



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

ANÁLISE DE CARACTERÍSTICAS DE MISTURAS DE SOLO COM ADIÇÕES DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM PAVIMENTAÇÃO COMO AGREGADO MIÚDO

Leonardo Ramos da Silveira¹; Rafael de Assis Borges²

RESUMO

A intensa industrialização reflete-se num grande crescimento de obras no setor da construção civil, sejam de pequeno ou grande porte, construção ou demolição. Esse setor é um dos maiores consumidores de matérias-primas naturais, e seu grande uso acarreta na degradação do meio ambiente por se tratar de um material não renovável. Uma alternativa é o uso do agregado artificial, que provém de um processo de triagem dos Resíduos da Construção Civil (RCC), em obras como de pavimentação de vias. Esta pesquisa foi realizada com solo e RCC da região de Brasília/DF, com foco na avaliação do comportamento, utilizando todo material na fração miúda (passante na peneira nº 4). Foram realizados ensaios de caracterização física dos materiais e caracterização mecânica de três amostras, sendo: Amostra A1 de 100% solo, Amostra A2 de 30% RCC + 70% solo, e Amostra A3 de 50% RCC + 50% solo. As amostras foram avaliadas em tempos de cura de 0, 7, 14 e 28 dias no ensaio de resistência à compressão simples. Teve-se bom resultado para a amostra A3 no ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ISC) alcançando um valor de 20,43%. Conclui-se que há possibilidade de utilização do RCC como agregado miúdo em camadas de sub-base, através do embasamento técnico obtido no ensaio de ISC, sendo assim uma alternativa adequada.

Palavras-chave: resíduo; agregado reciclado; pavimentação; base; sub-base.

ANALYSIS OF SOIL MIXTURE CHARACTERISTICS WITH ADDITION OF WASTE CONSTRUCTION IN PAVEMENT AS AGGREGATE FINE

ABSTRACT

The intense industrialization is reflected in a large growth of works in the construction sector, small or large size, construction or demolition. This sector is one of the largest consumers of natural raw materials, and its great use leads to environmental degradation because it is a non-renewable material. An alternative is the use of artificial aggregate, which comes from a screening process Waste Construction (WC), in works such as pavement of roads. This research was conducted with soil and WC region of Brasília/DF, focusing on evaluation of the behavior, using all material in the fraction (passing in the mesh #4). Were made physical characterization tests of the materials and mechanical characterization of three samples, being: sample A1 of 100% soil; sample A2 of 30% WC + 70% soil; and sample A3 of 50% WC + 50% soil. The samples were evaluated for cure times of 0, 7, 14 and 28 days in the compression strength test. It had good result for the sample A3 in California Bearing Ratio test (CBR) reaching a value of 20.43%. It follows that it is possible to use the WC as fine aggregate in sub-base layers, through the technical substantiation obtained in testing CBR, thus a suitable alternative.

Key-words: waste; recycled aggregate; pavement; base; subbase.

¹ Graduado em Engenharia Ambiental com Mestrado em Engenharia de Meio Ambiente e Doutorado em Geotecnia. Professor do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás – e-mail: leonardo.silveira@ifg.edu.br

² Engenheiro Civil pela Universidade Paulista de Brasília, Acadêmico do Programa de Pós Graduação em Integridade de Materiais da Engenharia na Universidade de Brasília Universidade de Brasília – e-mail: eng.rafaelmiro@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

No âmbito da construção civil, o alto crescimento de obras em todo território brasileiro tem feito com que aumente também a quantidade de entulho gerado. De acordo com Pinto (1999), esse entulho representa mais de 50% de todo o resíduo sólido urbano.

Segundo Rocha (2006), em uma estimativa em função de dados obtidos em diversas fontes, no Distrito Federal só nas regiões de: Brasília, Sobradinho, Paranoá, Lago Sul e Lago Norte (que somam aproximadamente 20% de toda população do Distrito Federal); apresenta uma produção diária de 1.573 toneladas por dia, o que equivalem a uma produção de 0,6 milhões de ton/ano.

O acúmulo de resíduos gerados em qualquer atividade voltada para a qualidade da vida humana tornou-se um problema constante, como a maioria das tecnologias disponíveis ainda não são suficientes para tratar de maneira adequada ou eliminar estes resíduos. Encontrar métodos adequados de eliminação (sem afetar a qualidade do meio ambiente) é um tema importante no contexto atual, especialmente em grandes centros de pesquisa, que estudam materiais alternativos de baixo impacto ambiental (REZENDE et al., 2014).

Na composição de um entulho de uma determinada obra pode haver uma diferença em comparação ao de outra obra. Segundo Leite (2007), a variabilidade dos agregados reciclados é uma questão que muitas vezes dificulta o seu emprego em camadas de pavimentos. No entanto, sua pesquisa mostrou que mesmo este material tendo grande potencial de variação nas suas propriedades físicas, controlando a execução é possível ter um pavimento com bom desempenho.

A indústria da construção em todo o mundo está usando recursos naturais e eliminando resíduos de construção e demolição para aterros em quantidades muito grandes. Tal prática é prejudicial para o meio ambiente e não é mais considerada sustentável em seu nível atual. Muitos governos de todo o mundo estão, portanto, promovendo ativamente políticas destinadas a reduzir a utilização de recursos primários e aumentar a reutilização e reciclagem. Uma das maneiras mais ambientalmente responsáveis e economicamente viáveis de enfrentar os desafios da sustentabilidade na indústria da construção é o uso de reciclados de concreto e de demolição como agregado (PALLATH; GANGHA; RAMASAMY, 2015).

O RCC é um material que, se disposto em locais inadequados, contribui para a degradação da qualidade ambiental

(Resolução CONAMA Nº 307, de 5 de julho de 2002). O uso do agregado reciclável deve atender ao princípio da Política Nacional de Resíduos Sólidos da Lei nº 12.305/2010 no Art. 6º, em que o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento físico-mecânico de misturas solo-RCC e avaliar a possibilidade de uso do RCC como agregado miúdo em camadas de pavimentos de acordo com a NBR 15.115 (ABNT, 2004).

METODOLOGIA

Para a metodologia deste trabalho, foram desenvolvidos vários procedimentos no Laboratório de Solos da Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (NOVACAP), no Laboratório de Solos e Materiais de Construção Civil da Universidade Paulista *campus* de Brasília, Laboratório de Geotecnia da Universidade de Brasília e Laboratório de Solos do Centro Universitário do Distrito Federal.

Iniciou-se com a amostragem das misturas a serem ensaiadas, foram: Amostra A1 de 100% solo; Amostra A2 de 70% solo + 30% RCC; e Amostra A3 de 50% solo + 50% RCC. Foi feito a caracterização granulométrica e densidade

real dos grãos das amostras; limites de Atterberg, classificação AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), SUCS (Sistema Unificado de Classificação dos Solos) e MCT (de Miniatura, Compactado e Tropical) pelo Método Expedito das Pastilhas para o solo. Tendo conhecimento de tais parâmetros físicos, foi feito a compactação Proctor. Após a compactação, foram medidos o Índice de Suporte Califórnia (ISC), a expansão e a resistência à compressão simples (RCS) para todas as amostras. A avaliação das amostras de solo-RCC para a aplicação na pavimentação rodoviária, foi feita através dos valores mínimos de ISC e expansão exigidos pela NBR 15.115 (ABNT, 2004). A seguir serão descritos os materiais utilizados neste trabalho, o solo e o RCC. Em seguida será feito o relato das características físicas ensaiadas.

2.1 Descrição dos materiais

Foi usado um solo típico do Distrito Federal, coletado em uma obra situada na quadra 204 Norte – Asa Norte, Brasília-DF. O solo coletado é proveniente da escavação de construção do subsolo de um edifício que está sendo construído no local.

O RCC utilizado na pesquisa é proveniente da demolição de um contra-piso de reforma de residência localizada na quadra 712 Sul – Asa Sul, Brasília-DF.

Esse material enquadra na Resolução 307 do CONAMA (2002) e é classificado de Classe A por se tratar de concreto. O RCC foi triturado e ensaiado somente a fração passante na peneira nº 4, assim como o solo. Daí, então, foram feitos os ensaios de caracterização para cada mistura.

2.2 Ensaios físicos e a compactação

Foi realizado a análise granulométrica dos dois materiais, solo e RCC, e das Amostras A2 e A3. O método mais comum, mais divulgado e de montagem mais fácil para efetuar a análise granulométrica de sedimentos é, sem dúvida, o da granulometria por sedimentação. Para tanto, todas análises foram feitas por peneiramento e por sedimentação.

A plasticidade do solo em análise foi determinada de acordo com os procedimentos das normas NBR 6459 (ABNT, 1984) relativa à determinação do limite de liquidez e NBR 7180 (ABNT, 1984) referente ao ensaio de limite de plasticidade.

A massa específica é a massa por unidade de volume apenas da parte sólida, excluindo-se todos os vazios, inclusive os ocupados pelo ar e os vazios nos poros das partículas (RESPLANDES, 2007). Realizou-se o ensaio de densidade real dos

grãos finos de acordo com a NBR 6508 (ABNT, 1984). Para cada material, ensaiou-se somente a parte passante na peneira nº 4. Primeiro tirou a massa de cada amostra em uma balança de alta precisão com 4 casas decimais e logo após colocaram-se as amostras no equipamento Pentapycnômetro para determinação da densidade real dos grãos.

De particular interesse para o Brasil é a identificação dos solos lateríticos. Daí então foi feita a classificação MTC pelo método expedito das pastilhas. Neste ensaio a fração do solo passante na peneira de 0,42 mm de abertura foi umedecida, espatulada até apresentar consistência plástica e resistência avaliada pela penetração de uma agulha padronizada com ponta chata (Figura 1). Com o solo nessa consistência foram moldadas as “pastilhas” em anéis com dimensões de 17 mm de diâmetro e 4 mm de espessura. As mesmas foram secas ao ar na posição vertical e após a secagem mediu-se a contração pela diferença entre o diâmetro do anel e o diâmetro da pastilha seca.

Após a medida da contração os anéis contendo os corpos de prova foram colocados sobre uma pedra porosa (Figura 2) com livre suprimento de água. Ao absorver a água foram observados os fenômenos como inchamento, trincamento e amolecimento.



Figura 1: Agulha padronizada.



Figura 2: Corpos de prova sobre a pedra porosa.

Segundo Leite (2007), o ensaio de compactação pode ser realizado utilizando-se diferentes energias: normal, intermediária e modificada. Quanto maior a energia de compactação empregada, menor será o valor do teor de umidade ótima, e maior será o valor do peso específico aparente seco máximo. O ensaio

de compactação foi conduzido conforme NBR 7182 (ABNT, 1986), na energia de Proctor normal, para todas Amostras. O ensaio foi realizado de forma manual com o auxílio do soquete normatizado. Com este ensaio obteve-se moldes dos corpos de provas para os ensaios de índice de suporte

Califórnia e resistência à compressão simples.

2.3 Ensaio de resistência à compressão das misturas solo-RCC

A necessidade de testar a resistência à compressão simples foi baseada em pesquisas já realizadas (MOTTA, 2005; FUJII, 2012; GÓMEZ, 2011; AMORIM, 2013) uma vez que se constataram uma certa ação cimentante no RCC. Segundo Gómez (2011), os materiais pozolânicos são materiais silicosos ou

silicoaluminosos que, por si sós, possuem pouca ou nenhuma atividade aglomerante, mas que, quando finamente divididos e na presença de água, reagem com o hidróxido de cálcio à temperatura ambiente para formar compostos com propriedades aglomerantes.

Os corpos de prova para este ensaio foram compactados em 5 camadas, cada uma delas com diâmetro de 5 cm e altura de 2 cm, em um corpo de prova de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura (Figura 3).

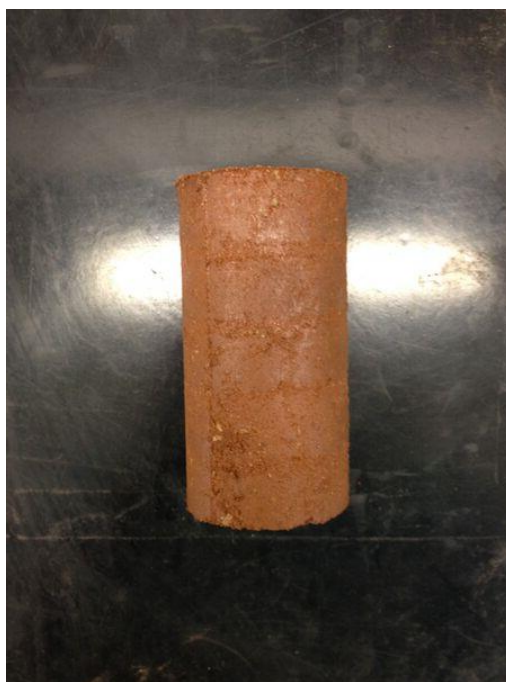


Figura 3: Corpo de prova para ensaio de Resistência à Compressão Simples.

Para moldagem dos corpos de prova, utilizou-se uma prensa hidráulica, atentando-se para a velocidade de

moldagem de modo a se manter contínua. O molde usado para moldagem é ilustrado na Figura 4.



Figura 4 – Molde para moldagem do corpo de prova.

Durante o processo de compactação a superfície da camada já compactada era escarificada para que houvesse uma aderência entre essa camada e a seguinte. Os tempos de cura foram de 0, 7, 14 e 28 dias segundo a norma ME 180 (DNER, 1994), e velocidade de ruptura igual a 1 mm/min. O procedimento de ensaio de RCS seguiu a NBR 12770 (ABNR, 1962).

2.4 Ensaio de Índice de Suporte Califórnia e expansão para as misturas solo-RCC

O ISC define o valor da capacidade de suporte de solos e materiais granulares empregados em pavimentação. O ensaio consiste na determinação da relação entre a pressão necessária para produzir uma penetração de um pistão em um corpo de prova de solo, e a pressão necessária para

produzir a mesma penetração numa brita padronizada (DNIT, 2006).

Mede-se a expansão da amostra através do aparelho extensômetro no período quatro dias. Terminado esse período em que os corpos de prova ficam em saturação, tira-se o cilindro do tanque de água. Leva-o para a prensa colocando-se uma carga de 10 libras (4,5 Kgf). Estas cargas são circulares, com uma abertura circular no centro, onde penetra o pistão ou haste de seção transversal circular, de área igual a três polegadas quadradas. A operação de penetração deve ser feita de tal modo que a velocidade de penetração do pistão seja 0,05 polegadas por minuto, para isto utiliza-se um cronômetro e o extensômetro, que no início da prova é ajustado em zero e mede a penetração. Na

prancha deve-se controlar as pressões em kgf/cm² correspondentes à penetração de 0,1”, 0,2”, 0,3”, 0,4” e 0,5”.

Para a determinação do ISC do solo e das misturas, foram conduzidos os ensaios conforme ME 049 (DNER, 1994), utilizado para solos. Os corpos de prova foram moldados no cilindro metálico de ISC, empregando-se apenas o material passante na peneira nº 4.

3 RESULTADOS, ANÁLISES E DISCUSSÃO

3.1 Ensaios físicos

Para a determinação da composição granulométrica das amostras, realizou-se os ensaios de acordo com a NBR 7181 (ABNT, 1984), para todas as amostras com e sem defloculante (CD e SD), os resultados podem ser observados na Figura 5.

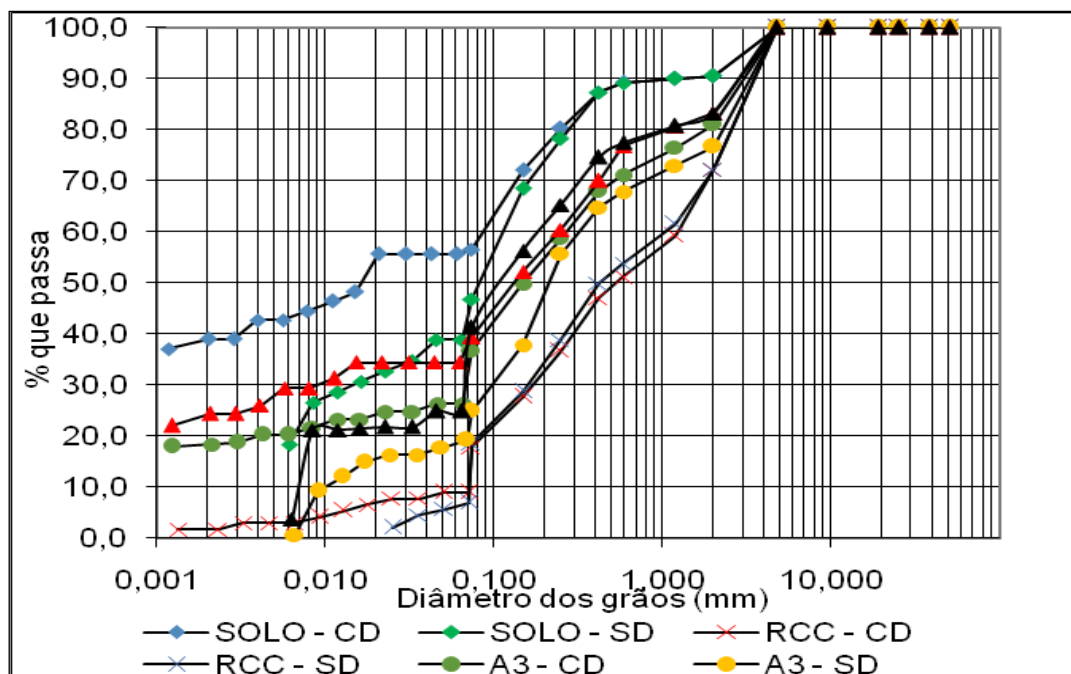


Figura 5. Gráfico da distribuição granulométrica das amostras.

Analisando a curva granulométrica do RCC com e sem defloculante, nota-se uma pequena diferença granulométrica. No resultado do solo com defloculante resultou em 40% passante #200 classificando-o como solo fino. As curvas das amostras de misturas solo-RCC

ficaram compreendidas entre as curvas de solo e RCC.

O ensaio de Limites de Atterberg foi realizado somente para caracterização do solo. O resultado do Limite de Liquidez foi de 34% de umidade, como apresentado no Figura 6.

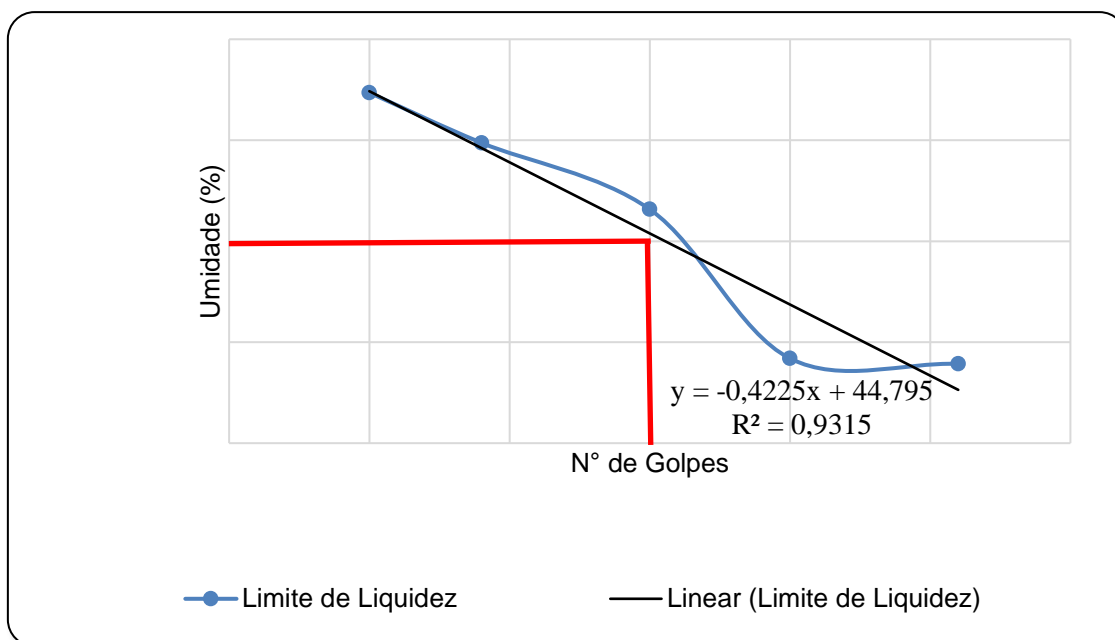


Figura 6 - Gráfico dos valores do ensaio de Limite de Liquidez.

O Limite de Plasticidade apresentou um valor de 23,66% de umidade e o Índice de Plasticidade (IP) 10,34%. A classificação do solo quanto a plasticidade, para IP entre 7 e 15%, indica plasticidade média.

O solo apresenta uma granulometria de argila arenosa, sendo classificado pelo SUCS como CL (argila

de baixa plasticidade arenosa); Para AASHTO, solo com LL=34% e IP=10,34%, é A-4, que é avaliado como solo siltoso, indicando qualidade geral satisfatória a deficiente para subleito de pavimentos.

As densidades reais dos grãos dos materiais e amostras são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Densidade Real dos Grãos.

Material/Mistura	Massa Específica dos Grãos (g/cm ³)
Solo	2,763
RCC	2,706
A2	2,749
A3	2,723

Fonte: Próprio Autor.

A massa específica dos grãos reporta a semelhança entre agregados reciclados de resíduos da construção civil e os naturais. Segundo Pinto (2006), os

valores de densidade real dos grãos para solo situam-se em torno de 2,7 g/cm³. Leite (2007) teve como resultado que a massa específica dos grãos passantes na peneira 4,8 mm foi 2,74 g/cm³.

A classificação MCT expedita foi feita após a moldagem das pastilhas com a amostra previamente preparada, e pronta para a moldagem de acordo com a metodologia. A contração foi de 0,5 mm resultando em um valor de c' de 0,77 e não

houve penetração. Com base no Gráfico de Classificação MCT pelo Método das Pastilhas, ilustrada na Figura 7, conclui-se que se trata de um solo arenoso laterítico (LA-LA').

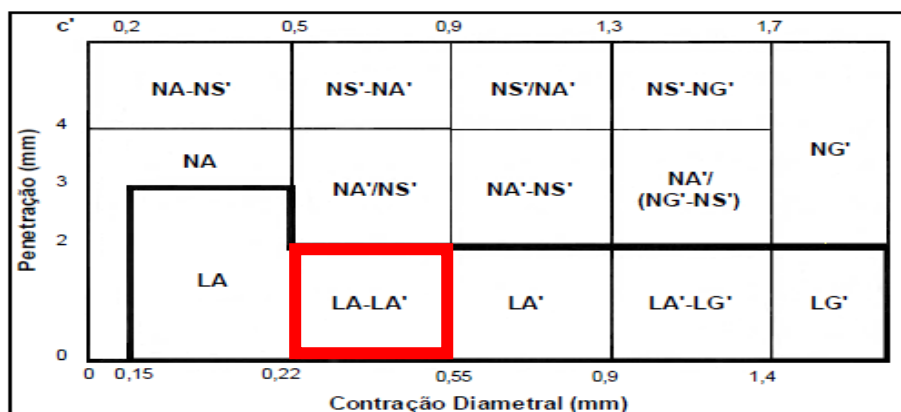


Figura 7 - Gráfico de Classificação MCT pelo Método das Pastilhas.
 Fonte: Nogamiet *al.* (1996); *apud* Santos (2006).

Apresentam-se neste item os resultados dos ensaios de compactação executados na energia Proctor normal, para a definição da umidade ótima e massa específica aparente seca máxima, sendo que tais parâmetros foram utilizados no estudo do Índice de Suporte Califórnia (ISC), expansão e na moldagem dos corpos-de-prova para o ensaio de Resistência à Compressão Simples. A Figura 8 apresenta as curvas de compactação de cada mistura ensaiada.

Analisando os resultados da curva de compactação, teve-se que há um aumento da massa específica aparente seca do solo em função da incorporação do agregado reciclado de RCC, em reflexo, há uma diminuição da umidade da mistura. As curvas das amostras A2 e A3, que contém RCC, no ramo úmido, nota-se pequena diferença no valor da massa específica aparente seca.

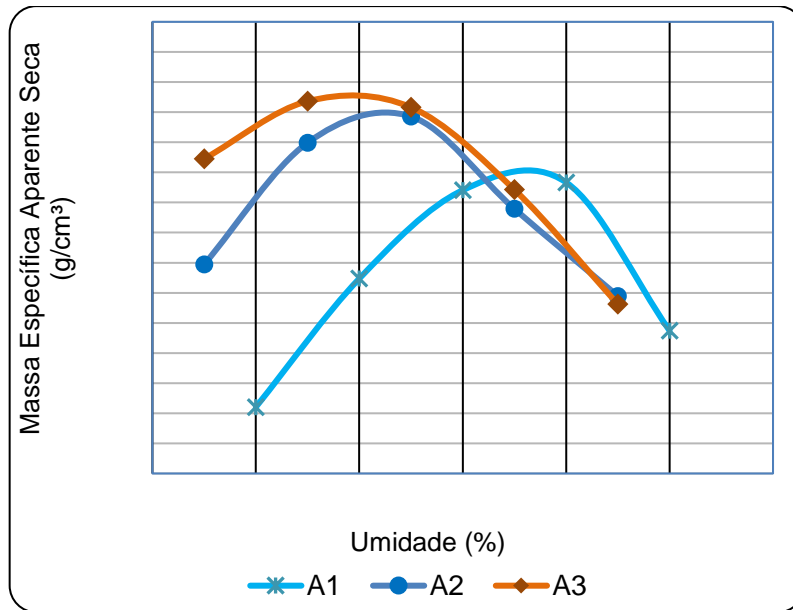


Figura 8 - Gráfico da curva de compactação Proctor do Solo.

3.2 Ensaios de resistência mecânica

As Figuras 9a, 9b, 9c e 9d mostram os resultados do ensaio de RCS

apresentando a relação tensão e umidade nos tempos de cura de 0, 7, 14 e 28 dias, respectivamente.

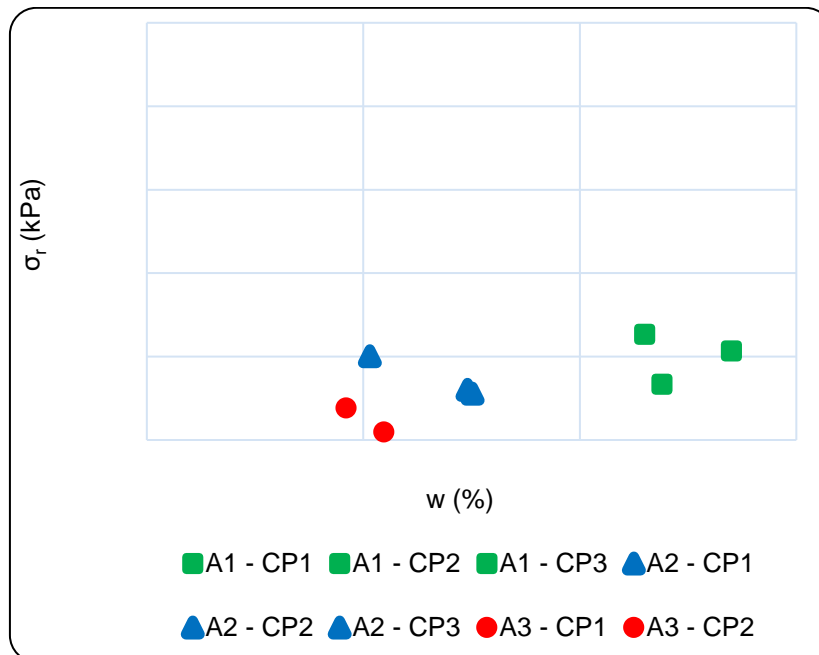


Figura 9a - Gráfico RCS no tempo de cura de 0 dias.

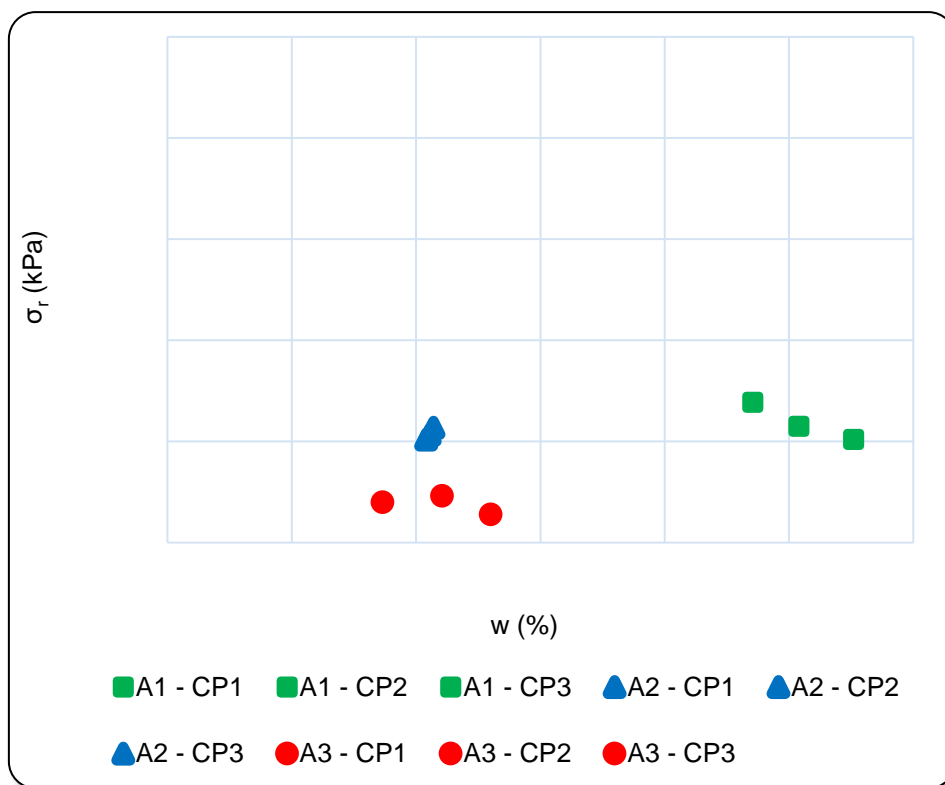


Figura 9b - Gráfico RCS no tempo de cura de 7 dias.

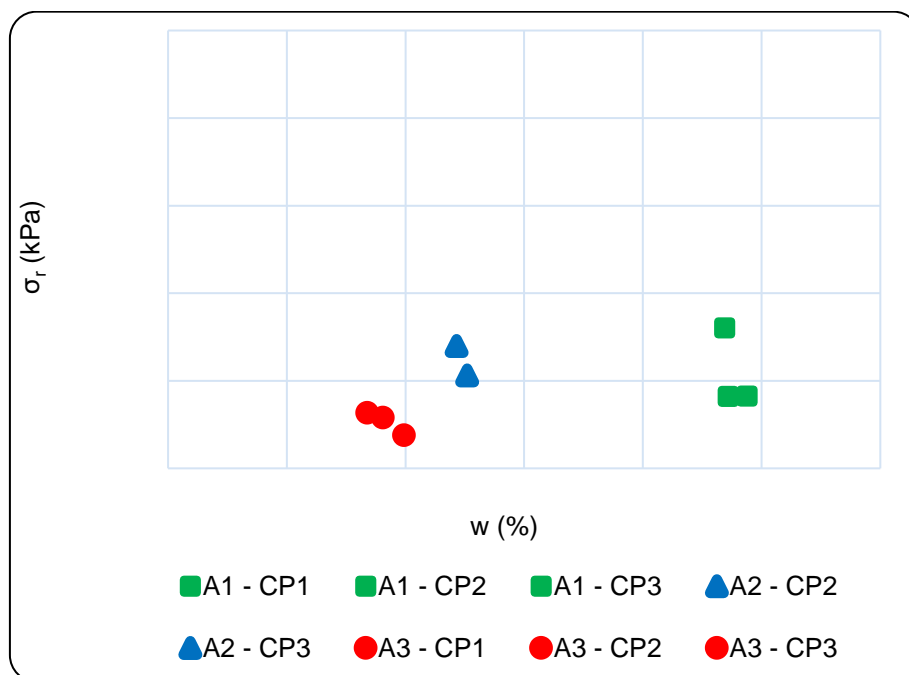


Figura 9c - Gráfico RCS no tempo de cura de 14 dias.

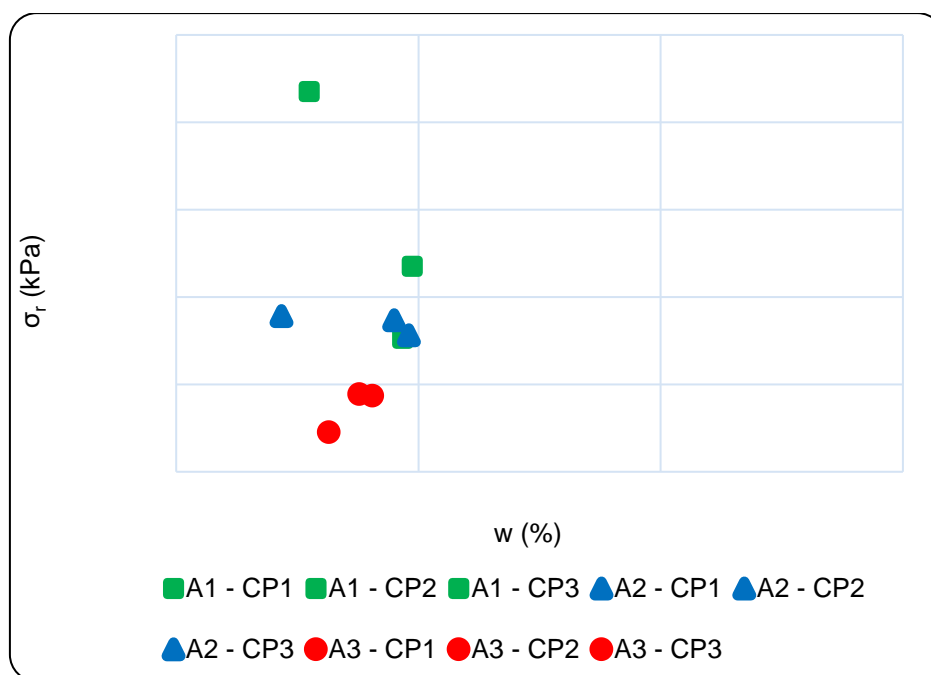


Figura 9d – Gráfico RCS no tempo de cura de 28 dias.

Ao observar os corpos de provas da amostra A3, nota-se que não houve ganho de resistência expressivo e que a umidade variou muito pouco, em torno de 0,22% em relação aos 28 dias. As demais amostras tiveram aumentos de resistência e variações maiores de umidade, em torno de 1%. Os corpos de provas foram embrulhados em filme plástico logo após a moldagem e armazenados em caixa de isopor, fazendo com que os corpos de prova tivessem uma perda pequena de umidade. Após a ruptura dos corpos de

prova pode-se perceber uma perda de coesão nas misturas de solo-RCC em relação aos corpos de prova de Solo, o que pode ter influenciado nos resultados de RCS. Visto que há, em outras pesquisas (FUJII, 2012; GÓMEZ, 2011), um ganho de resistência pela ação pozolânica presente no agregado reciclado de RCC.

Para determinar o ISC, foram preparados 3 corpos de prova para cada mistura. Os resultados são apresentados na Figura 10 e a Tabela 2 apresenta os valores de expansão.

Tabela 2 - Valores da expansibilidade das misturas.

Material/Mistura	Expansão (%)
Solo	0,84
A2	0,13
A3	0,08

Fonte: Próprio Autor.

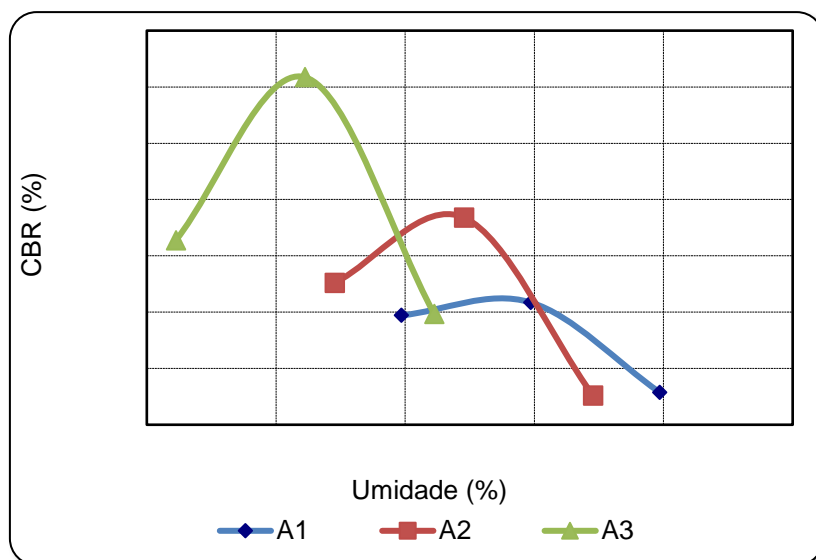


Figura 10 – Gráfico dos valores do ISC das misturas ensaiadas.

Analisando os resultados, e tendo em referência a norma NBR 15.115 (ABNT, 2004) que especifica valores de ISC para serem usados em camadas de subleito $\geq 12\%$, sub-base $\geq 20\%$, e base $\geq 60\%$, é permitido o uso do RCC. A amostra A3 pode ser usada em sub-base de pavimento e a amostra A2 pode ser usado em subleito.

4 CONCLUSÃO

No âmbito da construção civil há várias pesquisas que foram realizadas voltadas ao uso de materiais alternativos na pavimentação. Essa difusão de pesquisas nessa área, desperta à sociedade para estar sempre buscando tecnologias novas e cada vez mais ecológicas e sustentáveis. A população em geral é prejudicada pelos grandes volumes de resíduos acumulados

em indústrias ou em áreas das cidades, causando poeira, poluição visual etc.

Grandes são os desafios da prática de utilização dos agregados recicláveis de RCC, segundo Resplandes (2007), os resíduos oriundos deste setor são descartados em aterros sanitários, provocando graves problemas ambientais, já que estes são materiais não degradáveis e seu acúmulo diminui a vida útil dos aterros. Quando descartados em locais inadequados, causam inúmeros problemas sócio-ambientais como enchentes, assoreamento de córregos e rios, entupimento de redes de drenagem, dentre outros.

No que diz respeito aos ensaios realizados, são descritas as conclusões dos resultados:

- A granulometria do agregado reciclado de RCC não apresentou dispersão de partículas no ensaio de

sedimentação com e sem defloculante. O solo foi classificado na granulometria com fino e no ensaio de classificação MCT expedita o solo foi classificado como arenoso laterítico, no entanto corroboram com a grande quantidade de areia para o mesmo.

- Na compactação pode-se observar um aumento da massa específica aparente seca da mistura a medida que foi adicionando agregado reciclado de RCC. A amostra com mais agregado, amostra A3, apresentou o maior valor de massa específica aparente seca, chegando a $1,65 \text{ g/cm}^3$. A umidade foi o outro fator de alteração na medida em que se acrescentava o agregado ao solo, alcançando 18% para a amostra A3 e 18,5% para a amostra A2, sendo que a amostra A1 teve a umidade ótima de 21,5%.
- No ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ISC) que é o parâmetro mais usado no dimensionamento de pavimentos no Brasil e no mundo, os resultados foram: ISC=10,9% e expansão de 0,64% para a amostra A1; ISC=14,5% e expansão de 0,13% para a amostra A2; e, ISC=20,43% e expansão de 0,08% para a amostra A3. Segundo a especificação da NBR 15.115

(ABNT, 2004) a amostra A2 pode ser usada em camada de subleito e a amostra A3 pode ser usada em sub-base de pavimento.

- No ensaio de Resistência à Compressão Simples (RCS) resultou-se em maiores valores para a amostra de solo, seguida da amostra A2 e mais abaixo os valores da amostra A3. Essa perda de resistência pode ser explicada por uma possível perda de coesão da mistura, que foi verificada logo após a ruptura ao quebrar o corpo de prova para aferir a umidade.

Com os dados obtidos nesta pesquisa, conclui-se que há possibilidade de utilização do RCC associado a um solo com características semelhantes ao estudado, podendo ser usado como soluções e melhorias de camadas de pavimentação. Este fato ainda pode ser impulsionado pela escassez regional de material natural granular tradicionalmente utilizado na confecção de bases e sub-bases de pavimentos. Através do embasamento técnico obtido no ensaio de ISC, o uso em camadas de sub-base o agregado reciclado é uma alternativa adequada.

5 REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12770/1992**: Solo coesivo – Determinação da resistência à compressão não confinada. Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15115/2004**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459/84**: Solos – determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6508/84**: Grãos de solo que passam na peneira de 4,8 mm – determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180/84**: Solos – determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181/84**: Solos – análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182/86**: Solos – ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 1986.
- AMORIM, E.F. (2013). **Viabilidade Técnica Econômica de Misturas de Solo-RCD em Camadas de Base de Pavimentos Urbanos. Estudo de Caso: Município de Campo Verde - MT**. 151 p. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, 2013.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (Brasil). **Resolução Nº 307, de 5 de Julho de 2002**. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2002.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. 2006. **Manual de pavimentação**. 3.ed. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias.– Rio de Janeiro. 274p. 2006.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. **ME 049/94**: Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas. Rio de Janeiro, RJ, 1994.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. **ME 180/94**: Solos estabilizados com cinza volante e cal hidratada – Determinação da Resistência à Compressão Simples. Rio de Janeiro, RJ, 1994.
- FUJII, L. M. T. **Estudo de misturas de solo, RCD e cal virgem e hidratada para uso em obras rodoviárias**. 2012. 137 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2012.
- GÓMEZ, A. M. J. **Estudo experimental de um resíduo de construção e demolição (RCD) para utilização em pavimentação**. 2011, 123 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
- Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>.

- LEITE, F. C. **Comportamento mecânico de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil em camadas de base e sub-base de pavimentos.** 2007. 185 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transporte) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- MOTTA, R. S. **Estudo laboratorial de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil para aplicação em pavimentação de baixo volume de tráfego.** 2005. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transporte) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- PALLATH V. S.; GANGHA G.; RAMASAMY N. G. 2015. Experimental Study on Strength Characteristics of Concrete with Recycled Aggregates and Analysis of its Effective Uses in Road Works. **International Journal of Research in Engineering and Technology.** Volume: 04 Issue: 03. Mar-2015.
- PINTO, Carlos de Souza. **Curso Básico de Mecânica dos Solo em 16 Aulas.** 2006. 3ª Edição. Oficina Textos. São Paulo. 2006.
- PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** 1999, 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- RESPLANDES, H. M. S. **Estudo ambiental e mecânico da aplicação do agregado reciclado na estrutura de pavimentos flexíveis.** 2007. 206 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, Goiânia, 2007.
- REZENDE, L. R.; SILVEIRA, L. R.; ARAÚJO, W. R.; LUZ, M. P. Reuse of Fine Quarry Wastes in Pavement: Case Study in Brazil. **Journal of Materials in Civil Engineering.** Vol. 26, Nº 8, August 2014.
- ROCHA, E. G. A. **Os Resíduos Sólidos de Construção e Demolição: gerenciamento, quantificação e caracterização. Um estudo de caso no Distrito Federal.** 2006. 155p. (Mestre em Estruturas e Construção Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.
- SANTOS, E. F. **Estudo Comparativo de Diferentes Sistemas de Classificações Geotécnicas Aplicadas aos Solos Tropicais.** 2006. 145 p. Dissertação (Mestrados em Engenharia Civil: Transportes). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo. São Paulo. 2006.