

ESTUDO AMBIENTAL E TÉCNICO DA APLICAÇÃO DO AGREGADO RECICLADO NA ESTRUTURA DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

RESPLANDES, Helaine da Mota Santos¹; **REZENDE**, Lilian Ribeiro de²

Palavras-chave: Resíduos da construção civil. Agregado reciclado. Pavimentos.

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é uma das grandes fontes de geração de resíduos sólidos no meio urbano e, por consequência, causa impactos ambientais desde a ocupação de áreas, extração de matéria-prima, processo construtivo, até a geração e disposição final. Os resíduos da construção civil definidos como restos de materiais provenientes de obras de construções e demolições, quando descartados em locais inadequados causam inúmeros problemas sócio-ambientais. Um outro aspecto de relevância é o mau uso de recursos naturais não renováveis, pois segundo Rezende (2003), em Goiânia observa-se um esgotamento das jazidas de cascalho, aumentando consideravelmente o custo total da construção. Por estes motivos, pesquisadores de todo mundo vêm buscando estudar alternativas para que os impactos ambientais provocados sejam minimizados, visando sempre encontrar a sustentabilidade, através do desenvolvimento e implantação de tecnologias adequadas, que busquem a redução, reutilização e reciclagem desses resíduos. Dados coletados pelo Plano Integrado de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos da Construção Civil (PMGRSIC, 2004), demonstraram que o entulho de obra responde por metade dos resíduos urbanos coletados pelo serviço de limpeza pública em Goiânia - GO. Destacou ainda, que a Prefeitura recolhe somente 50% do total dos resíduos da construção civil sendo que o restante é disposto irregularmente, gerando um gasto em torno de 2 milhões de reais por mês na coleta destes resíduos. Em entrevista com o presidente de uma empresa que executa serviços de coleta de resíduos da construção civil (LIMP-ENTULHO, 2006), verificou-se que, existem, atualmente, 36 empresas cadastradas que coletam entulho nesta cidade, e segundo informações de técnicos da Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SEMMA), o licenciamento dessas empresas não podem ser renovados até que a prefeitura indique um local apropriado para a deposição do entulho. A SEMMA informa também que, atualmente, somente as maiores empresas estão depositando os resíduos em locais definidos pela Secretaria, não sendo informado o local exato. Diante desta situação, vê-se a necessidade de pesquisar a reutilização ou reciclagem dos resíduos da construção civil nesta cidade, já que segundo o PMGRSIC (2004) 60% do entulho gerado em Goiânia é passível de reutilização. De acordo com várias pesquisas e experiências práticas desenvolvidas em todo o Brasil, os entulhos são utilizados na confecção de concretos, na produção de argamassa, blocos de concretos e na pavimentação. No Brasil apenas 9,5% da malha rodoviária do país é pavimentada (GEIPOT, 2000 apud MOTTA, 2005). Na cidade de Goiânia, de 36.247.022 m² de vias urbanas, 26.864.020 m² estão pavimentadas, restando-se aproximadamente 9.383 m² a pavimentar (PREFEITURA DE GOIÂNIA-SEMMA, 2006). Assim, uma alternativa interessante para a utilização do agregado reciclado proveniente de resíduos da construção civil é a aplicação do agregado reciclado nas vias da cidade de Goiânia. Já foram executados dois pavimentos utilizando agregado reciclado da construção civil em Goiânia. Um está localizado na Rua do Cipreste, St. Mansões Bernardo Sayão, acesso lateral ao CEASA, e o outro na Rua SR-68 Qd. 93 no trecho da Av. das Flores e rua SR-02, St.

Recanto Minas Gerais. Portanto, nesta pesquisa será feito o acompanhamento das duas pistas que até no momento demonstraram a viabilidade técnica da utilização do agregado reciclado na construção de sub-base e base de pavimentos urbanos. Além disso, serão realizados ensaios laboratoriais para avaliarem as questões ambientais e técnicas desses materiais.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O principal objetivo desta pesquisa é avaliar, a partir de ensaios laboratoriais e de campo, a aplicação ambiental e técnica do agregado reciclado na estrutura de pavimentos flexíveis.

2.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos tem-se: Avaliar os riscos de contaminação ambiental do resíduo estudado; Investigar o comportamento mecânico das duas vias executadas em Goiânia por meio da realização de ensaios de campo e análises numéricas; Analisar a durabilidade de amostras em laboratório e; Quantificar o ganho de resistência de amostras ao longo do tempo.

3. METODOLOGIA

Inicialmente, foi realizada uma vistoria no município de Goiânia, visando analisar a situação atual da deposição do entulho. Como a legislação vigente ainda não está sendo aplicada na região, suspeita-se que a deposição irregular ainda ocorre de maneira descontrolada. Para a realização desta pesquisa estão sendo executados tanto ensaios laboratoriais em misturas de agregado reciclado com solo como ensaios de campo em trechos experimentais já existentes no município de Goiânia (acesso de caminhões da CEASA e da Rua SR-68, setor Recanto das Minas Gerais). Todos os ensaios estão sendo executados conforme recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

- **Ensaio Laboratoriais:** Estão sendo moldadas amostras de algumas frações granulométricas da mistura do agregado reciclado com solo local para a realização de ensaios laboratoriais, visando avaliar o ganho de resistência ao longo do tempo e a durabilidade dos materiais em função da textura. Para tanto, foram definidas as seguintes amostras: Amostra L1: material enquadrado na faixa F (textura fina); Amostra L2: material enquadrado na faixa D (textura média); Amostra L3: material enquadrado na faixa B (textura grossa). Com estas amostras estão sendo realizados os seguintes ensaios laboratoriais: Solubilização e lixiviação; Granulometria; Compactação na Energia Proctor Intermediário; Índice de Suporte Califórnia (ISC) e expansão e; pH. Será avaliado também o ganho de resistência ao longo do tempo, através da moldagem de três corpos-de-prova de cada amostra na umidade ótima e no peso específico aparente seco máximo, obtidos para a energia Proctor Intermediário. Os três corpos-de-prova serão curados nos seguintes tempos: trinta, sessenta e noventa dias. Após o período definido serão realizados ensaios para determinar o ISC e o pH. Será feita a avaliação da durabilidade, onde será realizada a análise da granulometria das amostras após a compactação para avaliar o índice de degradação e o ensaio de Abrasão Los Angeles. Com amostras deformadas retiradas das camadas de base e sub-base dos trechos experimentais serão realizados ensaios de granulometria para avaliar se houve ou não desagregação do material com a ação do tráfego, bem como ensaios de solubilização e lixiviação.

- **Ensaio de Campo:** Para avaliar o desempenho das pistas experimentais existentes ao longo do tempo, será realizada uma bateria de ensaio de campo em

novembro de 2006. Os seguintes ensaios serão realizados: Ensaios de medição de deflexão utilizando uma viga Benkelman (com esse ensaio é possível determinar as bacias de deslocamento provocadas pela passagem dos veículos); Ensaio de prova de carga rápida para avaliação do comportamento tensão versus deformação; Ensaio utilizando o Penetrômetro Dinâmico de Cone (DCP), a partir do qual determina-se o Índice de Penetração (DN) das camadas e utilizando-se correlações pode-se estimar o valor do ISC *"in situ"*. Com os dados dos ensaios de viga Benkelman e prova de carga serão realizadas retroanálises para a determinação dos módulos de elasticidade das camadas. Para tanto, será utilizado o programa SIGMA/W. Os resultados dos ensaios serão comparados com ensaios realizados anteriormente em outras pesquisas nas referidas pistas.

4 RESULTADOS PARCIAIS

Foi realizada uma vistoria na cidade de Goiânia para localizar alguns pontos clandestinos de deposição de entulho nos meses de abril e maio de 2006.



Figura 1- Vistoria da situação de Goiânia sobre a deposição clandestina de entulho.

Na Figura 1, tem-se exemplos da configuração encontrada. Baseando-se nas fotos mostradas, constata-se que a situação da deposição irregular do entulho em Goiânia continua sendo preocupante e que os danos ambientais não estão sendo controlados. Mesmo com o envio de certa quantidade do entulho para o aterro sanitário, verifica-se a situação está longe de ser a ideal, pois tem-se a redução da vida útil do aterro e o desperdício com a não reutilização ou reciclagem de um material que quando classificado pode ser considerado tecnicamente nobre.

• Ensaios de laboratório

Primeiramente, foram realizados ensaios com o solo local, retirado nas proximidades do trecho experimental da CEASA-GO, os quais foram levados para o laboratório de solos da Universidade Federal de Goiás para a caracterização parcial do material. Os resultados obtidos até o momento estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Caracterização parcial do solo

Característica	Solo
Limite de liquidez (W_L) %	37,5
Limite de plasticidade (W_p) %	26,9
Índice de plasticidade (IP) %	10,6
Peso específico dos grãos (ρ) g/cm ³	2,869

No enquadramento da mistura de agregado reciclado e solo das faixas obteve-se os gráficos apresentados na Figura 2 e as porcentagens mostradas na Tabela 2. Observou-se que a mistura se enquadrou melhor na faixa D, mas serão realizados ensaios com as três faixas, para observar o comportamento das misturas.

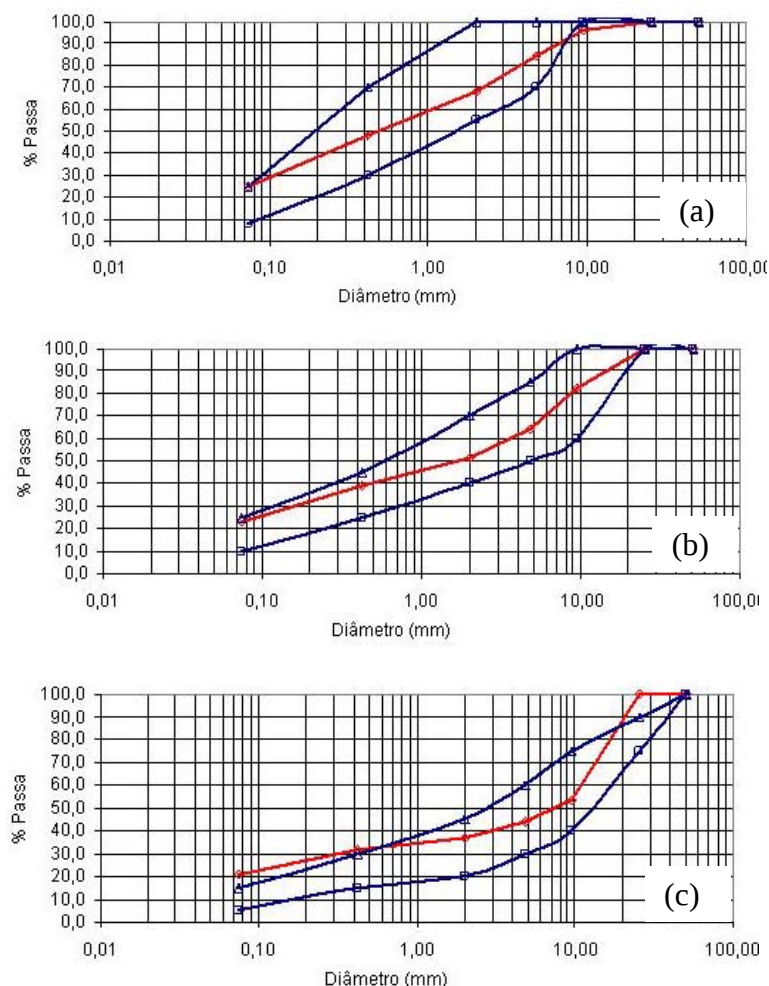


Figura 2- Enquadramento das misturas de agregado reciclado com solo de acordo com a norma do DNER: (a) Faixa F; (b) Faixa D; (c) Faixa B.

Tabela 2- Porcentagens da mistura de agregado reciclado com o solo de acordo com as faixas do DNER.

Faixas	Agregado grosso	Agregado médio	Agregado fino	Solo
Faixa F (Amostra L1)	2%	10%	63%	25%
Faixa D (Amostra L2)	10%	35%	30%	25%
Faixa B (Amostra L3)	45 %	15%	15%	25%

Foram iniciados os ensaios de caracterização do solo e encontra-se em andamento os ensaios com as misturas de agregado reciclado com o solo. Está programado para novembro deste ano os ensaios de campo.

5. RESULTADOS ESPERADOS

Com o desenvolvimento da pesquisa espera-se contribuir com um referencial teórico e experimental sobre a utilização de agregado reciclado da construção civil na pavimentação. Com os ensaios e análises que serão feitos durante a pesquisa, pretende-se avaliar o desempenho e o ganho de resistência das duas pistas experimentais, além da durabilidade dos materiais em função da textura. Através dos ensaios de solubilização e lixiviação pretende-se detectar a existência ou não de contaminantes no entulho utilizado para execução dos pavimentos das duas pistas estudadas. Espera-se, portanto, comprovar a viabilidade técnica e ambiental da utilização do entulho reciclado em pavimentação. Assim, a cidade de Goiânia poderá se considerada referência para outros municípios. Finalmente, pretende-se elaborar artigos científicos para publicação em Congressos afins, bem como a divulgação nacional dos resultados obtidos na pesquisa.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIMP-ENTULHO. Entrevista concedida pelo presidente da Limp-Entulho, Goiânia, 10.mai.2006.

MOTTA, L. M. G; FERNANDES, C. Utilização de resíduos sólido da construção civil em pavimentação urbana. In: 12^a Reunião Anual de Pavimentação - Anais, Aracajú, 2003.

PMGRSIC – Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Indústria da Construção Civil de Goiânia, GO. Diagnóstico Preliminar e Planejamento. Relatório de Novembro de 2004, 76 p.

PREFEITURA DE GOIÂNIA-SEMMA. Entrevista concedida de técnicos da Secretaria Municipal do Meio Ambiente- SEMMA, Goiânia, 2006

REZENDE, L. R. Técnicas alternativas para a construção de bases de pavimentos rodoviários. Dissertação de mestrado, G.DM-055A/99, Departamento de Engenharia Civil e ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 199, 169p.

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia do Meio Ambiente, Escola de Engenharia Civil/UFG, helaineamb@yahoo.com.br

² Orientadora/Escola de Engenharia Civil/UFG, lrezende@eec.ufg.br