



FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS - FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ
ENGENHARIA CIVIL

JÉSSICA NAZARETH DOS SANTOS

UTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO NA
PAVIMENTAÇÃO

UBÁ/MG
2015

JÉSSICA NAZARETH DOS SANTOS

**UTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO NA
PAVIMENTAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Ms Israel Iasbik

UBÁ/MG

2015

UTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO NA PAVIMENTAÇÃO

Resumo

A grande quantidade de Resíduos da Construção e Demolição (RCD) gerada nas cidades de médio e grande porte é considerada problema para o meio, gerando preocupação nos aspectos ambientais, econômicos e sociais. O trabalho objetiva demonstrar uma opção para reduzir o acúmulo desses resíduos por meio da sua reciclagem e reutilizá-los na pavimentação, mostrando a viabilidade técnica e econômica dos resíduos da construção e demolição em comparação com os materiais de uso convencional. Dessa forma, a partir do levantamento bibliográfico, foi possível constatar algumas pesquisas sobre obras de pavimentações realizadas com os agregados reciclados e fazer um comparativo econômico do uso de materiais convencionais com os de agregados procedentes de RCD. E desse modo, observar que a utilização dos resíduos da construção e demolição em camadas de pavimentos obtém resultados satisfatórios economicamente, socialmente e ecologicamente.

Palavras-chave: Pavimentação. Agregados Reciclados. Construção Civil.

WASTE OF HOUSEHOLDS USING THE CONSTRUCTION AND DEMOLITION IN PAVING

Abstract

A large quantity of waste construction and demolition (RCD) generated in medium and large cities are considered problems for middle, generating interest in environmental, economic and social. The work aims to demonstrate an alternative paragraph collect the accumulation these wastes, through materials recycling and reusing the paving of this, showing a technical feasibility and economic waste of construction and demolition compared to the conventional use materials. So, from the bibliographical survey it was possible to observe some paving works performed with os recycled aggregates and make comparative a economic using conventional aggregates used in paving, with coming from RCD aggregates. And so, note that the use of construction waste and demolition flooring layers get satisfactory results economically, socially and ecologically. The conclusion is thus that the use of construction waste and demolition flooring layers get satisfactory results economically, socially and ecologically.

Keywords: Paving. Recycled Aggregates. Civil Construction.

1 INTRODUÇÃO

O mundo atravessa graves problemas de ordem ecológica devido ao desmatamento, queimadas de florestas, emissão excessiva de gases poluentes, poluição de águas superficiais e subterrâneas e aos problemas urbanos causados pelos lixos domésticos, industriais, hospitalares e os provenientes de obras civis: entulhos gerados pelas novas construções, reformas e demolições, entre muitos outros resíduos (AMORIN, 1999).

A indústria da construção civil ocupa posição de destaque na economia nacional, porém apresenta-se como o setor que mais gera resíduos sólidos no Brasil. Parece inacreditável, mas o brasileiro produz, em média, meia tonelada de resíduos de construção civil ao ano. De acordo com a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção Civil e Demolição (ABRECON), o Brasil joga fora oito bilhões de reais ao ano porque não recicla seus produtos. Para se ter uma ideia, os números, segundo estudos da ABRECON, indicam que 60% do lixo sólido das cidades vêm da construção civil e 70% desse total poderia ser reutilizado.

O incremento populacional, a industrialização e o desenvolvimento alimentam o crescimento econômico que, pelas reduções de prazos e custos, produz um crescimento acelerado, que origina todo o tipo de resíduo, em maior quantidade nas regiões metropolitanas, levando à degradação natural e à desagregação social.

Os resíduos da construção civil sejam eles provenientes de novos projetos, de adequações (reformas) ou de demolições, são popularmente conhecidos como entulho. Segundo a ABRECON, entulho pode ser considerado todo o conjunto de fragmentos ou restos de tijolo, concreto, argamassa, aço, madeira, entre outros provenientes do desperdício na construção, reforma e/ou demolição de estruturas, como prédios, residências e pontes.

Estes resíduos de acordo com a ABNT 10004 podem ser classificados em dois tipos, são eles:

- a) resíduos classe I - Perigosos;
- b) resíduos classe II – Não perigosos;
 - resíduos classe II A – Não inertes.
 - resíduos classe II B – Inertes.

O desperdício é destes resíduos são causados por vários fatores: insuficiência de definição em projetos, ausência de qualidade dos materiais de componentes de produção ofertados ao mercado e ausência de procedimentos e mecanismos de controle na execução. Além do desperdício, o entulho também gera sérios impactos ambientais tanto pela poluição que os materiais geram no meio ambiente quanto pela extração na natureza da fonte do material.

A remoção desse material, na maioria das vezes reciclável ou reutilizável, causa o aumento financeiro no preço final da obra, uma vez que o entulho gerado deve ser retirado do seu local de origem (BRASIL, 1998; CONAMA, 2002).

As construtoras, de um modo geral, ainda carregam um pouco de dúvida sobre materiais reciclados na construção civil. É importante mostrar que o produto aproveitado é uma opção barata e segura, por mais que composta de equipamentos de alto custo, a implantação desse método de reciclagem será um investimento, que no futuro terá um retorno econômico e social.

As soluções tecnológicas para a Reciclagem de Resíduos Sólidos da Construção Civil – RSCC variam em função do tipo de resíduo a ser tratado. Os resíduos coletados podem, então, ser processados e transformados em matéria-prima na própria fonte de geração ou em uma usina de reciclagem. Os subprodutos da reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (RCD) é outro item que merece atenção. Blocos de concreto para vedação, cascalhamento para pavimentação de ruas, contrapiso e material para drenagens, contenção de encostas, banco e mesas para praças, guia e tampas para bueiros, tubo para esgotamento e uma série de detalhes fabricados com concreto e pedra virgens são também produzidos com agregado reciclado.

Apesar de os resíduos de construção civil e demolição terem sido considerados, até pouco tempo atrás, basicamente, entulho, eles recentemente, passaram a ser bem vistos pela sociedade como resíduos com alternativas tecnológicas disponíveis de reciclagem. Dessa forma, quando o gerenciamento desses resíduos é executado adequadamente, pode-se realizar o reaproveitamento desse material. Assim, com base na atual legislação ambiental e nas características dos resíduos de construção, existe a necessidade de que as construtoras executem não apenas o planejamento das etapas construtivas, mas também a maneira como os resíduos gerados serão descartados.

Sendo assim, o presente trabalho objetiva demonstrar o emprego dos resíduos de construção civil e demolição em obras de pavimentação, dando ênfase no comparativo entre os materiais convencionais utilizados na atividade.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Resíduos de Construção e Demolição (RCD)

2.1.1 Gerações de Resíduos

Enquanto nos Estados Unidos a construção civil corresponde a aproximadamente 8% do PIB, no Brasil, ela é responsável por cerca de 14% do PIB nacional, representando investimentos anuais acima de R\$ 115 bilhões, além de gerar 13,5 milhões de empregos diretos, indiretos e induzidos. (CARVALHO, 2003).

O setor também é um dos maiores consumidores de matérias-primas naturais. Estima-se que sejam utilizados entre 20% e 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade. A indústria da construção civil também gera impactos no meio ambiente com a produção de resíduos, que se tornou um grande problema nas grandes cidades. O entulho chega a representar 60% dos resíduos sólidos urbanos produzidos. Segundo dados internacionais, o total de geração de resíduos varia de 163 a mais de 300 quilos por habitante/ano (PINTO, 2005).

A indústria da construção apresenta particularidades e dentre suas principais características estão a elevada perda de tempo e materiais e o importante impacto ambiental causado em termos de volume de resíduos gerados e matéria-prima consumida.

Apesar de os resíduos serem fabricados a partir de recursos naturais, muitos são impossíveis de serem degradados pela natureza, pois além das matérias-primas serem submetidas a um alto grau de transformação e processamentos, as quantidades geradas são maiores que a capacidade de assimilação pelo meio ambiente (FIGUEIREDO, 1995).

A grande problemática que engloba os resíduos sólidos é uma das principais questões de gestão a serem resolvidas pelos estados e municípios, pois 68,5% dos resíduos gerados em 4.026 dos 5.507 municípios brasileiros têm como destino final os lixões a céu aberto e alagados (COSTA, 2003).

A classificação dos resíduos sólidos pela CONAMA 307 está relacionada com a atividade que lhes deu origem e com seus constituintes. Dessa forma, os resíduos sólidos são classificados em:

- Classe A: são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento), argamassa e concreto; de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios), produzidas no canteiro de obra;
- Classe B: são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeira e outros;
- Classe C: resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;
- Classe D: produtos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais a saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros materiais prejudiciais à saúde (Resolução CONAMA 307/2002).

No Brasil, de acordo com o Portal dos Resíduos Sólidos, os agregados provenientes do beneficiamento de resíduo pertencentes à Classe A podem ser divididos em dois tipos: os agregados reciclados de concreto (ARC: mínimo de 90%, em massa de fragmentos de concreto) e os agregados reciclados misto (ARM: menos de 90%, em massa de fragmentos de concreto).

2.1.2. Produção dos RCD

Resíduos da construção civil são procedentes de construções, reformas, reparos e demolições de obras (FIG.1) e os resultantes do preparo 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 elétricos, comumente chamados de entulhos de obras, calça ou metralha (CONAMA, 2002).

As principais causas da geração desses resíduos são diversas, mas podem-se destacar:

- A falta de qualidade dos bens e serviços, podendo isso ocasionar perdas de materiais que saem das obras na forma de entulho;
- A urbanização desordenada que faz com que as construções passem por adaptações e modificações gerando mais resíduos;
- O avanço do poder aquisitivo da população e as facilidades econômicas que estimulam o desenvolvimento de novas construções e reformas;
- As estruturas de concreto mal armadas que acarretam a redução de sua vida útil e necessitam de manutenção corretiva, gerando grandes volumes de resíduos;
- Os desastres naturais, como avalanches, terremotos e tsunamis e, além disso, os desastres provocados pelo homem, como guerras e bombardeios (LEITE, 2001).

FIGURA 1 – Obra de demolição



Fonte: AMBILEI.PT¹

¹Disponível em: <<http://www.ambilei.pt/servicos.php>>. Acesso em: 23 out. 2015.

2.1.3 Materiais constituintes dos RCD

De um modo geral, os RCD se constituem por múltiplos tipos de materiais. Assim sendo, o conjunto formado pelos diferentes materiais presentes nesses resíduos acaba por produzir uma combinação extremamente heterogênea, o que dificulta o alcance de um modelo representativo para toda e qualquer combinação dada a eles, independente de onde seja produzido. A seleção das frações de materiais potencialmente reaproveitadas de um determinado RCD está diretamente ligada ao tipo de destinação final que se pretende dar a esses resíduos. Os principais materiais a serem utilizados como agregados recicláveis são constituídos fundamentalmente de materiais como: restos de concretos, argamassas, cerâmicas e rochas.

Diante da heterogeneidade dos materiais constituintes de um RCD, a aplicação desses resíduos tem sofrido alguns preconceitos quando da sua utilização em serviços de engenharia. Portanto, é comum perceber o questionamento sobre a qualidade desses materiais no momento da sua nova utilização. No entanto, dado a importância financeira, os benefícios econômicos gerados pelo aproveitamento dos RCD reduz em até 75% o custo total efetuado por algumas prefeituras do Brasil no que diz respeito aos gastos com a limpeza urbana (CARNEIRO, 2001).

É cabível descrever que os RCD devem passar por um beneficiamento prévio, por meio de uma etapa de britagem, na qual todos os materiais estimados indesejáveis quanto ao seu aproveitamento devem ser removidos por um processo de triagem. Desse modo, a prática comum de uma boa educação ambiental já pode promover uma economia de tempo, se essa triagem fosse implantada nos canteiros de obra, separando materiais como: madeiras, plásticos, gessos, dentre outros julgados prejudiciais para algumas das destinações dadas aos RCD nos serviços de engenharia.

FIGURA 2 – Agregados Reciclados



Fonte: OEXPRESSOREGIONAL.COM²

2.1.4 Potencial de utilização dos RCD

Administrar a grande quantidade de resíduos gerados visando à sua diminuição e a sua correta destinação tem sido o grande desafio para as cidades, principalmente depois de ser divulgada a Resolução N° 307/02 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que exige dos geradores e dos gestores propostas de gestão dos resíduos.

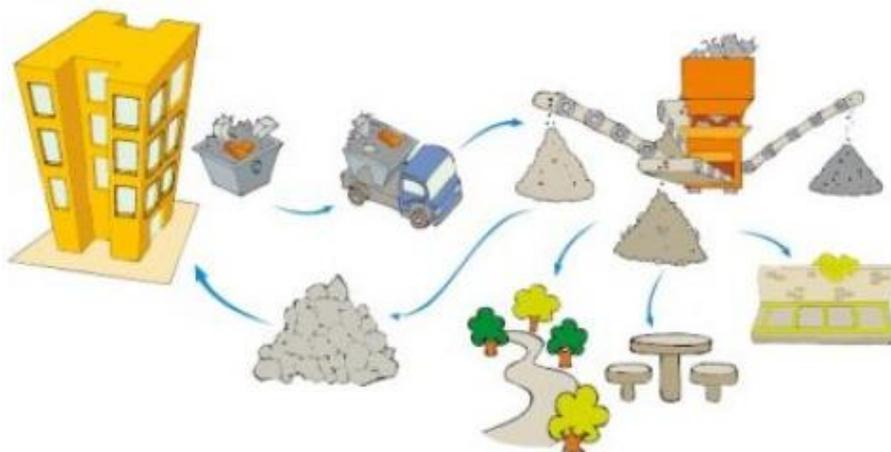
Todas as fases do processo construtivo, tais como a extração da matéria-prima, produção de materiais, construção e demolição, geram RCD que acarretam impactos ambientais. Com tudo isso, a indústria da construção, além dos gestores governamentais e a sociedade como um todo, de imediato, se depara com um grande problema referente aos resíduos produzidos nos canteiros de obras, pois estes, se depositados irregularmente, podem trazer inúmeros malefícios ao meio ambiente e à saúde humana.

²Disponível em: <<http://oexpressoregional.com/residuos-solidos-correta-destinacao-e-reaproveitamento>>. Acesso em: 24 out. 2015.

Diante de toda essa problemática, a geração dos resíduos tornou-se um grande obstáculo a ser ultrapassado pelo setor da construção civil, que se vê em meio ao desafio de harmonizar seus processos de produção com um desenvolvimento consciente. É nesse contexto que a opção da reciclagem e do reaproveitamento se apresenta como solução e a importância de escolher esse caminho ainda é respaldada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) ou Lei 12.305/10, que regulamenta o manejo ambientalmente apropriado dos resíduos sólidos e delibera metas de reutilização, redução e reciclagem. A lei, que visa minimizar o nível de rejeitos para destinação final, demanda a participação de todos os setores da sociedade, e certamente engloba a mudança de postura de empresários do ramo da construção.

A reciclagem de resíduos na construção civil (FIG. 3) e de demolição tem como benefícios a diminuição da extração de recursos naturais, uma vez que colaboram para o melhor aproveitamento de rochas, cascalhos, areia, entre outras matérias-primas. Outro aspecto interessante da reciclagem de resíduos na construção civil é a economia gerada para empresas e prefeituras. Reciclar e reaproveitar o entulho significa uma redução de despesas com material, bem como diminuição dos custos para obtenção e manutenção de aterros específicos para o descarte dos resíduos.

FIGURA 3 – Reciclagem de RCD



Fonte: CLIQUEARQUITETURA.COM.BR³

³Disponível em: <<http://www.cliquearquitetura.com.br/artigo/sustentabilidade-na-construcao-civil.ht>>.

Acesso em 18 nov. 15.

O entulho originado pelas grandes obras se apresenta na forma sólida, com características físicas variáveis, que dependem do seu processo gerador, podendo apresentar-se tanto em dimensões e geometrias já conhecidas dos materiais de construção (como a da areia e a da brita), como em formatos e dimensões irregulares: pedaços de madeira, argamassas, concretos, plástico, metais e outros. O mesmo pode ser reutilizado como agregado reciclado na pavimentação de vias, canalização, contenção de barreiras e encostas e para composição de argamassas e concreto. Além disso, madeiras, azulejos e tijolos usados podem ser reintroduzidos em novas obras, dando uma aparência rústica à obra.

2.2 Pavimentação com agregado reciclado

Na construção civil, são várias as possibilidades de utilização do agregado reciclado. Apesar de determinadas limitações especialmente estruturais, o produto oriundo de RCD reciclado apresenta muitas vantagens (CORCUERA, 1999).

Os materiais reciclados são utilizados na construção de sub-base, base asfáltica, argamassas e concretos utilizados na construção civil, além da confecção de blocos, tubos de concretos e lajotas com idêntica qualidade aos confeccionados com agregados naturais. Os agregados reciclados também podem ser empregados em regularização e cascalhamento de ruas de terra, sendo vantajosos tecnicamente neste tipo de situação em relação às britas corridas comuns em virtude de sua coesão proveniente de reações pozolânicas que o tornam menos erodíveis (BRITO FILHO, 1999).

Uma das formas de utilização do RCD reciclado é na pavimentação como base, sub-base ou pavimento primário na forma de brita corrida, ou ainda em misturas de resíduos com solo. É na construção de estradas que vários países da Europa utilizam os resíduos reciclados, muito embora se faça necessário alguns critérios de seleção e classificação (VÁZQUEZ, 2001).

O agregado reciclado tem boa aceitação no mercado de materiais para obras rodoviárias. Tanto o pavimento reciclado como usual, tem características semelhantes, tais como resistência e durabilidade, o que os diferencia são as vantagens econômicas e ecológicas. Tem-se como exemplo desse tipo de aplicação a execução do trecho que constitui o acesso do novo *campus* da Universidade de São Paulo, denominado USP-Leste. Essa obra contou com a construção de base e

sub-base, que totalizaram 25 cm de espessura ao longo de um trecho de aproximadamente 100 m (FIG. 4). A segunda fase das obras compreendeu a pavimentação de uma área de 33.000m².

FIGURA 4 – USP-Leste



Fonte: EACH.US.BR⁴

⁴Disponível em: < <http://www.each.usp.br/site/estude-each.php/>>. Acesso em: 18 nov. 15.

FIGURA 5 – Pavimento da USP-Leste



Fonte: EACH.US.BR⁵

2.2.1 Reciclagem do RCD

Na década de 90, deu-se início à instalação de usinas de reciclagem no Brasil, mas não havia normalização para o uso de agregados reciclados em pavimentação. Em março de 2002, a Prefeitura Municipal de São Paulo publicou no Diário Oficial do Município a sua própria especificação com o título de “Camadas de reforço do subleito, sub-base e base mista de pavimento com agregado reciclado de resíduos sólidos da construção civil”.

No ano de 2004 a ABNT publicou a norma para aplicação de agregados reciclados em pavimentação. A NBR 15115, que trata dos procedimentos para o emprego do material em pavimentos, teve seu texto baseado na norma paulistana.

⁵Disponível em: < <http://www.each.usp.br/site/estude-each.php/>>. Acesso em: 18 nov. 15.

Segundo a NBR 15115 (2004), o agregado reciclado aplicável à pavimentação é o material granular, obtido por meio de britagem ou beneficiamento mecânico, de resíduos de construção civil, pertencentes à Classe A da Resolução CONAMA (2002). O material deve atender a alguns requisitos como ter uma boa graduação granulométrica, valores mínimos de Índice de Suporte Califórnia (ISC) e de expansão (conforme o tipo de camada do pavimento) e uma dimensão máxima característica de 63,5mm.

2.2.2 Pavimentação

Em obras de engenharia civil como construções de rodovias, aeroportos e ruas, a superestrutura é constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas assentadas sobre o terreno de fundação, considerado como semiespaço infinito e designado como sub-leito (SENÇO, 1997).

O pavimento é uma estrutura instalada sobre uma superfície obtida pelos serviços de terraplanagem com a função central de fornecer ao usuário segurança e conforto, que devem ser conseguidos sob o ponto de vista da engenharia, isto é, com a máxima qualidade e o mínimo custo.

2.2.2.1 Funções do pavimento

Segundo a NBR-7207/82 da ABNT, o pavimento é uma estrutura construída após terraplanagem e destinada, econômica e simultaneamente, em seu conjunto a:

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

2.2.2.2 Classificação dos pavimentos

Fundamentalmente pode-se classificar a estrutura de um pavimento em dois tipos:

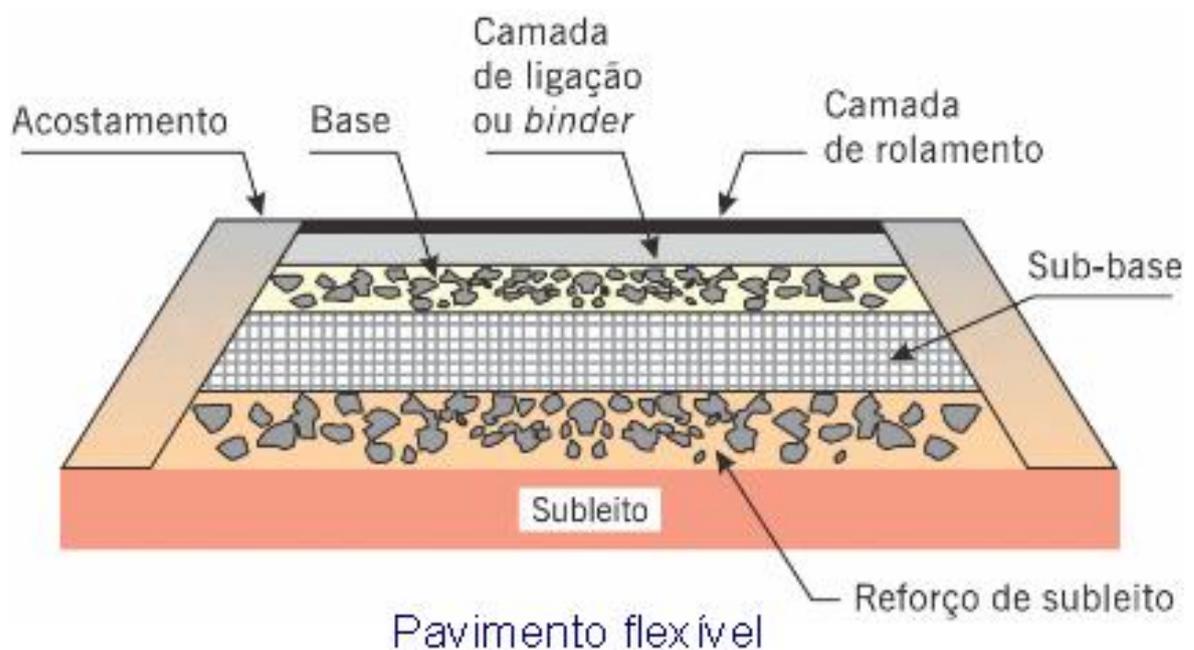
a) Pavimentos flexíveis:

É aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas (DNIT, 2006).

Os materiais constituintes são:

- Material asfáltico (aglutinantes);
- Agregado graúdo (pedra ou seixo rolado);
- Agregado miúdo (areia ou pó-de-pedra).

FIGURA 6 – Pavimento Flexível



Fonte: IBRACON.ORG.BR⁶

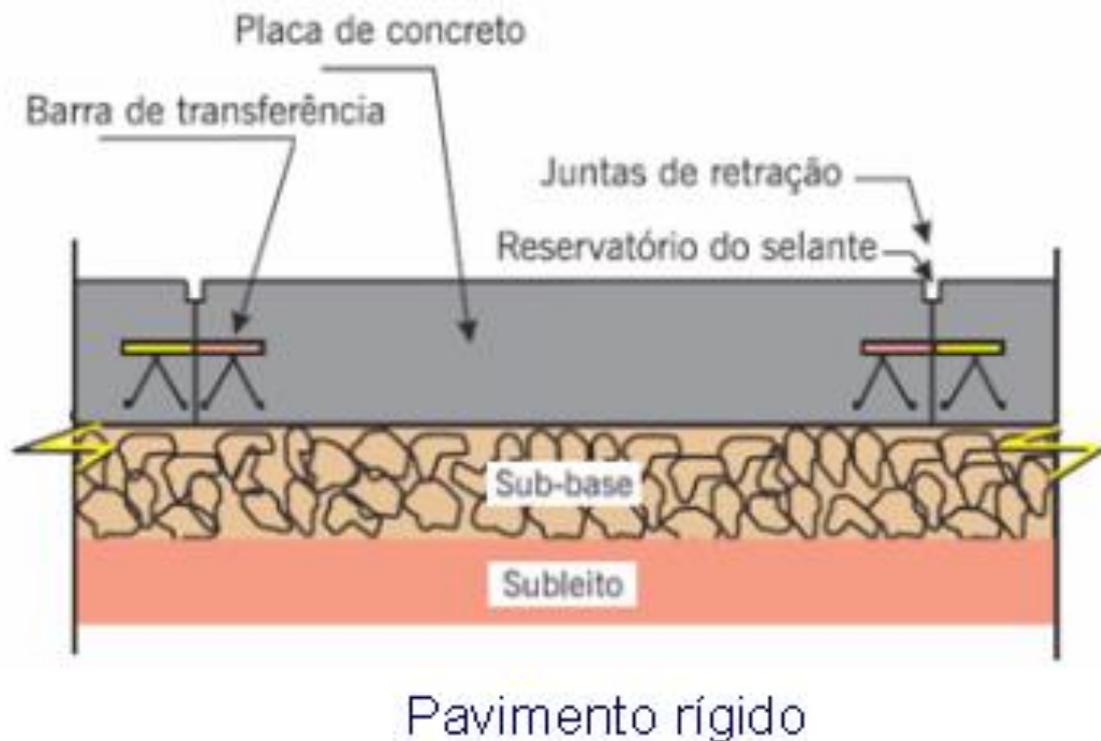
⁶Disponível em: <http://www.ibracon.org.br/eventos/50cbc/pav_apresentacoes/ISIS_RAQUEL.pdf>. Acesso em: 25 out. 2015.

b) Pavimentos rígidos.

São aqueles em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorvem praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado (DNIT, 2006).

São constituídos por camadas que trabalham essencialmente à tração. Seu dimensionamento é baseado nas propriedades resistentes de placas de concreto de cimento Portland, as quais são apoiadas em uma camada de transição a sub-base.

FIGURA 7 – Pavimento Rígido



Fonte: IBRACON.ORG.BR⁷

⁷Disponível em: <http://www.ibracon.org.br/eventos/50cbc/pav_apresentacoes/ISIS_RAQUEL.pdf>. Acesso em: 25 out. 2015.

2.2.2.3 Nomenclatura da seção transversal

A nomenclatura descrita a seguir refere-se às camadas e aos componentes principais que aparecem numa seção típica de pavimentos flexíveis e rígidos (DNIT, 2006).

2.2.2.3.1 Subleito

É o terreno de fundação onde será apoiado todo o pavimento. Deve ser considerado e estudado até as profundidades em que atuam significativamente as cargas impostas pelo tráfego (de 60 a 1,50 m de profundidade).

2.2.2.3.2 Leito

É a superfície do subleito (em área) obtida pela terraplanagem ou obra de arte e conformada ao greide e seção transversal.

2.2.2.3.3 Regularização do subleito (nivelamento)

É a operação destinada a conformar o leito, transversal e longitudinalmente. Poderá ou não existir, dependendo das condições do leito. Compreende cortes ou aterros até 20 cm de espessura.

2.2.2.3.4 Reforço do subleito

É a camada de espessura constante transversalmente e variável longitudinalmente, de acordo com o dimensionamento do pavimento, fazendo parte integrante deste e que, por circunstâncias técnico-econômicas, será executada sobre o subleito regularizado. Serve para melhorar as qualidades do subleito e regularizar a espessura da sub-base.

2.2.2.3.5 Sub-base

Camada complementar à base. Deve ser usada quando não for aconselhável executar a base diretamente sobre o leito regularizado ou sobre o reforço, por circunstâncias técnico-econômicas. Pode ser usado para regularizar a espessura da base.

2.2.2.3.6 Base

Camada destinada a resistir e distribuir ao subleito, os esforços oriundos do tráfego e sobre a qual se construirá o revestimento.

2.2.2.3.7 Revestimento

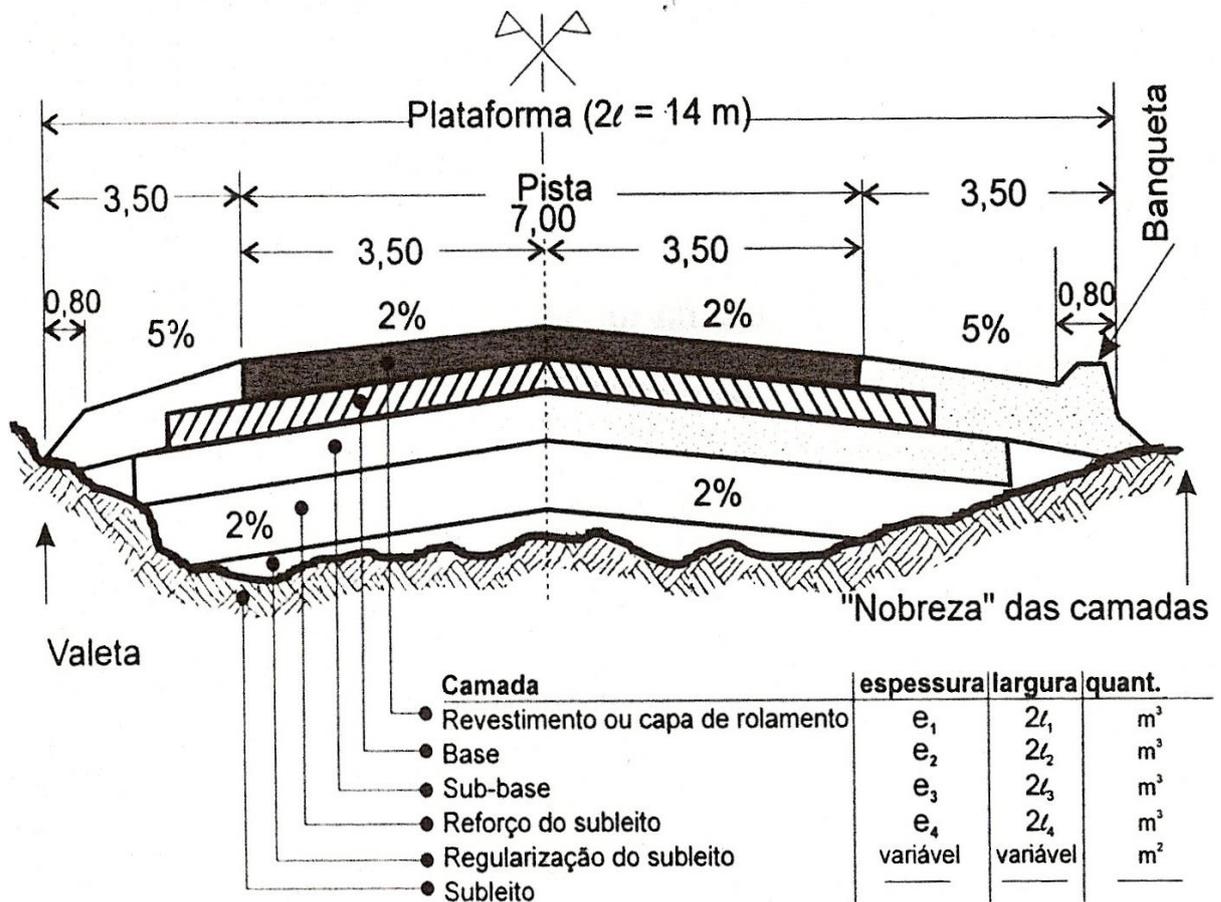
É a camada, tanto quanto possível impermeável, que recebe diretamente a ação do rolamento dos veículos. Deve ser resistente ao desgaste e é também chamada de capa ou camada de desgaste.

2.2.2.3.8 Acostamento

Parte da plataforma contígua à pista de rolamentos, destinado ao estacionamento de veículos, ao trânsito em caso de emergência e ao suporte lateral do pavimento.

As figuras FIG. 8 e FIG. 9 demonstram a nomenclatura das seções transversais dos pavimentos flexíveis e rígidos, destacando a posição de cada camada.

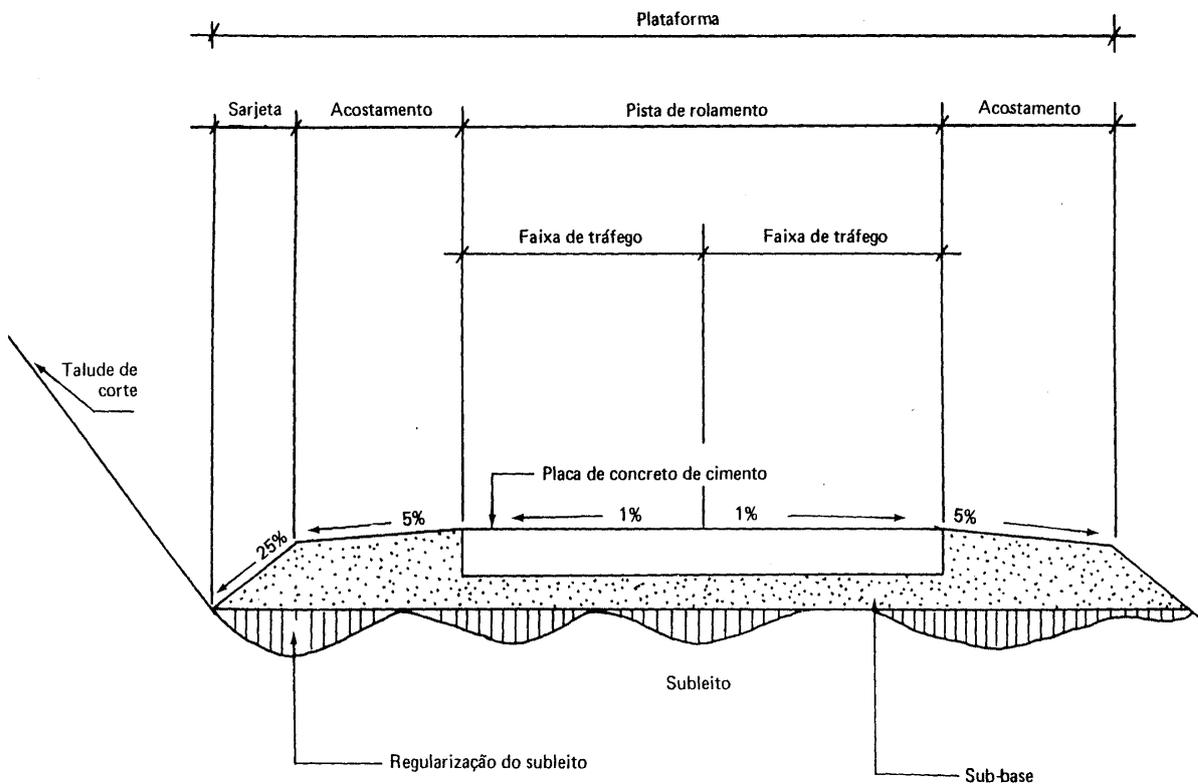
FIGURA 8 – Seção transversal típica de um pavimento flexível



Fonte: EBAH.COM.BR⁸

⁸Disponível em: < <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgtP8AD/notas-aula-introdutoria-sem-texto-polimero>>. Acesso em: 23 de nov. 2015.

FIGURA 9 - Seção transversal típica de um pavimento rígido



Fonte: EBAH.COM.BR⁹

2.3 Viabilidades do uso de RCD na pavimentação

O emprego dos agregados na produção de componentes usados na pavimentação vem sendo intensificado nos últimos anos e, embora as pesquisas realizadas indiquem um bom potencial para utilizar agregados reciclados para esse fim, o seu uso é relativamente pequeno, sendo que uma das maiores dificuldades para a aplicação do agregado reciclado é sua variabilidade.

⁹Disponível em: < <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgtp8AD/notas-aula-introdutoria-sem-texto-polimero>>. Acesso em: 23 de nov.

Zordan (1997), Leite (2001), entre outros autores avaliaram a viabilidade técnica da utilização desses materiais em relação às propriedades mecânicas e concluíram que agregados reciclados podem sim ser utilizados na pavimentação.

Em termos de tipos aplicados à pavimentação, alguns países adotam o uso de agregados reciclados de concreto, como é o caso dos Estados Unidos (LIMA, 1999). O ALT-MAT (*Alternative Materials in Road Construction*) cita que o emprego destes agregados em pavimentos é bem estabelecido em bases granulares ou estabilizadas e em pavimentos de concreto de cimento Portland, possuindo ainda potenciais aplicações em misturas de concreto asfáltico a quente e em tratamentos superficiais.

No Brasil, o setor de reciclagem de RCD, principalmente na região Sudeste, está cada vez mais presente, não só pelo elevado número de obras em andamento, mas também pelo constante afastamento das pedreiras dos grandes centros metropolitanos. Tudo isso acaba gerando um maior custo de transporte até as obras e com os aterros saturados está cada vez mais caro lançar o material em áreas legalizadas.

Segundo Levi Torres, coordenador da ABRECON, 86% das empresas brasileiras de construção civil têm planos de ampliar os negócios nos próximos anos. O mercado brasileiro de RCD tem muito potencial para crescer, mas ainda sofre com a falta de incentivos fiscais e tributários. No entanto, o momento é favorável para ampliar os negócios, estimulado pelas obras de infraestrutura e da construção civil. O Quadro 1 abaixo apresenta alguns casos de uso de RCD na pavimentação em algumas cidades do mundo e os respectivos resultados obtidos.

QUADRO 1 - Casos de usos de RCD em pavimentação

Locais	Tipo	Uso	Resultados
Belo Horizonte nas Av.Raja Gabaglia Av.Mário Werneck	Flexível	Camadas de reforço do subleito, sub-base e base da pavimentação	Similaridades nas estruturas dimensionadas com agregados reciclados e convencionais
Espanha	Flexível	Agregado reciclado de RCD em troca do agregado graúdo no concreto asfáltico	Vantagens econômicas para obras e minimiza os impactos socioambientais que os resíduos causam
Manaus (AM)	Flexível	Retirado do seixo (agregado graúdo) da mistura asfáltica e colocaram agregados reciclados	As misturas com agregado reciclado precisa de uma maior quantidade de ligante, pois estes materiais apresentaram maior porosidade que os convencionais
Nova JerseyEUA	Rígido	Emprego de agregados reciclados de concreto em base e sub-bases de pavimentos	Amostras de agregados reciclados de concreto e as misturas de agregados reciclados de concreto com BGS apresentam resultados de módulo de resiliência superiores ao da BGS

Fonte: Adaptado de GUIMARÃES (2011)

Para se obter uma análise de valor de custo com a utilização do agregado reciclado na construção de camadas de vias pavimentadas, é necessário um dimensionamento de pavimentação usando o método empírico do DNIT, que pode ser realizado com base no índice de CBR (Califórnia Bearing Ratio) também conhecido como Índice de Suporte Califórnia (ISC) que possibilita saber qual será a expansão de um solo sob um pavimento quando estiver saturado, e fornece indicações da perda de resistência do solo com a saturação do subleito. Por meio desse estudo realizado junto com as normas do DNIT se encontram as exigências do material para as camadas de reforço de subleito, sub-base e base. De posse dos dados mencionados, utiliza-se o ábaco do DNIT para a determinação da espessura total do pavimento.

Adotando valores para as espessuras das camadas de base, sub-base e reforço do subleito conforme pesquisa feita no DNIT, a TAB. 1 apresenta as características da estrutura de pavimento com material de RCD.

TABELA 1 - Características da estrutura do pavimento com RCD deste estudo

Camada	Material	Espessura (cm)	ISC
Base	Brita corrida	10	0,82
Sub-base	Pó de pedra	10	0,267
Reforço do subleito	Selec. CBR>10	40	0,03

Fonte: Adaptado de GUIMARÃES (2011)

As TAB. 2 e TAB. 3 apresentam os valores para as estruturas com material convencional e com RCD nas camadas de base e sub-base, respectivamente, considerando uma área de 10 000 m².

TABELA 2 - Custos das estruturas do pavimento com material convencional

Camada	Material	Espessura (cm)	Custo	Área (m²)	Volume (m³)	Valor Total
Base	Brita corrida	10	54,74 R\$/m ³	10.000	1.000	R\$ 54.740,00
Sub-base	Pó de pedra	10	52,05 R\$/m ³	10.000	1.000	R\$ 52.050,00
Reforço do subleito	Selec. CBR>10	40	-	-	-	-

Fonte: Adaptado de GUIMARÃES (2011)

TABELA 3 - Custos das estruturas do pavimento com RCD.

Camada	Material	Espessura (cm)	Custo	Área (m²)	Volume (m³)	Valor Total
Base	Brita corrida	10	25,00 R\$/m ³	10.000	1.000	R\$ 25.000,00
Sub-base	Pó de pedra	10	25,00 R\$/m ³	10.000	1.000	R\$ 25.000,00
Reforço do subleito	Selec. CBR>10	40	-	-	-	-

Fonte: Adaptado de GUIMARÃES (2011)

A partir dos resultados obtidos nas TAB.2 e TAB.3 pode-se verificar que existe uma diferença no custo total de mais de 50%, sendo que a estrutura de pavimento com RCD é bem mais barata do que a estrutura com material convencional.

Além disso, reciclagem dos resíduos de construção civil na pavimentação é a forma que exige menor utilização de tecnologia, o que implica menor custo do processo. É importante destacar que a instalação de uma usina de reciclagem de entulho nos municípios atende e resolve vários problemas de ordem ambiental, social e econômica. A disposição irregular dos entulhos em terrenos pode causar acúmulo de vetores transmissores de doenças e nocivos à população, gerando um ônus para os órgãos públicos e os municípios, com fiscalização e tratamento das doenças causadas pelos vetores. Os RCD, quando descartados de forma irregular, podem causar sérias consequências em épocas de chuvas como enchentes, assoreamento de rios e córregos. A poluição visual urbana ocasionada nas proximidades das áreas de descarte dos resíduos gera desvalorização das propriedades, causando atraso no desenvolvimento local.

Vale ressaltar que o custo de transporte de RCD é baixo, pois o material geralmente fica a uma distância pequena do local da obra, enquanto que o material convencional está localizado geralmente em jazidas longe das construções.

A substituição dos materiais convencionais pelos RCD permite a utilização de quase todos os componentes dos resíduos descartados pela construção civil (tijolos, argamassas, materiais cerâmicos, areia, pedras), o que diminui a expansão da extração de matéria-prima de reservas naturais principalmente em períodos de maior crescimento econômico.

O RCD, quando adicionado aos solos saprolíticos, apresenta uma maior eficiência em relação a mesma adição feita com brita. Enquanto a adição de 20% de entulho reciclado ao solo saprolítico gera um aumento de 100% do CBR, nas adições de brita natural o aumento do CBR só é perceptível com dosagens a partir de 40%. Não obstante os benefícios ambientais, há também o retorno social: a atividade tem o potencial de expandir a geração de trabalho e renda.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho indicou que o agregado reciclado para a pavimentação não afeta a resistência, tampouco a durabilidade do pavimento. Do ponto de vista financeiro, o uso de agregados traz benefícios em diversos aspectos. Além dos benefícios ambientais que são obtidos utilizando o material reciclado para base, sub-base, e subleito de pavimentação, neste trabalho ainda pode se verificar um ganho significativo de custos, ou seja, uma economia considerável, uma vez que o material reciclado é bem mais barato que o convencional e não apresenta perdas em relação à resistência.

A incorporação de RCD em camadas de pavimentos afigura-se tecnicamente viável, quer em camadas de base e sub-base, quer em camadas de subleito. Para isso, é imprescindível a demolição seletiva das construções e demolições, de modo a dispor de materiais com as características adequadas para cada tipo de utilização. Os RCD com maior potencial para utilização em pavimentos são os constituídos por resíduos de betão, argamassa, materiais cerâmicos, misturas betuminosas ou agregados.

Assim, o emprego dos agregados reciclados na pavimentação não só proporciona uma redução considerável na extração da matéria-prima proveniente de jazidas, como também apresenta soluções para destinação dos resíduos sólidos da construção civil.

Mesmo com algumas limitações apresentadas no estudo, quando comparado a outros materiais convencionais, as vantagens da utilização dos resíduos de construção civil e demolição na pavimentação obtêm resultados satisfatórios, principalmente na economia, provenientes de uma menor utilização de tecnologia no processo de reciclagem, redução dos gastos com transporte, aterros e extração de matéria-prima. Assim, esse método construtivo, por ser seguro, executado de forma ecológica e simples e ainda com custos acessíveis, continuará sendo aprimorado e evoluído para que continue atendendo às demandas atuais e futuras da construção civil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, L. V. **Reciclagem de Rejeitos de Cerâmica Vermelha e da Construção Civil para Obtenção de Aglomerantes Alternativos**. 1999. 124 f. (Dissertação de Mestrado) – Paraíba, Universidade Federal da Paraíba, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004**. Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004. 71p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CÍVIL E DEMOLIÇÃO (ABRECON). São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.abrecon.org.br>>. Acesso em: 20 out. 2012.

BRASIL. **Lei 9605 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em: 26 out. 2015.

BRITO FILHO, J.A. **Cidades versus entulho**. In: Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil. IBRACON. São Paulo, 1999.

CARNEIRO, A. P; BURGOS, P. C; ALBERTE, E. P. V. **Uso do agregado reciclado em camadas de base e sub-base de pavimentos**: Projeto Entulho Bom. Salvador: EDUFBA/ Caixa Econômica Federal, 2001, 188-227 p.

CARVALHO, C. L. S. **Inovações Tecnológicas, Reciclagem e Redução de Custos na Indústria da Construção Civil**. Araraquara, 2003. Projeto de Iniciação Científica – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/214.pdf>. Acesso em: 28 out. 2015.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução Nº 307, de 5 de julho de 2002**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>>. Acesso em: 01 nov. 2015.

COSTA, H.S.M. Natureza, mercado e cultura: caminhos da expansão metropolitana de Belo Horizonte. In: MENDONÇA, J.G.; NAVARRO, M.H. **População, espaço e gestão na metrópole: novas configurações, velhas desigualdades**. Belo Horizonte: Pucminas, 2003. p.159 – 178.

CORCUERA, C.D.K. **Políticas para reciclagem de resíduos da construção civil**. 1999. 197 f. (Mestrado em Arquitetura) - São Paulo, USP, 1999.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de Pavimentação Versão Final**. Rio de Janeiro/RJ, 2006.

Disponível em:

<http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual_de_Pavimentacao_Versao_Final.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2015.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Norma DNIT 141/2010**. Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço. Rio de Janeiro/RJ, 2010.

Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dnit141_2010_es.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2015.

FIGUEIREDO, M. J. M. **A sociedade do lixo: os resíduos, a questão energética ea crise ambiental**. 2^o edição. Piracicaba: UNIMEP, 1995. 240p.

GUIMARÃES, N. **Estudo Comparativo entre a Pavimentação Flexível e Rígida**. 2011. 80 f. (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade da Amazônia, Belém, 2011.

LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. 2001. 270 f. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

LIMA, J. A. R. **Proposição de diretrizes para produção e normalização de resíduo de construção reciclado e de suas aplicações em argamassas e concretos**. 1999. 240p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1999.

PINTO, Tarcísio de Paulo. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: A experiência do SindusCon-SP**. São Paulo: Sinduscon, 2005. 48p.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 1^a ed. São Paulo: PINI, 1997. 761p.

VAZQUEZ, E. **Aplicação de novos materiais reciclados na construção civil**. In: SEMINÁRIO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 4, 2001, SÃO PAULO. São Paulo: IBRACON, CT 206. p. 11-21.

ZORDAN, S. E. **A Utilização do Entulho como Agregado na Confecção do Concreto. Dissertação**. 1997. (Mestrado) - Departamento de Saneamento e Meio Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.