição dos RCD no município.



Figura 1 - Composição percentual dos RCC do município de São Carlos – SP.

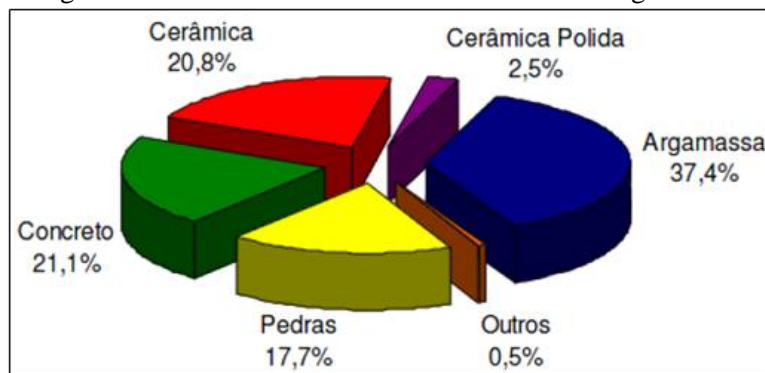


Fonte: MARQUES NETO (2003) citado por CORDOBA (2010)

As Figuras 2, 3 e 4 apresentam os resultados das caracterizações realizadas em usinas de reciclagem, bairros específicos e em escala municipal. É possível observar que existe uma variabilidade das caracterizações. Conforme Cordoba (2010), tal fato pode ser explicado pelos fatores regionais, que influenciam na caracterização dos RCC, como também pela consideração de cada autor sobre os RCC. Alguns autores incluem como RCC os solos oriundos de obras de escavações e terraplanagem, enquanto outros excluem.

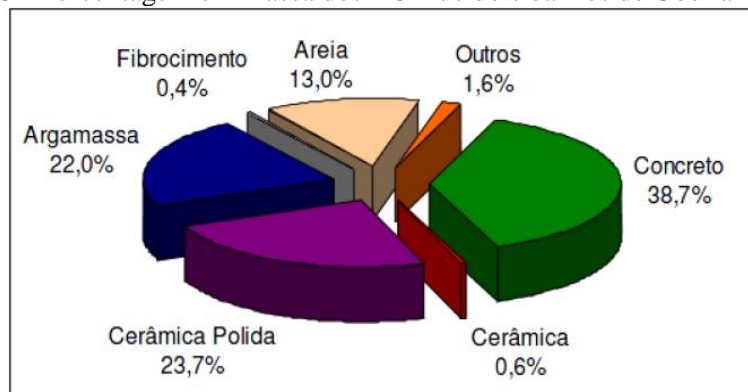
Destas caracterizações é possível notar que o concreto, os materiais cerâmicos e as argamassas são os resíduos que compunham a maior parcela de RCC. Conforme Marques Neto (2005) isto ocorre pelo fato dos desperdícios e perdas mais significativas ocorrerem nas etapas da concretagem, alvenarias e revestimentos.

Figura 2 - Porcentagem em massa dos RCD de uma usina de reciclagem de Ribeirão Preto - SP.



Fonte: ZORDAN (1997) citado por CORDOBA (2010).

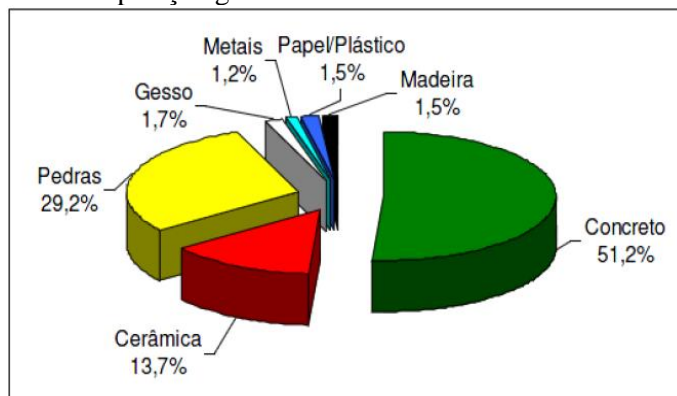
Figura 3 - Porcentagem em massa dos RCD de dois bairros de Uberlândia - MG.



Fonte: MORAIS (2006) citado por CORDOBA (2010)



Figura 4 - Composição gravimétrica dos RCD do Rio de Janeiro – RJ.



Fonte: COMLURB (2002) citado por NUNES (2004) citado por CORDOBA (2010)

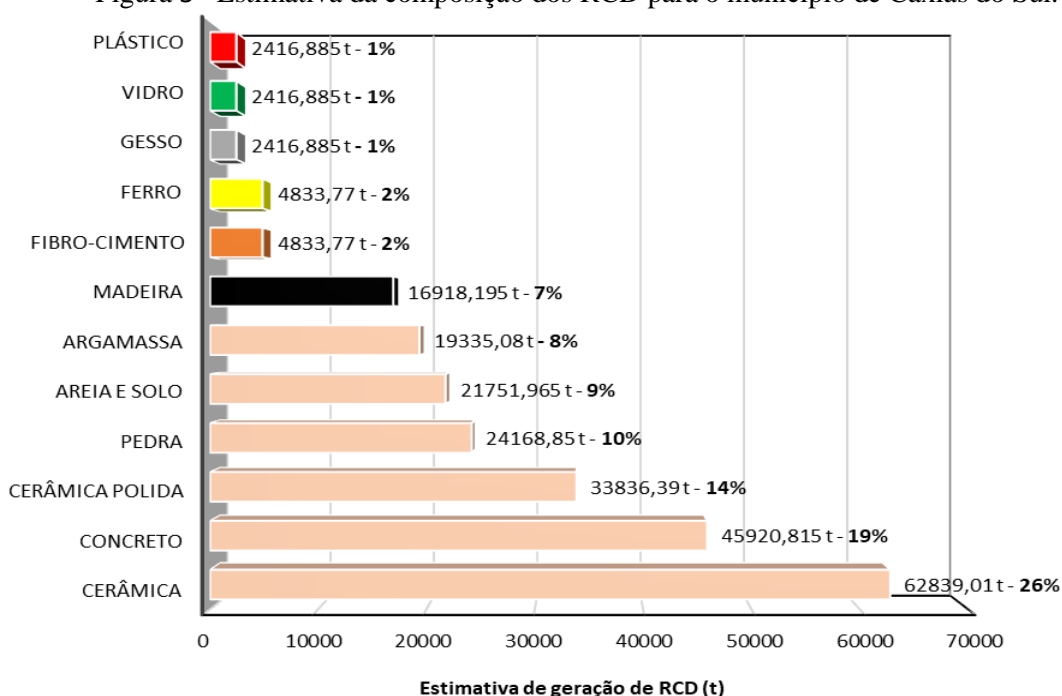
Pela análise das Figuras 1, 2, 3 e 4 é possível constatar a diversidade dos RCC entre as quatro diferentes cidades. Dentro da composição dos RCC tem-se madeira, concreto, gesso, pedras, metais, papel/plástico, ou seja, uma série de distintos tipos de resíduos.

Para determinar a composição dos RCC em Caxias do Sul, teria de ser elaborada e realizada uma amostragem de resíduos gerados em algumas obras novas e reformas, bem como uma amostragem dos resíduos dispostos em aterros clandestinos, para assim caracterizá-los. Porém, devido a impossibilidade de tal amostragem em função do tempo e de recursos, e o município não possuir informações de geração e composição dos RCC. Serão utilizados como estimativa da composição gravimétrica, os dados disponíveis na literatura.

O diagnóstico realizado no município de São Carlos – SP por Marques Neto (2003) foi o escolhido, em função de que o trabalho foi baseado nos resíduos que chegam aos aterros e não só em resíduos gerados nas obras.

Considerando o percentual de cada componente do RCC constante na Figura 1 e a geração estimada para o ano de 2017 de RCC, elaborou-se a Figura 5, onde é demonstrada a estimativa de geração de cada componente de resíduo.

Figura 5 - Estimativa da composição dos RCD para o município de Caxias do Sul.



Fonte: a Autora (2017)



Os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados são classificados pela Resolução CONAMA 307 (2002) como Resíduos Classe A. A quantidade prevista destes resíduos em 2017, conforme a Figura 5, é 207.852,1 toneladas, cujo manejo e destinação não forem realizados adequadamente provocam significativos impactos ambientais negativos. Uma forma de minimizar os problemas oriundos pelo acúmulo de resíduos é o reaproveitamento.

### 3 Reforço de Solo

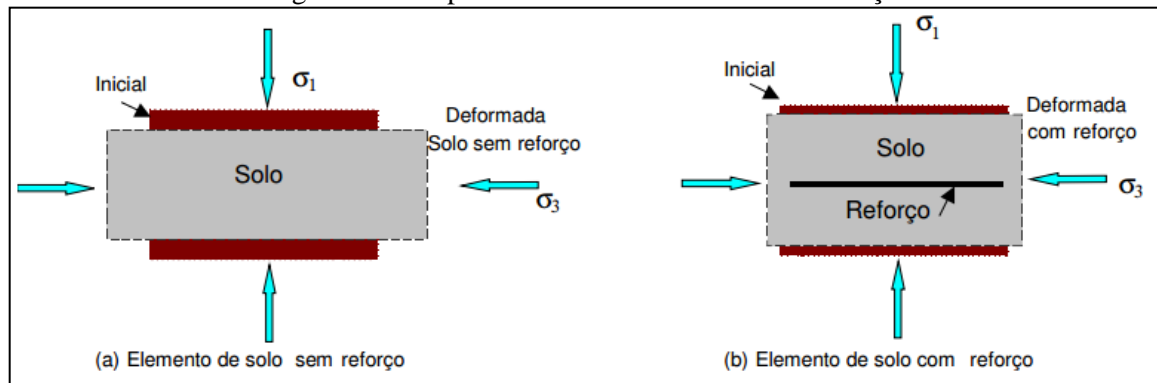
Ehrlich e Becker (2009) definem que o solo, com uma adequada compactação, apresenta boa resistência à compressão e ao cisalhamento. Todavia, a resistência à tração é baixa ou nula. De modo similar ao que se verifica no concreto armado, a inclusão de reforços supre essa deficiência. A associação do solo com os reforços leva o material composto a apresentar melhores características mecânicas.

Conforme Vertemematti (2015), a utilização de materiais naturais para melhorar a qualidade dos solos é prática comum desde 3000 a.C. Solo misturado com palha, estivas de junco, bambus, etc., em geral, materiais vegetais constituídos de fibras resistentes, foram empregados nos *Zigurates* da Mesopotâmia, na Grande Muralha da China e em várias obras do Império Romano.

Todavia, o desenvolvimento moderno da técnica iniciou a partir da década de 60, quando o engenheiro francês Henri Vidal patenteou um sistema de contenção utilizando tiras metálicas como elementos de reforço, denominado Terra Armada. Este sistema tornou-se uma ótima alternativa técnica e econômica aos muros de arrimo clássicos, tendo sido difundido para outras aplicações tais como reforço de fundações, encontros de ponte, muros de cais, silos enterrados, etc. Desde então, o processo construtivo em solo reforçado vem expressando constante evolução com o desenvolvimento de novos sistemas de contenção, tipos de reforço e opções de face que privilegiam o acabamento estético da obra (Dantas, 2004).

De acordo com Wheeler (1996 apud Souza & Wayhs, 2016) quando uma massa de solo sofre um carregamento vertical, ela sofre deformações verticais de compressão e deformações laterais de tração. Porém, se a massa de solo estiver reforçada, os movimentos laterais são limitados pela baixa deformabilidade do reforço. Esta restrição de deformações ocorre devido ao desenvolvimento de esforços de tração no material de reforço. Neste caso, o solo tende a se mover em relação ao reforço provocando tensões cisalhantes na interface solo/reforço. Na Figura 6 pode-se observar o princípio do comportamento do solo reforçado.

Figura 6 - Comportamento do solo sem e com reforço.



Fonte: Modificado de Souza & Wayhs (2016)

De acordo com Borges (1995 apud Santos, 2014), a introdução de elementos resistentes num maciço de terra, não conduz, em geral, a um melhoramento das características



próprias do solo. Acarreta em um melhoramento do comportamento mecânico global da estrutura, mediante a transferência de esforços do solo para o elemento de reforço.

A técnica de reforço de solo é utilizada majoritariamente para elevar a capacidade de carga, minimizar a deformabilidade e aumentar a estabilidade da massa de solo, propiciando melhor compactação do mesmo e tornando viável obras de taludes verticais de solo com grandes alturas, obras de fundações sobre solos moles e taludes reforçados, entre outras (CAMPOS, 2013).

Atualmente, existe uma gama de formas de melhorar ou reforçar o solo através de processos físicos e/ou químicos, sendo que as técnicas utilizadas podem abranger o uso de diferentes materiais como geossintéticos, fibras, estabilizantes químicos, etc. (Ramírez, 2012).

#### 4 Considerações Finais

A técnica de inserção de materiais alternativos em obras geotécnicas tem sido objeto de estudo de diversas pesquisas. O uso destes elementos visa auxiliar na diminuição dos custos das obras, viabilizando áreas inutilizadas para ocupação, além de uma nova função aos materiais, muitas vezes já decretados como resíduos, que poderiam causar impactos ambientais, caso a disposição não for adequada.

Com base nos resultados satisfatórios de estudos já realizados para reforço de solo com materiais alternativos, e a partir do diagnóstico de geração de resíduos da construção civil para o município de Caxias do Sul, propõem-se verificar a viabilidade da utilização dos referidos resíduos para reforço de solos no município.

#### Referências

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 307**, de 5 de Julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, DF.

CAMPOS, M. V. W. **Avaliação da interação solo-reforço por meio de ensaios de cisalhamento cíclico de interface**. 192 f. 2013. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

CORDOBA, R. E. **Estudo do sistema de gerenciamento integrado de resíduos de construção e demolição do município de São Carlos**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos: 2010.

DANTAS, B. T. **Análise do comportamento de estruturas de solo reforçado sob condições de trabalho**. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, 2004.

EHRLICH, M.; BECKER, L. **Muros e taludes de solo reforçado**. 1ª ed. Editora Oficina de Textos. São Paulo, 2009.

FERRAZ, A. L. N. **Análise da adição de resíduos de argamassa de cimento em tijolos prensados de solocimento**. 2004. 97 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2004.



FERREIRA, M. C.; THOMÉ, A. **Utilização de resíduo da construção e demolição como reforço de um solo residual de basalto, servindo como base de fundações superficiais.** Teoria e Prática na Engenharia Civil, n.18, p. 1-12, Nov. 2011.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil:** contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. Tese – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

JÚNIOR, N. B. C. (Coord). **Cartilha de gerenciamento de resíduos sólidos para a construção civil.** SINDUSCON-MG, 2005.

KARPINSKI, L. A.; PANDOLFO, A.; REINEHR, R.; GUIMARÃES, J.; PANDOLFO, L.; KUREK, J.; ROJAS, J. W. J. **Gestão de resíduos da construção civil: uma abordagem prática no município de Passo Fundo-RS.** Estudos Tecnológicos, Passo Fundo, v. 4, n. 2, p. 69-87, ago. 2008.

LEAL, U. **Quando é preciso reforçar o solo.** Técnica, São Paulo, n. 71, fev 2003.

MARQUES NETO, J. C. **Diagnóstico para estudo de gestão de resíduos de construção e de construção do município de São Carlos-SP.** 2003. 155 p. Dissertação (mestrado em Hidráulica e saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2003.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** São Paulo, 1999. Tese (doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

POLETTI, M. **Gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil.** 2006. Relatório de Estágio Supervisionado em Engenharia Ambiental (Graduação) – Engenharia Ambiental, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2006.

RAMÍREZ, G. G. D. **Estudo Experimental de Solos Reforçados com Borracha Moída de Pneus Inservíveis.** 2012. 146 f. Dissertação (Mestrado) - Curso 24 de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

SANTOS, E. C. G. **Aplicação de resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R) em estruturas de solo reforçado.** 173 f. 2007. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

SANTOS, D. P. **Estrutura de contenção em solo reforçado.** Rio de Janeiro, 2014

SOUZA, T. E. S.; WAYHS, C. A. S. P. **Modelagem de estrutura de contenção em solo reforçado com geogrelhas.** In: XXIV Seminário de Iniciação Científica da UNIJUÍ, 2016, Ijuí - RS. Anais do Salão do Conhecimento UNIJUÍ 2016.

VERTEMATI, J. C. **Manual Brasileiro de Geossintéticos.** São Paulo: Edgard Blücher, 2015.