

Universidade Camilo Castelo Branco
Curso de Engenharia Civil, Campus Descalvado

JOÃO ANALIO DE JESUS OLIVEIRA

RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL APLICADO EM PAVIMENTOS
CIVIL CONSTRUCTION WASTE APPLIED IN PAVEMENTS

DESCALVADO
2016

João Analio De Jesus Oliveira

RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL APLICADO EM PAVIMENTOS

Orientadora: Profa. Dra. Gisele Cristina Antunes Martins

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Camilo Castelo Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Descalvado, SP
2016

Autorizo, exclusivamente, para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial deste TCC, por processos xerográficos ou eletrônicos.

Assinatura do aluno:

Data:

JOÃO ANALIO DE JESUS OLIVEIRA

**RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL APLICADO EM
PAVIMENTOS**

Trabalho de Conclusão apresentado como exigência para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, à Universidade Camilo Castelo Branco - Unicastelo, desenvolvido sob a orientação da Professora Dra. Gisele Cristina Antunes Martins

Aprovado em ___/ ___ de 2016.

Com Nota _____.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Orientadora Dra. Gisele Cristina Antunes Martins

Prof. Leonardo A. Mendes

Prof. Convidado

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Edna Maria (em memória) e João Santos e a minha esposa Nayara, por caminharem diariamente ao meu lado e acreditando-me e auxiliando-me a alcançar este tão sonhado objetivo.

AGRADECIMENTOS

À DEUS primeiramente pela proteção e bênção diária e por me dar forças nos momentos difíceis.

A minha esposa Nayara e meus pais, que são para mim muito mais do que eu conseguiria descrever em palavras, principalmente minha mãe que só me viu começar esse sonho e que infelizmente não me verá finalizar esta etapa da minha vida. Meu muito obrigado por tudo o que fizeram por mim no decorrer desta caminhada, pois sem vocês nada disso seria possível.

A todos os meus familiares que acreditaram em mim e me ajudaram de forma direta ou indiretamente.

A Profa. Dra. Gisele Cristina Antunes Martins, pela disponibilidade, atenção e carinho com que me orientou neste trabalho.

A todos os professores da Universidade que contribuíram com o conhecimento e experiências vividas

Aos “Engenegros” (Severino Junior, Cesar Romão, Robson Oliveira e Vagner Custodio, Elias Donizete), pelo apoio, incentivo, força e compreensão nos momentos de estresse, que apesar de tudo, estiveram sempre junto de mim no decorrer desses cinco anos, ajudando, ensinando, entendendo e ouvindo diariamente. Pelo auxílio nos momentos difíceis, pelas trocas de experiências e pelo companheirismo. Sentirei falta de vocês.

Enfim, **MUITO OBRIGADO** a todos!!!

“Pesada é a pedra, e a areia também, mas a
provocação do insensato é mais pesada que ambas”.
Provérbios 27.3

RESUMO

No mundo, são produzidos todos os dias, milhões de toneladas de resíduos inorgânicos. Os resíduos sólidos produzidos variam em sua composição, podendo ser identificados desde o tipo doméstico, hospitalar, químico, industrial e, entre outros, os resíduos gerados pela construção civil. Comumente chamado de entulho ou resíduo de construção civil. A principal causa dos resíduos gerados são as perdas no processo construtivo. A reciclagem na construção civil pode gerar inúmeros benefícios citados como: redução no consumo de recursos naturais não renováveis, quando substituídos por resíduos reciclados, redução de áreas necessárias para aterro, pela minimização de volume de resíduos pela reciclagem. Este trabalho teve como objetivo avaliar a problemática dos resíduos gerados pela construção civil e sua reutilização como agregados a serem empregados em pavimentos, apresentando vantagens e desvantagens na sua aplicação. Com esta finalidade foi realizado um levantamento literário sobre a geração dos resíduos, os danos ao meio ambiente e as alternativas como forma de reciclagem. Serão discutidas algumas normas brasileiras vigentes, dando ênfase a ABNT NBR 15116:2004 que trata especificamente da utilização dos agregados reciclados em camadas de pavimentação e em preparo de concretos sem função estrutural. Observaram-se as vantagens da aplicação de resíduos da construção civil na construção, restauração e manutenção dos pavimentos, sendo uma alternativa sustentável e viável financeiramente.

Palavras-chaves: Entulho, Resíduos da Construção Civil, Reciclagem, Pavimentação.

ABSTRACT

In the world, they are produced every day, millions of tons of inorganic waste. Solid waste produced vary in their composition and can be identified from the household type, hospital, chemical, industrial and, among others, the waste generated by the construction. Commonly called rubble and construction waste. The main cause of waste generated are the losses in the construction process. Recycling in construction can generate numerous benefits cited as: reduction in consumption of non-renewable natural resources, when replaced by recycled waste reduction areas necessary for landfill by minimizing the volume of waste by recycling. This study aimed to assess the problem of waste generated by construction and reuse as aggregates to be used in floors, with advantages and disadvantages in their application. For this purpose we performed a literature survey of the generation of waste, damage to the environment and alternatives such as recycling. They will be discussed some current Brazilian standards, emphasizing the NBR 15116: 2004 deals specifically with the use of recycled aggregates in concrete paving layers and preparation no structural function. Observed the advantages of application of construction waste in the construction, restoration and maintenance of floors, being a sustainable alternative and financially viable.

Keywords: Debris: Waste, Construction ,Recycling, Paving.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Requisitos gerais para agregado reciclado destinado a pavimentação - 29

Quadro 2: Requisitos específicos para agregado reciclado destinado a pavimentação 30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Resíduos sólidos de demolição	12
Figura 2: Geração de RSU.....	16
Figura 3: Coleta de RSU no Brasil.	17
Figura 4: Exemplo RCD com descarte incorreto.	18
Figura 5: Descarte incorreto dos resíduos sólidos de construção civil.....	18
Figura 6: Total de RCD Coletados no Brasil e Regiões (tx1000/ano).	19
Figura 7: Composição das camadas de agregados.....	21
Figura 8: Pavimentação Avenida Sapopemba/São Paulo.....	31
Figura 9: Pontos de recolha resíduos sólidos construção civil.....	32
Figura 10: Usina da Prefeitura Municipal de São Paulo	33
Figura 11: Seções projetadas do sistema viário da USP-Leste.....	34
Figura 12: Recolha resíduos sólidos descartado irregular na cidade de Goiânia	35
Figura 13: Descarte irregular de resíduos.....	36
Figura 14: Expansão do Aterro sanitário de Goiânia	37
Figura 15: Base executada com agregado	37
Figura 16: Pista experimental em 2009	38

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVO	14
1.2 JUSTIFICATIVA	15
1.3 METODOLOGIA	15
2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	16
2.1.1. Dados dos resíduos sólidos urbanos (RSU)	16
2.2 RESIDUOS SÓLIDOS CONSTRUÇÃO CIVIL	17
2.3 A MINIMIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	19
2.3.1. Coleta dos resíduos sólidos da construção civil.....	21
2.3.2. Áreas de Reciclagem.....	21
2.4 NORMAS TÉCNICAS E LEGISLAÇÃO	22
2.4.1 Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA	22
2.4.2 Política Nacional de Resíduos Sólidos.....	23
2.4.3 ABNT NBR 15114: 2004 - Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.....	23
2.4.4 ABNT NBR 15115:2004 - Agregados reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil Execução de Camadas de Pavimentação - Procedimentos.	24
2.4.5. ABNT NBR 15116: 2004 - Agregados reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.....	29
2.4.6 Requisitos para agregado reciclado destinado a pavimentação	29
2.4.7 Requisitos específicos	30
2.5 RECICLAGEM E APLICAÇÃO EM PAVIMENTOS APLICADOS NOS MUNICÍPIOS	30
2.5.1 Município de Guarulhos.....	32
2.5.2 Campus da Universidade de São Paulo - Leste.....	33
2.5.3 Goiânia	35
CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS	41

1.INTRODUÇÃO

No mundo, são produzidos todos os dias, milhões de toneladas de resíduos inorgânicos. Os resíduos sólidos produzidos variam em sua composição, podendo ser identificados desde o tipo doméstico, hospitalar, químico, industrial e, entre outros, os resíduos gerados pela construção civil.

A construção civil, segundo Paiva (2011) é o setor responsável por 15 a 50% do consumo dos recursos naturais, sendo o setor que mais gera resíduo (Figura 1). Comumente chamado de entulho ou resíduo de construção civil. A principal causa dos resíduos gerados são as perdas no processo construtivo.



Figura 1: Resíduos sólidos de demolição
Fonte: <http://demolidorarenovar.com.br/gestao-de-residuos/>

O entulho é gerado em vários momentos do ciclo de vida das construções, como o canteiro, fase de manutenção, reformas e demolições de edifícios. O resíduo oriundo de cada atividade de obras é diferente em cada região devido ao tipo de cultura. Como a madeira, que é muito utilizada nas construções europeia e brasileira. O gesso é muito utilizado nas construções americanas e europeia. De acordo com Amadei et al. (2011), essa variação vale para todo tipo de obra, sejam edificações, infraestrutura viária, obras urbanas, e assim por diante.

Com a explosão demográfica nos centros urbanos e a consequente ampliação das construções civis, gerou-se um grave problema com os resíduos de construções e demolições devido ao impacto ao meio ambiente (AMADEI et al., 2011). O aumento do setor imobiliário

tende a aumentar a geração de resíduos, pois há falta de local para deposição desse material proveniente das obras (FEIJÃO NETO, 2010). Diante disso, há pesquisas e trabalhos nacionais e internacionais divulgados no mundo científico, que vão desde caracterização dos resíduos, diagnósticos, propostas de gestão, novas tecnologias de gerenciamento, avaliação de produtos reciclados, entre muitas outras linhas (AMADEI et al., 2011).

O principal problema no ponto de vista ambiental é devido à deposição irregular. No ponto de vista financeiro, esse descarte irregular envolve as administrações municipais, que acabam tendo de responsabilizar-se pela remoção e disposição desses resíduos acumulados (AZEVEDO et al., 2006).

Como abordado por Mália, Brito e Bravo (2011), a fim de resguardar o ambiente e garantir o crescimento sustentável das cidades, há um grande número de códigos ambientais para serem aplicados visando encontrar soluções para reutilização dos resíduos, por meio de reciclagem.

No Brasil, a legislação referente aos resíduos de construção civil é a Resolução do Conama nº 307, de 5 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos a serem adotados por governos municipais e agentes envolvidos no manejo e destinação do RCD, a fim de que os impactos ambientais produzidos por esses resíduos sejam minimizados. A resolução Conama nº 307 estabelece diretrizes para que os municípios e o Distrito Federal desenvolvam e implementem políticas estruturadas e dimensionadas a partir de cada situação local, devendo essas políticas assumir a forma de um Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição (TESSARO; SÁ; SCREMIN, 2012).

Ainda que seja importante a destinação adequada dos resíduos gerados, tornam-se imprescindíveis ações que visem à redução diretamente na fonte, como nos próprios canteiros de obra, que, somadas às ações de adequar a destinação desses resíduos, podem contribuir significativamente para a redução dos impactos da atividade construtiva no meio ambiente.

De acordo com Fernandes et al. (2013), estima-se que 10 a 20% dos resíduos sólidos de construção civil produzidos na Europa tenham origem direta na construção, 30 a 40% na remodelação, reabilitação e renovação, e 40 a 50% em demolições. A desvalorização dos resíduos que se produzem traduz-se num volume crescente de matérias destinadas a aterro. Em termos europeus, alguns autores indicam uma produção de resíduos sólidos de construção civil em cada ano, entre 600 e 900 kg/habitante, embora a percentagem média de reutilização dos mesmos seja da ordem de 30%, apesar de alguns países, como a Holanda, a Bélgica e a

Dinamarca, a reciclagem ultrapassar 80%. Em Portugal a reutilização de resíduos sólidos de construção civil tem sido muito baixa, com um valor inferior a 5% do total de resíduos.

No Brasil, 41% de todo o lixo vai para os chamados lixões — terrenos baldios em que tudo fica misturado e exposto a sol e chuva, com risco de contaminar o solo e a água das proximidades (TOVIANSKY, 2014)

A reciclagem surge como uma medida necessária em função da existência de resíduos, mas para ser viável, devem-se levar em consideração as condições em que os resíduos serão segregados. É necessária a realização de diagnósticos para elaborar ações visando primeiramente à minimização da geração dos resíduos de construção civil e também a reutilização, reciclagem e destinação adequada, possibilitando, assim, uma redução nos custos de construção e também nos impactos ambientais causados por essa atividade (DIAS e DORNELAS, 2007).

As vantagens econômicas da reciclagem em substituição às deposições irregulares de resíduos de construção civil são claramente notadas nos custos de limpeza urbana para as administrações municipais devido ao alto custo do descarte irregular, correção da deposição com aterramento e controle de doenças (TESSARO; SÁ; SCREMIN, 2012).

A reciclagem na construção civil pode gerar inúmeros benefícios citados como: redução no consumo de recursos naturais não renováveis, quando substituídos por resíduos reciclados, redução de áreas necessárias para aterro, pela minimização de volume de resíduos pela reciclagem. Destaca-se a indústria do cimento, que usa resíduos de bom poder calorífico para a obtenção de sua matéria-prima (co-incineração) ou utilizando a escória de alto-forno, resíduo com composição semelhante ao cimento. (ÂNGULO et al., 2015)

Para Silva e Fernandes (2012), o resíduo deve ser tratado com conhecimento científico, pois nem toda matéria prima é de ótima qualidade e não poderá ser reutilizada em outras etapas da construção civil. Mesmo com avanço tecnológico, ainda se utiliza métodos arcaicos pelo crescimento acelerado do setor e a falta de qualificação da mão de obra, gerando grande desperdício. Um sistema eficiente de reciclagem deve reduzir o volume de resíduos.

1.1 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo avaliar a problemática dos resíduos gerados pela construção civil e sua reutilização como agregados a serem empregados em pavimentos, apresentando vantagens e desvantagens na sua aplicação. Com esta finalidade será realizado

um levantamento literário sobre a geração dos resíduos, os danos ao meio ambiente e as alternativas como forma de reciclagem. Serão apresentadas algumas normas brasileiras vigentes, dando ênfase a ABNT NBR 15116:2004 que trata especificamente da utilização dos agregados reciclados em camadas de pavimentação e em preparo de concretos sem função estrutural.

1.2 JUSTIFICATIVA

As perdas de material são destaque quando se trata de desperdício na construção civil, por ser a parcela visível e também porque o consumo desnecessário de material resulta numa alta produção de resíduos, causa transtornos nas cidades, reduz a disponibilidade futura de materiais e energia e provoca uma demanda desnecessária no sistema de transporte (COLOMBO; BAZZO, 1999; ROCHA NETO, 2010).

Nas cidades o descarte inadequado dos Resíduos Sólidos Construção Civil –RCC- ocasiona impactos significativos no meio ambiente urbano, o que pode comprometer a paisagem, o tráfego de pedestres e veículos, a drenagem urbana, além de atrair resíduos não inertes que contribuem para a multiplicação de vetores de doenças.

No que se refere ao pavimento, o uso de agregados reciclados em misturas asfálticas tem sido um tema interessante para a proteção do ambiente e desenvolvimento sustentável. Na maioria dos países, emprega-se largamente o revestimento asfáltico como camada de pavimentos rodoviários e urbanos. No Brasil, mais de 95% das estradas pavimentadas são de revestimento asfáltico, além de ser também utilizado em grande parte das vias urbanas (BERNUCCI et al., 2006).

1.3 METODOLOGIA

O presente estudo foi elaborado por meio de uma revisão bibliográfica, com busca de artigos científicos, monografia e material disponibilizado na internet e no Google Acadêmico.

2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

A canalização de resíduos sólidos em locais impróprios apresenta-se como um dos piores impactos que podem ser causados no meio ambiente, em virtude da decomposição dos materiais que gera substâncias altamente tóxicas que contaminam diretamente o solo, as águas, o ar e, pior do que tudo, seres humanos. Trata-se de uma prática ilegal, cujos efeitos danosos não são controláveis e que, com o passar dos anos, apresenta custos cada vez mais elevados para adoção de medidas de controle e remediação (ABRELPE, 2014).

2.1.1. Dados dos resíduos sólidos urbanos (RSU)

De acordo com os dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2014) a geração total de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Brasil em 2014 foi de aproximadamente 78,6 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 2,9% de um ano para outro, índice superior à taxa de crescimento populacional no país no período, que foi de 0,9%. Os dados de geração anual e per capita em 2014, comparados com 2013, são apresentados na Figura 2.

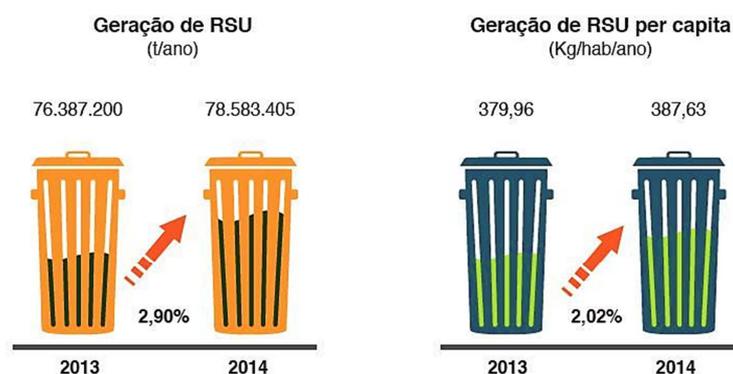


Figura 2: Geração de RSU.
Fonte: ABRELPE, 2014

Ainda de acordo com a ABRELPE (2014) a Figura 3 mostra que houve um aumento de 3,20% no total de RSU coletado em 2014 relativamente a 2013. A comparação deste índice

com o crescimento da geração de RSU mostra uma discreta evolução na cobertura dos serviços de coleta de RSU, que atingiu um total de 71.260.045 toneladas coletadas no ano.

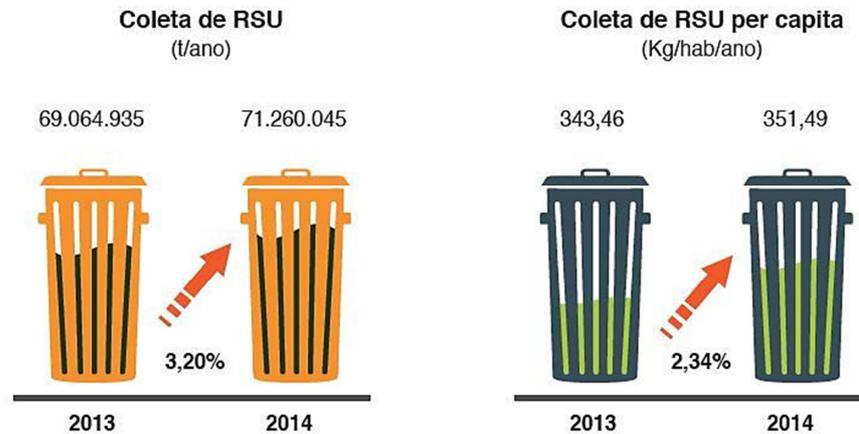


Figura 3: Coleta de RSU no Brasil.
Fonte: ABRELPE, 2014

Os 1.668 municípios dos quatro estados da região Sudeste geraram em 2014 a quantidade de 105.431 toneladas/dia de RSU, das quais 97,3% foram coletadas. Os dados indicam crescimento de 3,5% no total coletado e aumento de 3,3% na geração de RSU em relação ao ano anterior.

A comparação entre os dados relativos à destinação adequada de RSU revela uma evolução de 4,0% de 2013 para 2014 na região. Dos resíduos coletados na região, 27,4%, correspondentes a 28.086 toneladas diárias, ainda são destinados para lixões e aterros controlados que, do ponto de vista ambiental, pouco se diferenciam dos próprios lixões, pois não possuem o conjunto de sistemas necessários para proteção do meio ambiente e da saúde pública.

2.2 RESÍDUOS SÓLIDOS CONSTRUÇÃO CIVIL

As terminologias Resíduos Sólidos de Construção e Demolição (RCD) e Resíduos Sólidos da Construção Civil (RCC) vêm sendo difundidas nos meios acadêmicos brasileiros para a denominação de resíduos sólidos frequentemente chamados de entulho de obras, calça ou metralha. A sigla RCD provavelmente é oriunda da tradução do termo em inglês *Construction and Demolition Waste*.

Na Figura 4 apresenta-se o exemplo de Resíduos da Construção Civil como material de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem.



Figura 4: Exemplo RCD com descarte incorreto.
Fonte: Machado, 2014

O ramo da construção civil é um grande consumidor de materiais que em muitos casos não tem uma destinação correta (Figura 5). O volume de entulho gerado chega a ser duas vezes maior que os resíduos urbanos. São cerca de dois mil e quinhentos caminhões cheios por dia, mas para que os impactos ambientais sejam diminuídos é necessário que ocorra uma postura mais rígida por parte das empresas (MACHADO, 2014).



Figura 5: Descarte incorreto dos resíduos sólidos de construção civil
Fonte: <http://omeueco-sistema.blogspot.com.br/2015/05/construcao-civil-gestao-ambiental.html>

Quanto aos dados relativos aos resíduos de construção civil e demolição (RCD), a ABRELPE (2014) informa na Figura 6 que os municípios coletaram cerca de 45 milhões de toneladas de RCD em 2014, o que implica no aumento de 4,1% em relação a 2013. Esta situação, também observada em anos anteriores, exige atenção especial quanto ao destino final dado aos RCD, visto que a quantidade total desses resíduos é ainda maior, uma vez que os municípios, via de regra, coletam apenas os resíduos lançados nos logradouros públicos.

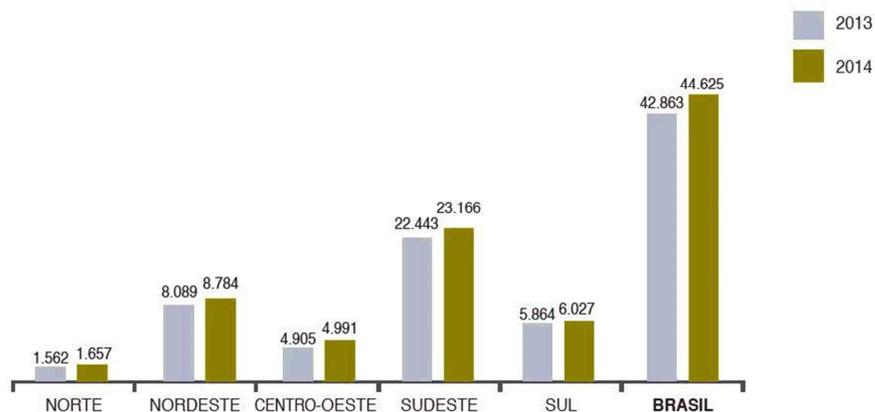


Figura 6: Total de RCD Coletados no Brasil e Regiões (tx1000/ano).

Fonte: ABRELPE, 2014

No Estado de São Paulo, segundo a Secretaria do Meio Ambiente (2012), a geração dos resíduos da construção é de forma difusa e se concentra na sua maior parcela no pequeno gerador, cerca de 70% do resíduo gerado, provenientes de reformas, pequenas obras e nas obras de demolição, em muitos casos coletados pelos serviços de limpeza urbana. Os 30 % restantes são provenientes da construção formal.

2.3 A MINIMIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

O planeta tem uma capacidade de suporte limitada em seus recursos naturais e não é suficiente para a demanda humana. Em uma escala ecologicamente sustentável, surgem tecnologias que buscam a prevenção da poluição e minimização de resíduos para evitar desperdícios, matérias primas e energia. Essa tecnologia converte resíduos sólidos, líquidos e gasosos que são responsáveis por adicionar custos aos processos produtivos e gerar problemas ambientais.

O resíduo na Construção Civil ocorre em fases diferentes, sendo eles construção, manutenção e/ou reformas e demolição. Na fase de construção essas perdas em parte estão

nos processos construtivos que é convertida em resíduos. Na fase de manutenção e reformas essas ações de perdas são as corretivas, em suas reformas ou modernização e do descarte de componentes que atingem sua vida útil (AZEVEDO, KIPERSTOK e MORAES, 2006).

Ainda segundo Azevedo, Kiperstok E Moraes (2006), para diminuir a geração dos mesmos, algumas ações são direcionadas como:

- a) mudanças de tecnologias para combater perdas;
- b) aperfeiçoamento e flexibilidade de projeto;
- c) melhoria da qualidade de construção de forma a reduzir a manutenção causada pela correção de defeitos;
- d) seleção adequada de materiais considerando inclusive o aumento da vida útil dos diferentes componentes e das estruturas dos edifícios;
- e) capacitação de recursos humanos;
- f) utilização de ferramentas adequadas;
- g) melhoria das condições de estoque e transporte;
- h) melhor gestão de processos;
- i) incentivo para que os proprietários realizem modificações nas edificações e não demolições;
- j) taxação sobre a geração de resíduos;
- k) medidas de controle de disposição,
- l) campanhas educativas (AZEVEDO, KIPERSTOK e MORAES, 2006) .

De acordo com Bernucci et al. (2010, p. 339) para os materiais de base, sub-base e reforço do subleito, empregam-se métodos de seleção e de caracterização de propriedades. A seleção é uma etapa preliminar que consiste em averiguar os materiais disponíveis quanto às características de natureza para serem empregados na estrutura dos pavimentos. As características de natureza interferem nas propriedades geotécnicas no estado compactado. De maneira geral, os materiais de pavimentação compactados devem apresentar-se resistentes, pouco deformáveis e com permeabilidade compatível com sua função na estrutura. Os materiais são basicamente constituídos por agregados, solos e, eventualmente, aditivos como cimento, cal, emulsão asfáltica, entre outros.

A figura 7 a seguir ilustra o esquema estrutural onde percebe-se que as camadas de reforço do subleito e sub-base foram construídas com agregados reciclados (RCD) em uma camada com espessura de 45 cm.

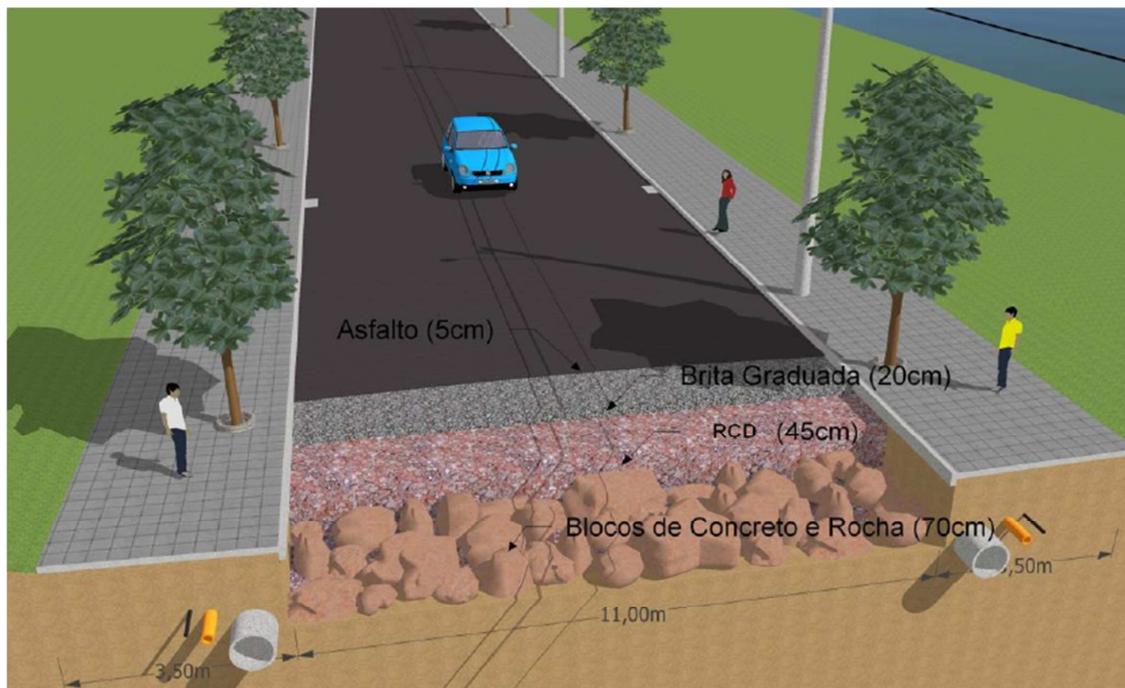


Figura 7: Composição das camadas de agregados
Fonte: Bagatini, 2011

2.3.1. Coleta dos resíduos sólidos da construção civil

As empresas de coleta de resíduos estão se associando e se organizando por meio de sindicatos. Atualmente, já é um negócio estabelecido em quase todas as grandes cidades brasileiras. Envolvem empresas contratadas pela prefeitura para recolher entulhos depositados irregularmente operando em aterros de resíduos, que trabalham com o transporte de entulho por meio de caminhões com guindaste e caçambas. Estima-se, de acordo com Wolski e Ionngblood (2010) que existam na cidade de São Paulo, cerca de 400 empresas de coleta de resíduos de construções ativas.

Afirma Dias (2004), que a reciclagem é ressaltada como importante medida para a redução da demanda de agregados naturais e dos custos de energia relacionados à sua extração e transporte, redução dos custos ambientais associados, e prováveis benefícios comerciais com o uso dos resíduos.

2.3.2. Áreas de Reciclagem

Os resíduos sólidos da construção civil em situação de descarte deverão ser dispostos de forma adequada em locais que possibilitem ótimas condições de recebimento e que

atendam rigorosamente as exigências apresentadas na ABNT NBR 15.114:2004, também chamados de áreas de reciclagem. Os resíduos que são gerados podem ser reciclados e, por sua vez, transformados em novos materiais de construção, após passarem por um rigoroso processo seletivo.

Este processo consiste na retirada do volume orgânico, caso exista, e do volume de materiais que apresentem baixa resistência e oferecem mercado de comercialização, como plástico, papel, papelão, madeira e metal, que são encaminhados para empresas responsáveis pelo seu destino final, restando os resíduos como pedra britada, cerâmica, tijolos, para a produção de agregado que será aplicado em obras de infraestrutura. (BAGATINI, 2011).

2.4 NORMAS TÉCNICAS E LEGISLAÇÃO

Com as inúmeras preocupações a respeito do meio ambiente, preservação do solo e lençóis freáticos, no que se refere ao descarte do lixo, tornou-se imprescindível a criação de legislações que tentasse, ao mesmo tempo, contornar os efeitos de tais modificações por meio da regulamentação das atividades que envolvem o tratamento despendido a estes rejeitos (PINHEIRO e FRANCISCHETTO, 2016).

A seguir são apresentadas as principais leis brasileiras que regulamentam a gestão de resíduos da construção civil

2.4.1 Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA

A Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002) estabelece “diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais” e classifica esses resíduos como:

- I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:
 - a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
 - b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
 - c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros. (CONAMA, 2002).

De acordo com Resolução 431, de 24 de maio de 2011, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), altera o art. 3º da Resolução no 307, de 5 de julho de 2002, informando que “II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso; III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação” (CONAMA 2011).

2.4.2 Política Nacional de Resíduos Sólidos

A Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, dispõe sobre os princípios, objetivos e instrumentos para a política nacional de resíduos. Apresenta os perigos, as responsabilidades dos geradores e do poder público.

O artigo 9 da presente lei discrimina que para a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada uma ordem de prioridade, sendo elas:

- Não geração,
- Redução,
- Reutilização,
- Reciclagem,
- Tratamento dos resíduos sólidos
- Disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

No Art. 13, da referida lei, determina que para efeitos desta, os resíduos sólidos tem quanto à origem, na letra “h” que são resíduos sólidos da construção civil os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis.

2.4.3 ABNT NBR 15114: 2004 - Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.

Esta norma fixa os requisitos mínimos exigíveis para projeto, implantação e operação de áreas de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil classe A. Tem

aplicação na reciclagem de materiais já triados para a produção de agregados com características para a aplicação em obras de infraestrutura e edificações, de forma segura, sem comprometimento das questões ambientais, das condições de trabalho dos operadores dessas instalações e da qualidade de vida das populações vizinhas.

2.4.4 ABNT NBR 15115:2004 - Agregados reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil Execução de Camadas de Pavimentação - Procedimentos.

Esta norma estabelece os critérios para execução de camadas de reforço do subleito, sub-base e base de pavimentos, bem como camada de revestimento primário, com agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil, denominado “agregado reciclado”, em obras de pavimentação.

Neste item serão apresentados os principais conceitos referentes à reciclagem de resíduos e a utilização em pavimentos de acordo com a NBR 15115:2004.

2.4.4.1 Resíduos sólidos da Construção Civil Classe "A"

Resíduos provenientes de construções, reformas, reparos ou demolições de obras de construção civil, definidos como classe "A" pela resolução CONAMA nº 307/2002, na qual incluem-se tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, agregados pétreos, argamassas, telhas, camadas asfálticas de pavimentos e outros, adequados à execução de camadas de reforço do subleito, sub-base e base, bem como camada de revestimento primário.

2.4.4.2 Agregado Reciclado

Material granular, obtido por britagem ou beneficiamento mecânico, de resíduos de construção civil classificados como resíduos classe "A", conforme item anterior.

2.4.4.3 Reciclagem

Processo de aproveitamento de resíduos, depois de terem sido submetidos a

transformação

A camada de reforço do subleito, sub-base e base de agregado reciclado deve ser executada com materiais que atendam aos seguintes requisitos:

a) deve ser evitada a presença de madeiras, vidros, plásticos, gessos, forros, tubulações, fiações elétricas e papéis ou quaisquer materiais orgânicos ou não inertes, classificados como classe "B", "C" e "D" pela Resolução CONAMA nº 307.

b) o agregado reciclado deve apresentar curva granulométrica, obtida por meio do ensaio da ABNT NBR 7181, bem graduada, não uniforme, com coeficiente de uniformidade - $C_u \geq 10$ ($C_u = D_{60} / D_{10}$).

c) a porcentagem que passa na peneira 0,42 mm (nº40) deve ficar entre 10% e 40%;

d) os agregados reciclados devem ser classificados quando ao tipo de emprego possível na execução de camadas de pavimentos, segundo parâmetros de Índice de Suporte Califórnia (CBR), obtidos por meio do ensaio da ABNT NBR 9895, conforme abaixo discriminado:

- material para execução de reforço de subleito: $CBR \geq 12\%$, expansão $\leq 1,0\%$ (energia de compactação normal, conforme ABNT NBR 7182 e ABNT NBR 6457);

- material para execução de sub-base: $CBR \geq 20\%$, expansão $\leq 1,0\%$ (energia de compactação intermediária, conforme ABNT NBR 7182 e ABNT NBR 6457);

- material para execução de base de pavimento: $CBR \geq 60\%$, expansão $\leq 0,5\%$ (energia de compactação intermediária, conforme ABNT NBR 7182 Solo – Ensaio de compactação e ABNT NBR 6457 - Amostra do Solo – Preparação para ensaio de compactação e ensaios de caracterização); é permitido o uso como material de base somente para vias de tráfego com $N \leq 10^6$ repetições do eixo-padrão de 80 kN no período de projeto;

e) no caso de materiais que não atendam às exigências da alínea anterior, estes podem ser estabilizados granulometricamente, conforme a ABNT NBR 11804 (Materiais para sub-base ou base de pavimentos estabilizados granulometricamente) , ou com adição de cimento e/ou cal hidratada, e neste caso ser submetidos ao ensaio de resistência à compressão simples, após 7 dias de cura, devendo apresentar resistência de no mínimo 2,1 Mpa, em corpos-de-prova moldados na energia de compactação especificada;

f) a porcentagem máxima admissível, em massa, para grãos de forma lamelar, obtida conforme a ABNT NBR 7809 (Agregado graúdo – Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro), é de 30%;

g) dimensão característica máxima dos grãos: 63,5mm (tolerância de 5% da

porcentagem retida, em massa, na peneira de 63,5 mm), limitada a 2/3 da espessura da camada compactada;

h) materiais indesejáveis de grupos distintos: máximo de 3% em massa;

i) materiais indesejáveis de mesmo grupo: máximo de 2% em massa;

j) não são permitidos materiais nocivos ao meio ambiente ou à saúde do trabalhador.

2.4.4.4 Condições físicas da superfície de apoio da camada de agregado reciclado

A superfície de apoio da camada deve atender ao seguinte:

a).A camada sobre a qual é executado o reforço do subleito, a sub-base ou a base deve ter sido executada de acordo com as condições em projeto. Eventuais defeitos existentes devem ser reparados antes da distribuição da camada de agregado reciclado;

b).Caso a execução da camada de agregado reciclado não seja efetuada imediatamente após a execução da camada de apoio (camada subjacente) e, de modo especial, quando essa camada de apoio tiver sido exposta à chuva devem ser efetuadas as seguintes verificações:

- o teor umidade deve situar-se dentro do intervalo de $\pm 3\%$ em relação à umidade ótima obtida no ensaio de compactação em laboratório;

- o grau de compactação deve atender às exigências indicadas no controle de recebimento da camada executada;

- as áreas nas quais o teor de umidade e o grau de compactação não atendam aos limites especificados dever ser reexecutadas.

2.4.4.5 Distribuição do material

A distribuição do material deve considerar:

a). A distribuição do material solto deve ter uma espessura suficiente para que após a compactação atinja a espessura de projeto;

b). A distribuição do material sobre a camada subjacente deve ser realiza com distribuidor de agregados, capaz de distribuir o agregado reciclado em espessura uniforme, sem produzir segregação;

c). Excepcionalmente, a distribuição do agregado reciclado pode ser procedida pela ação de motoniveladora, devendo, neste caso, ser adotado um critério de trabalho que

assegure a qualidade do serviço;

d). A espessura de cada camada individual acabada deve ser situar no intervalo de 10cm, no mínimo, a 20 cm, no máximo;

e). É vedada a complementação da espessura da camada, após sua compactação, para obtenção da espessura de projeto. Neste caso, a camada deve ser refeita.

2.4.4.6 Compactação

Quanto à compactação dos materiais, devem ser observados os seguintes aspectos:

a) tendo em vista a importância das condições de compactação da camada de agregado reciclado, recomenda-se a execução de trechos experimentais, com a finalidade de definir os tipos de equipamentos de compactação e a sequência executiva mais apropriada, objetivando alcançar, de forma mais eficaz, a espessura e o grau de compactação especificadas para a camada;

b) a energia de compactação a ser adotada na execução da camada de agregado reciclado deve ser no mínimo de:

— camada de reforço do subleito – energia normal;

— camada de base e sub-base – energia intermediária;

c) o teor de umidade da mistura, por ocasião da compactação da camada de agregado reciclado, deve estar compreendido no intervalo de $\pm 1,5\%$ em relação à umidade ótima obtida no ensaio de compactação executado com a energia especificada;

d) a compactação da camada de agregado reciclado deve ser executada mediante o emprego de rolos compactadores do tipo pé-de-carneiro vibratório e liso vibratório;

e) nos trechos em tangente, a compactação deve evoluir partindo das bordas para o eixo e, nas curvas, partindo da borda interna para a borda externa. Em cada passada, o equipamento utilizado deve recobrir ao menos a metade da faixa anteriormente comprimida;

f) durante a compactação, se necessário, pode ser promovido o umedecimento da camada para correção da umidade;

g) as manobras do equipamento de compactação que impliquem variações direcionais prejudiciais à qualidade dos serviços devem ocorrer fora da área de compactação;

h) o grau de compactação mínimo exigido para a camada acabada deve ser de 100% em relação à massa específica aparente seca máxima obtida em laboratório, na energia especificada. O número de passadas do compactador deve ser definido em função dos trechos

experimentais executados;

i) em lugares inacessíveis aos equipamentos de compressão, ou onde seu emprego não for recomendável, a compactação requerida deve ser feita por meio de compactadores portáteis manuais ou mecânicos.

2.4.4.7 Controle tecnológico da camada executada

Após a execução das camadas, observar:

a) o teor de umidade na pista, por método expedito normalizado, a cada 700 m² de camada, imediatamente antes do início das operações de compactação;

b) a massa específica aparente seca in situ, de acordo com a ABNT NBR 7185, imediatamente após a conclusão das operações de compactação, espaçadas no máximo a cada 50 m de pista, alternando borda direita, eixo, borda esquerda, ou a cada 400 m² de camada, com no mínimo três determinações.

2.4.4.8 Controle de espessura e de acabamento

Atendidas as condições geométricas de projeto, devem ser controlados:

a) a espessura: logo após a execução da camada, devem ser feitas locação e nivelamento do eixo e das bordas, a cada 20 m, envolvendo no mínimo cinco pontos da seção transversal;

b) o acabamento da superfície: ondulações, escamações, segregações superficiais e outros aspectos devem ser avaliados visualmente.

2.4.4.9 Recomendações de ordem geral

Não é recomendável que a camada de reforço do subleito, sub-base ou base de agregado reciclado seja submetida à ação direta do tráfego. Em caráter excepcional, pode ser autorizada a liberação ao tráfego, por curto espaço de tempo, desde que tal fato não altere as características especificadas para o serviço.

Quando for prevista a imprimação impermeabilizante da camada de agregado reciclado, recomenda-se sua execução logo após a conclusão da compactação. Recomenda-se ainda que, antes da aplicação da pintura betuminosa, a superfície esteja adequadamente limpa e isenta de materiais soltos.

2.4.5. ABNT NBR 15116: 2004 - Agregados reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.

Regulamentam os requisitos dos Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil para utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural.

A presente norma tem como objetivo estabelecer os requisitos para o emprego de agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil destinados

- a. Obras de pavimentação viária: em camadas de reforço de subleito, sub-base e base de pavimentação ou revestimento primário de vias não pavimentadas;
- b. Preparo de concreto sem função estrutural.

2.4.6 Requisitos para agregado reciclado destinado a pavimentação

O agregado reciclado pode ser utilizado em pavimentação, desde que proveniente de material classe A e atenda aos requisitos o quadro 1.

Quadro 1: Requisitos gerais para agregado reciclado destinado a pavimentação

Propriedades	Agregado reciclado classe A		Normas de ensaios	
	Graúdo	Miúdo	Agregado graúdo	Agregado miúdo
Composição granulométrica	Não uniforme e bem graduado com coeficiente de uniformidade $C_u > 10$		ABNT NBR 7181	
Dimensão máxima característica	≤ 63 mm		ABNT NBR NM 248	
Índice de forma	≤ 3	-	ABNT NBR 7809	-
Teor de material passante na peneira de 0,42mm	Entre 10% e 40%		ABNT NBR 7181	
Contaminantes – teores máximos em relação à massa do agregado reciclado (%)	Materiais não minerais de mesmas características ¹	2	Anexo A	Anexo B
	Materiais não minerais de características distintas ¹	3	Anexo A	Anexo B
	Sulfatos	2	ABNT NBR 9917	

1) Para os efeitos desta Norma, são exemplos de materiais não minerais: madeira, plástico, betume, materiais carbonizados, vidros e vidrados cerâmicos.

Fonte: NBR 15116: 2004

2.4.7 Requisitos específicos

O agregado reciclado deve ser classificado quanto ao tipo de emprego na execução de camadas de pavimentos, segundo parâmetros de capacidade de suporte e expansibilidade, conforme Quadro 2, medidos pela metodologia de ensaios prevista na ABNT NBR 9895. Os materiais que não atenderem aos requisitos do Quadro 2 podem ser estabilizados granulometricamente ou pela adição de cimento Portland ou cal hidratada, conforme ABNT NBR 15115: 2004

Quadro 2: Requisitos específicos para agregado reciclado destinado a pavimentação

Aplicação	ISC (CBR) %	Expansibilidade %	Energia de compactação
Material para execução de reforço de subleito	≥ 12	$\leq 1,0$	Normal
Material para execução de revestimento primário e sub-base	≥ 20	$\leq 1,0$	Intermediária
Material para execução de base de pavimento ¹⁾	≥ 60	$\leq 0,5$	Intermediária ou modificada

¹⁾ Permitido o uso como material de base somente para vias de tráfego com N 106 repetições do eixo padrão de 8,2 tf (80 kN) no período de projeto.

Fonte: NBR 15116: 2004

Os materiais que não atenderem aos requisitos da tabela 2 podem ser estabilizados granulometricamente ou pela adição de cimento Portland ou cal hidratada, conforme ABNT NBR 15115.

2.5 RECICLAGEM E APLICAÇÃO EM PAVIMENTOS APLICADOS NOS MUNICÍPIOS

Segundo a FIESP (2009 apud CARNEIRO, 2010) a construção civil foi o setor responsável por aproximadamente 7,8 milhões de postos de trabalho no ano de 2008, representando 8,3% no total de ocupados do país, número este que demonstra a representatividade dessa cadeia produtiva, cuja taxa de crescimento, naquele ano, foi maior que a taxa do Produto Interno Bruto - PIB - do país. Cerca de 40% da energia consumida no mundo é demandada pela indústria da construção civil que, em 2005, utilizou cerca de 331 milhões de toneladas de agregados (areia, brita, etc.), dos quais 135 milhões de toneladas correspondem a pedras britadas e 196 milhões de toneladas à areia.

Segundo a NBR-7207/82 da ABNT tem-se a seguinte definição:

O pavimento é uma estrutura construída após terraplenagem e destinada, econômica e

simultaneamente, em seu conjunto, a:

- a) Resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego;
- b) Melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança;
- c) Resistir aos esforços horizontais que nela atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento.

O problema da definição da constituição e espessura das camadas que constituem os pavimentos é estabelecido no dimensionamento do mesmo. Dimensionar um pavimento significa determinar as espessuras das camadas que o constituem de forma que estas camadas (reforço do subleito, sub-base, base e revestimento) resistam e transmitam ao subleito as tensões impostas pelo tráfego, sem levar o pavimento à ruptura ou a deformações e a desgastes excessivos (MARQUES, 2012; CORREIA, 2014).

O dimensionamento depende do tráfego que irá solicitar o pavimento, assim como das características do material do subleito e dos materiais disponíveis para compor cada camada do pavimento.

De acordo com as informações da Prefeitura Municipal de São Paulo (2012), desde 2010, tem pavimentado vias da cidade com o material de resíduos de demolição para preparar a base e a sub-base do solo para receber o asfalto. A Avenida Sapopemba teve a pavimentação feita com o material reciclado da demolição do antigo Edifício Moinho (Figura 8). Em 2011, a Prefeitura realizou a pavimentação ecológica de várias ruas e avenidas da cidade. A primeira etapa está praticamente concluída e recuperou 25 vias, um total de 7,4 quilômetros



Figura 8: Pavimentação Avenida Sapopemba/São Paulo
Fonte: Prefeitura Municipal de São Paulo

Em 2010, ano em que o projeto foi iniciado, 19 vias foram recuperadas com esta técnica, totalizando 5,4 quilômetros. A previsão é que a iniciativa gere uma economia de até 30% para a Administração Pública.

2.5.1 Município de Guarulhos

Reportagem apresentada ao Globo Ecologia, da Rede Globo de São Paulo¹ informou que o questionamento do que fazer com o material que sobra depois de uma reforma residencial, levou os moradores da região de Guarulhos, a buscar uma alternativa sustentável para o problema ambiental. Em 2013, foi construído o plano de gestão do lixo e o plano diretor de resíduos sólidos do município, com a participação de vários segmentos da sociedade, e teve como ponto de partida elaborar um diagnóstico sobre o entulho gerado.

De acordo com o responsável da urbanização em resíduos sólidos do município de Guarulhos, no que se refere ao lixo de construção civil, a cidade estava naquele ano, com uma geração de 1.800 a 2.000 toneladas/dia. Devido a cidade estar localizada em uma das regiões de maior desenvolvimento imobiliário no setor metropolitano de São Paulo há uma grande geração de resíduos, sendo necessário a elaboração de um bom plano para os resíduos oriundos de construção civil.

Segundo o Sindicato da Construção Civil, o entulho das obras constitui a maior parte dos resíduos sólidos urbanos e para reduzir esse impacto ambiental foram criados pontos de entrega voluntário, onde o material é colocado em caçambas diferenciadas, e parte dele, é reaproveitado em outras obras (Figura 9)



Figura 9: Pontos de recolha resíduos sólidos construção civil em Guarulhos
Fonte: Globo Ecologia (2012)

¹ Disponível em <http://redeglobo.globo.com/globoecologia/noticia/2012/08/coleta-e-reciclagem-de-entulhos-um-investimento-para-construcao-civil.html> Acessa em setembro/2016

O número de reposições regulares na cidade diminuiu consideravelmente. Os pontos de entrega Voluntária – (PEV), acontecem em endereços indicados. O apoio da população foi fundamental para que o plano de gestão funcionasse adequadamente.

Depois de processado, o material obtido é usado para a fabricação de blocos de concreto e brita para pavimentação de ruas. O bairro Jardim Nova Ponte Alta, em Guarulhos é um exemplo da sustentabilidade aplicada à construção civil. As vias, calçadas e obras de drenagem estão sendo executadas com itens reciclados.

Em termos de pavimentação, a redução de custo esperado está na ordem de 30%, em relação ao uso dos materiais convencionais.

2.5.2 Campus da Universidade de São Paulo - Leste

Abdou e Bernucci (2007) elaboraram uma pesquisa com objetivo de analisar a utilização de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil em camadas de pavimentos em vias de baixo volume de tráfego, particularmente no sistema viário do novo campus da USP na zona leste de São Paulo (USP-Leste). As amostras coletadas para o estudo são provenientes da usina recicladora da Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP) e do canteiro de obras da USP-Leste.

Os autores apresentaram o resultado do agregado de resíduos sólidos da construção civil, que foram processados na Usina da Prefeitura Municipal de São Paulo (Figura 10) e o material de agregado da Usina da USP – SP.



Figura 10: Usina da Prefeitura Municipal de São Paulo
Fonte: Abdou e Bernucci (2007)

Os autores explicaram que os dados obtidos das dimensões do material da PMSP apontaram que as quatro frações granulométricas analisadas indicaram forma cúbica. Por outro lado, o material da USP-Leste apresentou a forma cúbica em 64% dos grãos, e a forma lamelar em 34%. A NBR 15115: 2004 recomenda que o agregado reciclado deva ter até 30% de grãos lamelares.

Na Figura 11 tem-se a seção de pavimento projetada para as vias da USP-Leste.

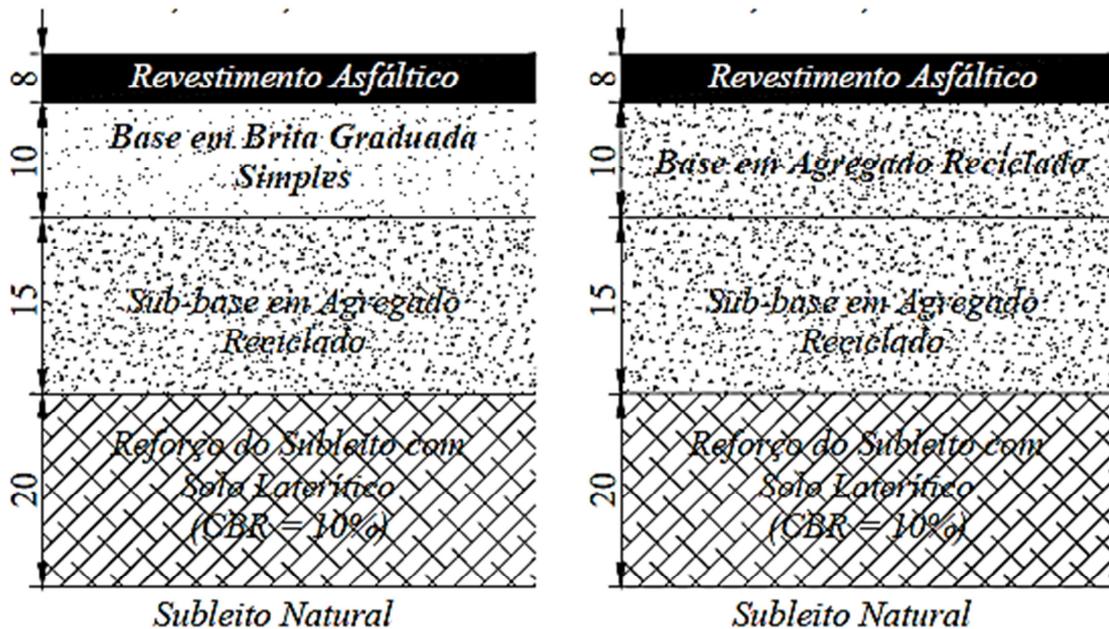


Figura 11: Seções projetadas do sistema viário da USP-Leste
Fonte: Abdou e Bernucci- 2007

Acrescentam os autores que, pelo fato do Brasil ser um país onde aproximadamente 90% de todo o sistema viário ainda não ser pavimentado, a alternativa de utilização do agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil em pavimentação se torna muito interessante.

Além disso, o uso do agregado reciclado em pavimentação deve ser incentivado, pois seu preço é inferior ao de materiais convencionais (em São Paulo é cerca de 30% mais barato que a brita graduada simples), além de dar uma destinação adequada para o grande volume de resíduo de construção e demolição gerado, reduzindo problemas ambientais presentes e futuros (ABDOU e BERNUCCI, 2007)

2.5.3 Goiânia

Silva et al. (2010) afirma que por ser um serviço muito oneroso, ainda é comum encontrar entulhos pelas ruas da cidade, mostrando claramente a dificuldade que há na gestão desses resíduos. A compreensão do processo que leva à geração do resíduo fornece informações imprescindíveis à concepção de uma estratégia de reciclagem com viabilidade no mercado. De acordo com os autores, como a cidade de Goiânia ainda não possuía um local apropriado, ou aterro específico para entulhos produzidos por pequenas ou grandes edificações, as empresas transportadoras de entulho acabam sem alternativa e deposita o lixo em lotes baldios, mananciais, municípios vizinhos ou em aterros provisórios construídos pelas próprias transportadoras. A figura 12 apresenta o momento da recolha do RCC das ruas de Goiânia.



Figura 12: Recolha resíduos sólidos descartado irregular na cidade de Goiânia
Fonte: Silva (2010)

A Figura 13 informa o descarte em locais irregulares, como terreno baldio, por parte de empresas que possuem caçambas de recolha de RCC.



Figura 13: Descarte irregular de resíduos
Fonte: Silva (2010)

Após várias discussões entre os órgãos públicos (Ministério Público e Prefeitura), geradoras de entulhos e empresas transportadoras, tramitou na Câmara Municipal de Goiânia o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil que após aprovado possibilitará a construção de um aterro próprio para estes resíduos.

Desta forma os resíduos terão um destino adequado e mais acessível, gerando empregos e renda para várias famílias, contribuindo para o desenvolvimento social de nosso município. Em Goiânia, a área que será destinada à implantação de usina de reciclagem de resíduos da construção civil, adquirida há dois anos, permanece intocada. A utilização do terreno para finalidade de tratamento ambiental dos entulhos ainda aguarda aprovação do Plano de Recuperação da Área Degradada (PRAD) pela Câmara Municipal de Goiânia. O terreno possui 3,5 alqueires de área e está localizado ao lado do aterro sanitário de Goiânia, na margem da Rodovia dos Romeiros, saída para o município de Trindade-GO. A escolha do espaço obedeceu ao critério de facilidade para obter licença ambiental, por ser vizinho ao aterro. A área onde vai funcionar a futura usina de reciclagem de resíduos da construção civil foi adquirida há dois anos pela cooperativa e escriturada em nome da prefeitura em regime de comodato (Figura 14).



Figura 14: Expansão do Aterro sanitário de Goiânia
Fonte: Silva (2010)

Para os resíduos sólidos de construção civil, informam os autores que as pesquisas desenvolvidas por Furnas Centrais Elétricas S/A em parceria com a Prefeitura Municipal de Goiânia demonstraram a viabilidade técnica da utilização do agregado reciclado na construção de bases e sub-bases de pavimentos urbanos, tendo sido executada uma pista experimental.

Silva et al. (2010), observaram que, para a obtenção de um material que apresente boa trabalhabilidade e permita a realização de ensaios de laboratório para controle, é fundamental a composição das misturas nas faixas granulométricas, não importando a composição do entulho (Figura 15).



Figura 15: Base executada com agregado
Fonte: Silva (2010)

Na construção de bases e sub-bases de pavimentação foi verificado que os agregados reciclados provenientes de resíduos sólidos da construção e demolição, ou simplesmente entulho, são um excelente material e observou-se a viabilidade técnica da utilização do agregado reciclado na construção de obras de pavimentação urbana, visto que apresentaram baixos valores de expansão. O entulho britado foi separado com as seguintes denominações e registros: areia artificial (material com diâmetro máximo de 4,8 mm), Brita 0 (material com diâmetro máximo igual a 9,5 mm) e brita 1 (material com diâmetro máximo igual a 19,0 mm) (Figura 16)



Figura 16: Pista experimental em 2009
Fonte: Silva (2010)

Concluíram os autores que a utilização do entulho após seu beneficiamento para substituir os materiais tradicionalmente utilizados na construção civil é uma alternativa já que estes materiais se encontram escassos junto aos grandes centros urbanos. A redução da poluição e consequente diminuição de impactos ambientais como enchentes e assoreamento de córregos e rios resolvem o problema de locação de áreas para a disposição desses resíduos com o seu aproveitamento.

CONCLUSÃO

Ao término do presente estudo conclui-se que a reciclagem de resíduos sólidos de construção civil apresenta grande importância a fim de garantir sustentabilidade e economia

Os dados sobre os resíduos sólidos urbanos demonstraram resultados alarmante quando à grande quantidade de elementos vindos de restos de construção civil ou demolição e acarretam problemas ambientais diversos, como de saúde pública, uma vez que, no momento em que são descartados ao longo de vias, rios e córregos, levando aos gestores dos municípios a responsabilidade em disponibilizarem recursos humanos e materiais para a coleta dos resíduos espalhados por ruas e estradas municipais.

As coletas dos resíduos sólidos de construção civil e reciclagem desses produtos já estão normatizadas no Brasil por meio de resoluções como o Conama e da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Sendo possível conhecer e atender todas as especificações nas várias etapas do processo de gestão dos resíduos.

Com os casos apresentados da reciclagem e aplicação em pavimentos pode-se perceber que, é viável a utilização dos resíduos para a pavimentação, tanto para as vias, calçadas e obras de drenagem, como o caso do Município de Guarulhos que apresentou uma redução de 30% da utilização desse material; e como o caso do Campus da USP, com a usinagem apresentando resultados considerados viáveis para a utilização de pavimentação, alegando. Na cidade de Goiânia, tanto na construção das bases como sub-base de pavimentação apresentaram resultados significativos.

As desvantagens ocorrem devido ao fato de não haver usinas de reciclagem em todos os municípios o que inviabiliza a utilização desse material em estradas de rodagem intermunicipais, visto que o transporte dos materiais até o local da obra pode aumentar os custos do produto, desestimulando a aplicação dos materiais reciclados.

As vantagens da utilização, desta forma, mostrou-se presente no que se refere á preservação do meio ambiente, tanto na questão dos materiais naturais, não renováveis, sendo poupado, quanto na reciclagem de um material que, quando não descartado ou reciclado, provoca males à população.

É indispensável que os responsáveis pela engenharia civil, ainda dentro das universidades, façam estudos para que se analisem novas utilizações dos resíduos das construções e demolições, como também, os que já atuam na área das construções, e assim, colocarem em prática as diretrizes normativas para a utilização dos resíduos sólidos de

construção e demolição em outros materiais reciclados, de forma a criar uma nova consciência de sustentabilidade.

O que pode concluir também é que o poder público, na figura das prefeituras, deve investir nas usinas de reciclagem e assim a economia para as benfeitorias municipais passam a ser muito mais atrativas, levando ao ciclo de coleta, reciclagem e utilização para os moradores da cidade e assim, o meio ambiente é o mais beneficiado.

Desta forma, o objetivo principal deste estudo, que era o de avaliar a problemática dos resíduos gerados pela construção civil e sua reutilização como agregados a serem empregados em pavimentos, apresentando vantagens e desvantagens na sua aplicação, teve resultado positivo.

Para novos estudos sugere-se que se faça um estudo de caso, buscando informações sobre a utilização dos resíduos de construção civil e demolição reciclada em pavimentos de ruas e estradas nos municípios do interior de São Paulo, como por exemplo, Descalvado.

REFERÊNCIAS

ABDOU, M. R.; BERNUCCI, L. L. B. **Pavimento ecológico: uma opção para a pavimentação de vias das grandes cidades**. Sinal de trânsito. São Paulo, 2007. Disponível em < http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/pavimento_ecologico.pdf >

ABNT NBR 15114 – **Agregados reciclados de resíduos sólidos da Construção Civil – Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos**. 1ª Edição. 03.06.2004.

ABNT NBR 15114 – **Agregados reciclados de resíduos sólidos da Construção Civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos**. 1ª Edição. 31.08.2004..

ABNT NBR 15114 – **Resíduos Sólidos da Construção Civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projetos, implantação e operação**. 1ª Edição. 03.06.2004.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2014. Disponível em <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>

AMADEI, D.I.B.; PEREIRA, J.A.; SOUZA, R.A.; MENEGUETTI. **A questão dos resíduos de construção civil: um breve estado da arte**. Revista NUPEM, Campo Mourão, v.3, n.5, ago./dez.2011. Disponível em <http://www.fecilcam.br/revista/index.php/nupem/article/viewFile/72/41>

ANGULO, S.C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. São Paulo, 2000. 155p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo

ANGULO, S.C.; ZORDAN, S.E.; JOHN, V.M. **Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem de Resíduos na Construção Civil**. Departamento de Reciclagem da Escola

Politécnica – Construção Civil. 2015. Disponível em http://www.metallica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=1031

ARAGÃO, G.A. **Análise estrutural de lajes pré-moldadas produzidas com concreto reciclado de construção e demolição**. Dissertação– Programa de Pós-graduação em Engenharia civil. Universidade Federal de Alagoas. 2007. Disponível http://www.ctec.ufal.br/posgraduacao/ppgec/dissertacoes_arquivos/Dissertacoes/Helio%20Guimaraes%20Aragao.pdf

AZEVEDO, G.O.D.; KIPERSTOK, A.; MORAES, L.R.S. **Resíduos da construção civil em Salvador: os caminhos para uma gestão sustentável**. Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol.11 - nº 1 - jan/mar 2006. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/esa/v11n1/29139.pdf>

BAGATINI, F. **Resíduos de construção civil: aproveitamento como base e sub-base na pavimentação de vias urbanas**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Porto Alegre, 2011. Disponível em <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/39135/000825270.pdf?sequence=1>

BERNUCCI, L.B.; MOTTA, L.M.G.; CERATTI, J.A.P.; SOARES, J.B. **Pavimentação asfáltica, formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro 3ª Ed.: PETROBRAS: ABEDA. 2010. Disponível em <http://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2011/08/Pavimenta%C3%A7%C3%A3o-Asf%C3%A1ltica-cap7.pdf>

BRASILEIRO, L.L.; MATOS, J.M.E. **Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil**. Cerâmica vol.61 nº. 358 São Paulo Apr./June 2015. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/ce/v61n358/0366-6913-ce-61-358-00178.pdf>

CARNEIRO, P. B. **Sustentabilidade no canteiro de obras**. 2010. Disponível em: http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg6/anais/T10_0238_1112.pdf

CAVALCANTE, C. F. FERREIRA, O.M. **Mapeamento dos pontos de disposição de resíduos da construção civil de demolição em Goiânia.** Universidade Católica de Goiás – Departamento de Engenharia. 2007. Disponível em <http://www.ucg.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/MAPEAMENTO%20DOS%20PONTOS%20DE%20DISPOSI%C3%87%C3%83O%20DE%20RES%20C3%8DDUOS%20DA%20CONSTRU%E2%80%A6.pdf>

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução Conama nº 307.** 2002 Disponível em:< www.mma.conama.gov.br/conama>

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução Nº 431,** de 24 de maio de 2011. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=649>

CORREIA, R.S. **Estudo de viabilidade economia para o uso de resíduos de construção e demolição em camadas de base e su-base de pavimentos.** Universidade federal do Rio de Janeiro. Engenharia Civil da Escola Politécnica. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10009433.pdf>

DIAS, J. F. **Avaliação de resíduos da fabricação de telhas cerâmicas para seu emprego em camadas de pavimento de baixo custo.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Tese doutor em Engenharia Civil. São Paulo, 2004. Disponível em <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-16122004-130717/en.php>

DIAS, J.F.; DORNELAS, R.C. **A construção e o Desenvolvimento Sustentável.** Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia. Em extensão, Uberlândia, v. 6, 2007. Disponível em <http://www.seer.ufu.br/index.php/revextensao/article/download/20354/10833>.

FEIJÃO NETO. F.G. **Deposições irregulares de resíduos da construção civil na cidade de Parnaíba - PI.** Universidade Estadual Paulista. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Campus de Rio Claro. 2010. Disponível em

http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/95673/feijaoneto_fg_me_rcla.pdf?sequenc e=1

FERNANDES, G. et al. **Utilização de resíduos de construção civil e demolição em pavimentos rodoviários**. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Departamento de Engenharia Civil. Coimbra, Portugal.. 2013. Disponível em http://www.crp.pt/docs/A45S130-67_Art_T4_7CRP_2013.pdf

Gestão de Resíduos na Construção Civil: Redução, Reutilização e Reciclagem. Revista Sinduscon, São Paulo. SENAI. SEBRAE. GTZ, 2000. Disponível em http://www.sindusconsp.com.br/downloads/prodserv/publicacoes/manual_residuos_solidos.pdf

GOMES, P.C.C.; ALENCAR, T.F.F.; SILVA, N.V.; MORAES, K.A.M.; ANGULO, S.C. A. **Obtenção de concreto leve utilizando agregados reciclados**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 15, n. 3, p. 31-46, jul./set. 2015. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/ac/v15n3/1678-8621-ac-15-03-00031.pdf>

GOULART, S. Sustentabilidade no Edifício e no Espaço Urbano. Laboratório de Eficiência Energética em edificações, UFSC. Apostila 2007. Disponível em http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV5161_Sustentabilidade_apostila_0_0.pdf

JACOBI, P.R.; BESEN, G. R. **Gestão de Resíduos Sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade**. Estudos Avançados, 25 (71), 2011.

JOHN, V.M.; AGOPYAN, V. **Reciclagem de resíduos da construção**. Seminário reciclagem de resíduos sólidos domiciliares. 2000. Disponível em http://sinop.unemat.br/site_antigo/prof/foto_p_downloads/fot_12596yeciclagem_de_besiduos_da_constbucao_-_8_pdf_Reciclagem_de_residuos_da_construcao_-_8.pdf

JUNIOR, N. B. C. **Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para Construção Civil**. SINDUSCON-MG, 2005. 38p. CDU: 628.544:624 Construção Civil – Resíduos Sólidos.

LEITE, V. F. **Certificação Ambiental na Construção Civil – sistemas leed e aqua.** Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil da UFMG, 2011.

MACHADO, A.C.B. **Reciclagem de Resíduos Sólidos da Construção Civil.** Portal Resíduos Sólidos. 03/01/2014. Disponível em <http://www.portalresiduossolidos.com/reciclagem-de-residuos-solidos-da-construcao-civil/>

MÁLIA, M.; BRITO, J.; BRAVO, M. **Indicadores de Resíduos da Construção e Demolição para construção de residências novas.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 117-130, jul./set. 2011. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/ac/v11n3/a09v11n3.pdf>

MARQUES, G.L.O. **Notas de aula da disciplina. Pavimentação TRN 032.** Universidade Federal de Juiz de Fora Faculdade de Engenharia – Departamento de Transportes e Geotecnia. 2012. Disponível em <http://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2012/03/Notas-de-Aula-Prof.-Geraldo.pdf>

MESQUITA, A. S. G. **Análise da Geração de Resíduos Sólidos da Construção Civil em Teresina, Piauí.** Holos, ano 28, vol. 2, 2012.

MORAIS, G. M. D. **Diagnóstico da Deposição Clandestina de Resíduos de Construção e Demolição em Bairros Periféricos de Uberlândia: subsídios para uma gestão sustentável.** Uberlândia. Dissertação Mestrado em Engenharia Civil – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Uberlândia, 2006. Disponível http://www.webposgrad.propp.ufu.br/ppg/producao_anexos/009_Greiceana%20Marques%20Dias%20de%20Morais.pdf

PAIVA, O.A. **A reciclagem na construção civil: como economia de custos.** Trabalho Conclusão Curso apresentado ao Centro Universitário de Franca - UNIFACEF. 2011. disponível em <http://periodicos.unifacef.com.br/index.php/rea/article/viewFile/185/37>

PINHEIRO, P.T.; FRANCISCHETTO, G.P.P. **A política nacional de resíduos sólidos como mecanismo de fortalecimento das associações de catadores de materiais recicláveis.** Derecho y Cambio Social 01/02/2016. Disponível em http://www.derechoycambiosocial.com/revista043/A_POLITICA_NACIONAL_DE_RESIDUOS_SOLIDOS.pdf

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **Prefeito acompanha pavimentação ecológica com entulho proveniente do Edifício Moinho.** 04/01/2012. Disponível em <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/comunicacao/releases/?p=141825>

QUEIROZ, B. O. e MELO, R. A. **Redução de impactos ambientais causados por resíduos sólidos oriundos da construção civil pelo uso em pavimentação.** Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. I Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. 21 a 24 novembro de 2010. Disponível em <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2010/III-008.pdf>

SANTANA, V.M.; PAES, F.P.; SANTA, D.S.; CERQUEIRA, M.B.S.; SILVA, F.G.S.; ARAGÃO, H.G.. **Utilização de concreto reciclado na aplicação de elementos estruturais.** Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) / Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CETEC). 2011. Disponível em http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2011/anais/arquivos/0246_0254_01.pdf

ROCHA NETO, H.S. **Avaliação dos índices de desperdícios de materiais: estudo de caso em uma obra de edificação na cidade de Feira de Santana - BA.** Universidade Estadual de Feira de Santana. Departamento de Tecnologia. Curso de Engenharia Civil. 2010. Disponível em <http://civil.uefs.br/DOCUMENTOS/HUMBERTO%20SOARES%20DA%20ROCHA%20NETO.pdf>

SANTOS, G R C M.; MOLINA, N. L. DIAS, V. F. **Orientações e dicas práticas para trabalhos acadêmicos** – Curitiba. Ed. Ibpex, 2007.

SÃO PAULO - Secretaria do Meio Ambiente. **Resíduos da Construção Civil e o Estado de São Paulo.** 2012. Disponível em http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/files/2012/09/residuos_construcao_civil_sp.pdf

SEGATO, I.G. **Caracterização da geração, destinação final e do gerenciamento dos resíduos da construção civil no município de Palmas -TO**. Universidade do Tocantins (Unitins). 2009. Disponível em http://www.catolica-to.edu.br/portal/portal/downloads/docs_gestaoambiental/projetos2009-2/4-periodo/Caracterizacao_da_geracao_destinacao_final_do_gerenciamento_dos_residuos_da_construcao_civil_no_municipio_de_palmas-to.pdf.

SILVA, C.A.R. **Estudo do agregado reciclado de construção civil em misturas betuminosas para vias urbanas**. Universidade Federal de Ouro Preto. Graduação em Engenharia Civil. 2009. Disponível em <http://www.der.mg.gov.br/images/TrabalhosAcademicos/cesar%20augusto%20rodrigues%20silva%20dissertacao%20de%20mestrado.pdf>

SILVA, O.H. et al. **Etapas do gerenciamento de resíduos da construção civil**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. Maringá. Santa Maria, v. 19, 2015, p. 39 - 48. Disponível em <http://periodicos.ufsm.br/reget/article/download/20558/pdf>.

SILVA, V. A.; FERNANDES, A. L. T. **Cenário do Gerenciamento dos Resíduos da Construção e Demolição em Uberaba – MG**. Revista Soc. & Nat., Uberlândia, ano 24, n.2, p. 333-344, maio / ago, 2012.

SILVA, W.M.; SOUZA, L.O.; SILVA, A.M. **Utilização de resíduos da construção civil na cidade de Goiânia - GO**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, N.10, 2010. Disponível em <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010b/utilizacao.pdf>

SOUSA, A.C.A.P.; OLIVEIRA, F.H.L.; AMORIM, J.S.C.M.; AMORIM, R.R.C. **A utilização de agregado reciclado da construção civil na pavimentação rodoviária**. 44ª Reunião anual de pavimentação. 18º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária; 4ª Expo-pavimentação. 18 a 21 de agosto de 2015. Disponível em http://www.sinicesp.com.br/44rapv/trabalhos/TrabalhoFinal_170.pdf

SOUZA, L.M.; ASSIS, C.D.; SOUTO, S.B.G. **Agregado reciclado: um novo material da construção civil.** Curso de Engenharia Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos, Tocantins. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental - REGET - V. 18 n. 1 Abr. 2014, p.273-278. Disponível em <http://periodicos.ufsm.br/reget/article/download/11297/pdf>.

TESSARO, A.B.; SÁ, J.S.; SCREMIN, L.A. Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 121-130, abr./jun. 2012. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/ac/v12n2/08.pdf>

TOVIANSKY, D. **6 empreendedores que sabem tirar riqueza do lixo.** Revista Exame *online*. 17/04/2014. Disponível em <http://exame.abril.com.br/revista-exame-pme/edicoes/72/noticias/a-riqueza-que-vem-do-lixo>

WOLSKI, J.E.M.; IONNGBLOOD, M.V. **Reciclagem de resíduos da construção civil.** Centro de ensino superior dos campos gerais - CEASCAGE. 2ª edição vol. II. jul-Dez. 2010. Disponível em <http://www.faculdadespontagrossa.com.br/revistas/index.php/technoeng/article/download/49/49>.