

Análise do Comportamento de Solos com o Reaproveitamento de RCC

da Silva, Danilo Alves

Universidade Federal de Itajubá, Itabira, MG, Brasil, danilo.dasilva@hotmail.com

Martins, Cátia de Paula

Universidade Federal de Itajubá, Itabira, MG, Brasil, martinscp26@gmail.com

Oliveira, Carlos Augusto de Souza

Universidade Federal de Itajubá, Itabira, MG, Brasil, drcarlosaugustooliveira@gmail.com

RESUMO: Nas atuais circunstâncias mundiais, a geração de resíduos tornou-se um problema para muitos países, inclusive o Brasil. Onde se via como um problema ambiental no passado, os descartes urbanos sólidos vão aos poucos tomando soluções sustentáveis de aplicação através de reciclagem. Isto é, no que se refere ao resíduo de construção civil (RCC), o País tem evoluído, e novas empresas de reciclagem aparecem para melhorar esta situação. Ao procurar corroborar com esta evolução, este trabalho buscou mostrar, através da mecânica dos solos, valores empíricos que comprovem os benefícios e similaridades em usar RCC em vista de agregado minerado. O que foi obtido, através dos ensaios de análise granulométrica, massa específica dos grãos, limites de consistência e compactação, foram valores favoráveis à utilização do RCC como substituto no reforço de solos. Os resultados da granulometria mostraram que o RCC aumenta o percentual de grãos grandes, facilitando a passagem de água pelo material. Já a massa específica dos grãos e os limites de consistência se mantêm basicamente estabilizados em valores próximos uns aos outros ensaios executados. Por fim, a compactação demonstra uma redução no teor de umidade ótimo e um aumento da massa específica aparente seca, partindo do solo para crescentes percentuais de RCC na mistura. Diferentes ensaios são almejados para essa pesquisa, como o de permeabilidade, mas a partir dos resultados obtidos é possível assumir que o emprego do solo com RCC pode ser considerado admissível para aplicação em reforço de estradas vicinais, sub-base de pavimentos, fundações, complementos de obras ou quaisquer outros propósitos onde a estabilidade da estrutura se assemelha ao uso de agregado junto ao solo.

PALAVRAS-CHAVE: Mecânica dos Solos, Estradas Vicinais, Melhoramento de Solos, Resíduo de Construção Civil.

1 INTRODUÇÃO

Conforme se pode verificar durante a história brasileira, o País se desenvolveu potencialmente no último século, crescendo no mercado nacional e internacional. Um dos mais marcantes progressos vivenciados pela sociedade brasileira foi a expansão maciça da malha rodoviária nacional, que cresceu exponencialmente e hoje conta com

aproximadamente 1,72 milhões de quilômetros de rodovias, segundo boletim CNT de 2016. O mesmo boletim também expressa valores como a representatividade desta malha no transporte de carga interna, sendo 61,1% de toda a movimentação. Ainda no boletim, desta malha rodoviária, apenas surpreendentes 12,3% do total são pavimentadas. Visivelmente este percentual é baixo para um país em desenvolvimento, que deveria focar melhor seus

recursos na ampliação dos meios de transporte, resultando em melhor segurança e agilidade de movimentação. Do total, é mais de 1,35 milhões de quilômetros não pavimentados, o que evidencia um atraso para a sociedade, uma vez que muitas dessas vias não apresentam situação favorável ao tráfego, o que denota alto custo de manutenção aos cofres públicos e limitam a velocidade do transporte de cargas. Os Programas de Aceleração do Crescimento (PAC) são exemplos de investimentos milionários em infraestrutura. Do que é investido, se convertidos em planejamento estratégico e manutenções preventivas, poderiam reduzir custos e ser destinados com propósitos mais eficientes, tema que deveria ser abordado mais a fundo por pesquisas específicas.

Os estudos de geotecnia, associados aos de construção de estradas de rodagem, podem resultar em melhorias no planejamento e conservação das vias. Estas sofrem constante deterioração por estarem expostas às condições climáticas, ambientais e de uso. Contudo, a partir de estudos referentes às características dos solos e suas propriedades, é possível classificá-los e definir melhores técnicas construtivas visando o aumento da durabilidade da infraestrutura e a resistência às intempéries e uso. Os estudos para melhorar a capacidade de suporte dos solos com uso de materiais, como resíduos de construção civil, demolição, cimento, cal, fibras variadas, materiais recicláveis diversos e escória do britamento de minerais, podem ser testados em laboratório e, com base nos resultados, proceder a análise de viabilidade técnico-econômica de aplicação em estradas vicinais ou até mesmo como material para subleito e reforço de pavimentos.

Dentre os inúmeros campos da construção civil, o tópico selecionado a pesquisa é o material oriundo do descarte na construção civil, também conhecido como resíduo da construção e demolição (RCD) ou resíduo de construção civil (RCC), que contempla em grande parte o material resultante de demolição estrutural e restos de produção. O que se pode encontrar no RCC é o restante equivalente da empreita ou demolição, que varia desde fragmentos grandes a pulverulentos.

Portanto, procura-se trabalhar com RCC para melhorar não apenas a capacidade de suporte do solo, mas também como a solução natural e proteção do meio ambiente, tendo em vista que este resíduo não apresenta finalidade específica total, ainda. Procurando melhorar este cenário, pesquisas pelo mundo buscam utilizar o RCC em blocos, base de pavimentos, argamassas, filtros, coberturas de solo, material de fundação superficial, dentre outras finalidades. Em vista disso, faz-se necessário continuar os estudos com esse propósito, o de enriquecer o acervo de material de pesquisa nacional e apresentar soluções sustentáveis aos impasses, aspirando vias seguras e confortáveis para trafegar.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Solos

Os solos representam grande parte da superfície terrestre, por isso, torna-se essencial estudar o comportamento e reações quando aplicado cargas físicas. Diante dessa premissa, grandes pesquisadores vêm ao longo dos séculos relatando e comprovando o conteúdo de seus conhecimentos sobre o comportamento dos diversos tipos de solos através de variadas ciências. De uma forma geral, a mecânica dos solos busca mostrar por métodos teóricos o comportamento do solo aplicado às diversas tensões e suas reações.

No âmbito geral, a mecânica dos solos está envolvida com obras de terra e fundações, atuando em projetos de engenharia como fundações prediais, terraplenagem, aterros, taludes, plataformas e sub-bases de pavimentos entre outras diversas empreitas.

No que se diz respeito à classificação do solo, é possível avaliá-lo quanto a sua origem na natureza, ao tamanho das partículas constituintes ou a sua constituição mineralógica. O principal reconhecido é através do tamanho das partículas, que é definido por diversas instituições mundiais. Alguns exemplos são a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) apresentado na tabela 1, AASHTO (*American Association of State Highway and*

Transportation Officials) e USCS (*Unified Soil Classification System*).

Tabela 1. Classificação do Solo pela ABNT.

Fração	Diâmetro (mm)
Argila	< 0,002
Silte	0,002 a 0,06
Areia Fina	0,06 a 0,2
Areia Média	0,2 a 0,6
Areia Grossa	0,6 a 2,0
Pedregulho	2,0 a 60
Pedra-de-mão	60 a 200
Matacão	200 a 1000

Fonte: ABNT NBR 6502/95.

Acerca dos ensaios relacionados ao tratamento do solo, diversos são os procedimentos que procuram encontrar resultados satisfatórios e acurados para comprovar as propriedades reais dos materiais. O ensaio de análise granulométrica é um dos principais, onde a NBR 7181/84 descreve os procedimentos de execução para aplicação em solos. A massa específica dos grãos também pode ser estimada através dos procedimentos do DNER ME 093/94. Para os limites de liquidez e plasticidade, as normas NBR 6459/84 e NBR 7180/84 são comumente adotadas. Para o ensaio de compactação, é de costume se utilizar a norma NBR 7182/86, a qual descreve os procedimentos de compactação de solos para diferentes energias de compactação e os métodos de execução. Além dessas, a NBR 6457/86 expõem procedimentos para preparação das amostras antes dos ensaios.

2.2 RCC

Em relação à sustentabilidade ambiental, uma das preocupações mundiais, atualmente, é a geração de resíduos nas cidades. Ano após ano, vários países produzem milhares de toneladas de RCC que são descartados em aterros regularizados ou clandestinos pelo mundo. Dados do governo do estado de São Paulo (2012), mostram uma estimativa de geração de RCC equivalentes de 0,4 a 0,7 toneladas por habitante ao ano no País. Isto representa em torno de dois terços da massa de resíduos sólidos municipais ou, então, algo em torno do dobro dos resíduos sólidos dos domicílios.

Complementando, John e Agopyan (2000) e Santos (2007) esclarece que os resíduos de construção e demolição podem ser gerados na produção de materiais e componentes, nas atividades dentro do canteiro de obras, durante as manutenções, modernizações e, finalmente, nas demolições. Atualmente, a resolução 307 do CONAMA (2002) cita o que pode ser caracterizado como resíduo sendo tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

Nesse contexto, Pinto (1999) apresenta dados estatísticos que de que 25% do material levado à obra para empreita é perdido e convertido em entulho. O autor também relata que a geração de entulho representa 50% do material empregado, gerando uma taxa de 150 quilogramas por metro quadrado construído.

Para classificar os diferentes materiais encontrados neste emaranhado da construção civil, o CONAMA (2002) coloca as classes sendo:

“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 etc.), argamassa e concreto;
- De processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzido nos canteiros de obras;

“Classe B – São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;

“Classe C – São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;

“Classe D – São resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas,

solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à 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 produtos nocivos à saúde”.

Quanto à utilização do material reciclado para diversos fins, como cita Pinto (1999 *apud* Hansen, 1992), o RCC de classe A pode ser empregado em “projetos de drenagem, para sub-base de vias e estradas, e como agregado para a produção de concreto”. Apesar de o termo ser geral, a forma de tratar e utilizar o material ainda é singular em cada região e usina. Isto decorre devido à variedade de material encontrado no RCC. Perceptível também, um marco evolutivo no Brasil, é o crescente número de usinas de reciclagem de material tipo classe A (Figura 1). Em 2008, estima-se que o país contava com 47 usinas de reciclagem (Miranda *et al.*, 2009), já em 2014 um levantamento da ABRECON (2015) relatou a presença de aproximadamente 310 empresas de reciclagem no país, demonstrando o avanço na aplicação de material reciclável no mercado nacional da construção civil.



Figura 1. Usina de reciclagem de entulho. Fonte: Alterado de PBH, 2016.

Uma das principais preocupações de depósitos de RCC é que geram um ambiente propício à proliferação de pestes e vetores prejudiciais às condições de saneamento e à saúde humana como um todo (Pinto, 1999).

No que se diz respeito à utilização de RCC no aprimoramento de estradas e pavimentos, pesquisas como as de Silva e Miranda (2008),

Motta (2005), Leite (2007) tratam de mostrar resultados utilizando RCC em testes de CBR, compactação, aditivos, granulometria, entre outros e comprovam resultados positivos no processamento de uso do RCC com as devidas medidas adequadas. Das características físicas apresentadas do RCC, Leite (2007 *apud* Zordan, 2003) deixa notório que os menos exibem diferenças dos agregados naturais, como exemplo disso, a alta porosidade resulta em alta absorção de água. Mas, novamente, são isolados os casos devido à variação do material presente no RCC. Já sobre custos, o uso de material reciclado pode ser considerado até 30% mais barato do que a brita graduada simples, sendo um bom motivo para incentivar o mercado (Leite, 2007 *apud* Blankenagel e Guthrie, 2006).

3 MATERIAIS UTILIZADOS E PROCEDIMENTOS DE ENSAIOS

Para os ensaios descritos nesse trabalho, o solo amostrado (Figura 2) foi coletado às margens da rodovia MG-129, no perímetro da cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil. O solo obtido foi armazenado e levado para laboratório em boa quantidade para execução dos ensaios previstos e reserva para ensaios futuros. Já o resíduo de construção civil foi coletado de um bota-fora da cidade de Itabira, onde os materiais presentes no RCC eram predominantemente de classe A, sendo visível a presença de concreto, argamassa, cerâmicos, rochas ornamentais, tijolos, dentre outros. As armações encontradas dentro do concreto foram removidas antes do processo de britamento. É importante ressaltar que o RCC coletado respeita a NBR 15115/2004, a qual limita o material apresentar porcentagem passante em peneira 0,42 mm (#40) entre 10% e 40%. Também relativo à mesma norma, nos ensaios de compactação é recomendado para camadas de reforço para subleito a energia normal como mínima no teste. Já para camadas de base e sub-base, recomenda-se utilizar energia intermediária como mínimo. Em prol do dito, adotou-se para este trabalho a energia intermediária para teste de compactação.

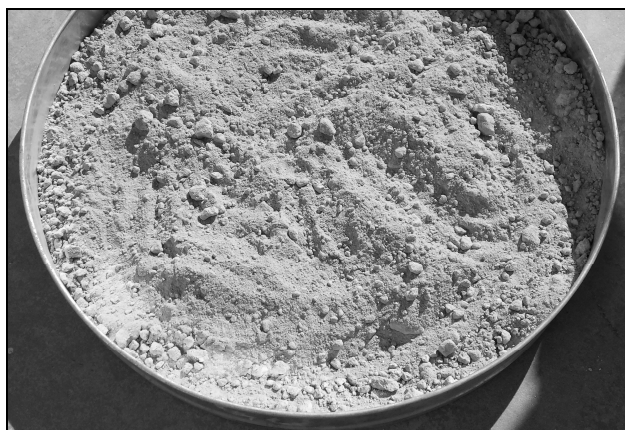


Figura 2. Amostra de solo.

O RCC foi coletado em tamanhos diversos, sendo que alguns eram maiores que uma pedra-de-mão, ou seja, com diâmetros superiores a 200 milímetros. Todo o material foi passado em britador de mandíbula, britado em material pulverulento e brita de tamanho aproximado àquele da brita 0 (9,5 a 4,75 mm) e 1 (19,0 a 9,5 mm). As misturas foram feitas e os ensaios de granulometria, massa específica dos grãos (ρ_s), teor de umidade (w), limite de plasticidade (LP) e limite liquidez (LL) foram executados, inclusive com o RCC puro.

Os percentuais de amostra para ensaio foram tomados aleatoriamente conforme tabela 2, adotados exclusivamente para este trabalho. Os valores buscam cobrir a variação da presença do RCC no material como um todo. Por isso, essa análise da quantidade misturada ao solo proveu uma análise criteriosa dos valores conforme o percentual vai aumentando.

Tabela 2. Identificação das amostras.

Descrição da Amostra	Percentual de Solo	Percentual de RCC
Solo	100	0
90S10R	90	10
75S25R	75	25
50S50R	50	50
RCC	0	100

4 RESULTADOS E ANÁLISE

Nos decorrentes processos com as amostras, os resultados relacionados à análise granulométrica exigem uma coleta prévia de valores sobre o teor de umidade e massa específica dos grãos.

Estes dados são representativos do material presente em laboratório, e não em campo. Ressalta-se que as amostras foram previamente secas até ao teor de umidade higroscópico. A tabela 3 exibe os resultados associados à massa específica dos grãos e teores de umidade das amostras.

Tabela 3. Teores de umidade (w) e massa específica dos grãos (ρ_s) obtidos.

Amostra	w (%)	ρ_s (g.cm^{-3})
Solo	0,6	2,607
90S10R	0,8	2,600
75S25R	0,8	2,586
50S50R	1,5	2,589
RCC	2,1	2,606

Os resultados são instigadores, pois mostra uma variação na absorção de água das amostras, o que desperta preocupação ao imaginar a compactação, em campo, desse material na condição de teor de umidade ótimo e massa específica seca máxima. Como já citado, Leite (2007 *apud* Zordan 2003) evidencia o fato de o RCC absorver e manter maior quantidade de água. Quanto à massa específica dos grãos, esta não apresenta variação substancial, com valor médio igual a $2,6 \text{ g.cm}^{-3}$ para todas as amostras, levando a inferir que os materiais possuem semelhanças quanto à origem e constituição mineralógica.

Quanto à análise granulométrica, foram executados ensaios conforme a norma (ABNT, 1984c), com todas as amostras e suas variações no percentual de RCC misturado. Dos resultados obtidos por sedimentação e peneiramento, as curvas granulométricas de cada amostra foram traçadas (Figura 3) e extraíram-se os percentuais das diferentes frações encontrados em cada amostra (Tabela 4) conforme mostrado e encontrado em norma (ABNT, 1995).

Tabela 4. Percentual de fração de solo por amostra.

	Solo	90S10 R	75S25 R	50S50 R	RCC
Pedregulho	5.3%	8.2%	14.6%	25.4%	45.9%
Areia	48.1%	51.4%	52.1%	49.9%	44.7%
Silte	19.5%	17.6%	12.0%	9.2%	2.2%

Argila 27.1% 22.8% 21.3% 15.5% 7.2%

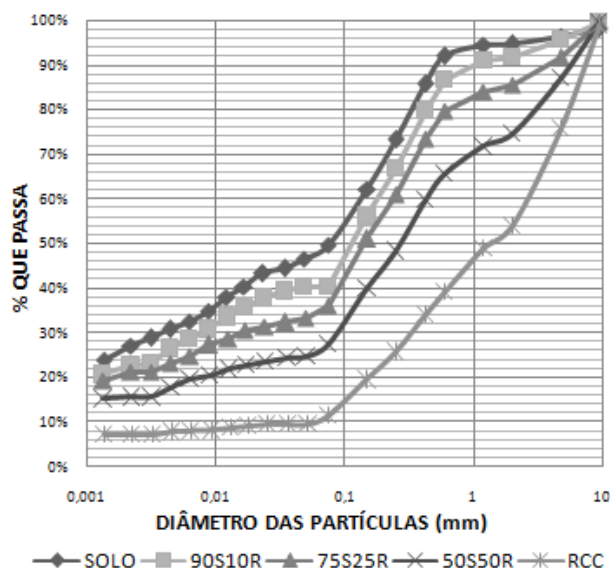


Figura 3. Análise granulométrica das amostras.

Dos resultados apresentados na tabela 4, percebe-se um elevado patamar no percentual de areia para todas as amostras, decorrido possivelmente da origem mineralógica da amostra e do elevado índice de areia presente no material britado.

Por outro lado, o percentual de pedregulho é crescente do solo para o RCC. Esses pedregulhos estão principalmente relacionados às cerâmicas e rochas ornamentais britadas. Todavia, esse percentual implica em um aumento de material semelhante ao de cascalho ou brita aplicado usualmente na construção e manutenção de estradas, onde se almeja melhores resultados na estabilidade da geometria e drenagem das vias. Assim, o RCC torna-se um atrativo para ser aplicado como substituto, principalmente em vias onde seria reduzida a quantidade de irregularidades na estrutura.

Referindo-se sobre os ensaios de limite de plasticidade e limite de liquidez, torna-se necessário esclarecer que estes são ensaios específicos dependentes do percentual de argila presente nas amostras. Com isso, os procedimentos para encontrar o limite de plasticidade foram aplicados a todas as amostras, mas os valores não foram encontrados, classificando-se todas as amostras como não plásticas (NP). Já sobre o limite de liquidez, os valores podem ser vistos a seguir,

onde o RCC foi classificado como não apresentando limite de liquidez.

- Solo apresenta LL de 26,3%;
- 90S10R apresenta LL de 23,4%;
- 75S25R apresenta LL de 22,5%; e
- 50S50R apresenta LL de 24,6%.

O limite de liquidez tende a diminuir conforme o percentual de RCC vai aumentando. Uma pequena variação do resultado aconteceu para o 50S50R, onde fatores como o percentual de finos do RCC ou processos de execução podem ter afetado o resultado apresentado. Contudo, os valores de teor de umidade não apresentaram variações apreciáveis, apenas 4% entre o solo e a amostra de menor valor.

Para o teste de compactação executado conforme a norma (ABNT, 1986b), como dito anteriormente, os testes foram executados adotando energia de compactação intermediária e cilindro grande. A partir dos resultados apresentados na figura 4, concluem-se alguns dos efeitos da mistura solo/RCC. O solo e a amostra 50S50R apresentaram teores de umidade ótimo de aproximadamente 15,0% e 13,0%, e massa específica seca de $1,79 \text{ g/cm}^3$ e $1,87 \text{ g/cm}^3$, respectivamente. Observa-se o aumento da massa específica seca e a redução do teor de umidade da amostra com a adição de RCC ao solo.

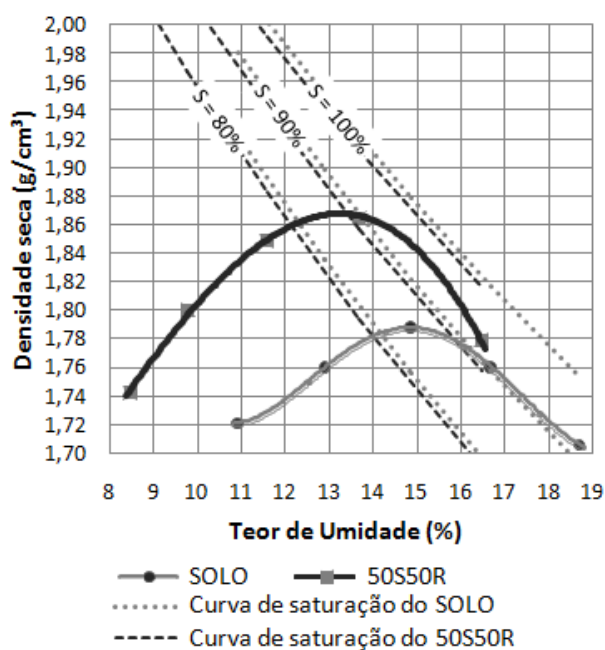


Figura 4. Curvas de compactação.

Em relação às amostras intermediárias, 75S25R e 90S10R, espera-se a obtenção de teores de umidades ótimos e massas específicas secas entre os valores apresentados pelos gráficos da figura 4. Neste caso, respeitando-se a sequência a seguir em relação ao aumento da massa específica seca: SOLO, 75S25R, 90S10R e 50S50R.

Apesar do solo e RCC analisados serem de diferentes regiões, é possível comparar os resultados de trabalhos já executados com situações semelhantes de ensaio. Pode-se notar que os resultados se mostraram relativamente próximos, onde se têm Leite (2007), com resultados encontrados para o RCC foram de teor de umidade ótimo igual a 14,6% e densidade seca de $1,79 \text{ g.cm}^{-3}$. Já no trabalho de Buligon (2015), para uma mescla de solo e 40% de RCC, obteve-se resultados aproximados de densidade seca de $1,68 \text{ g.cm}^{-3}$ e teor de umidade de 22,0%. Um caso, ainda mais semelhante, com mescla de 50% de solo e 50% de RCC, Hortegal *et al* (2009), relata resultados aproximados de densidade seca de $1,87 \text{ g.cm}^{-3}$ para um teor de umidade ótimo de 5,0%.

5 CONCLUSÕES

Como apresentado, o Brasil vem se desenvolvendo no setor de reciclagem de RCC. Uma evolução considerável no número de usinas pelo país é perceptível. Diversas empresas têm utilizado cada vez mais o RCC como opção de agregado na construção de vias, fabricação de blocos e tijolos, e outras funções associadas ao material britado de jazidas. A princípio, tem-se a atividade do britamento e manejo do RCC caracterizada como sustentável e ambientalmente correta, a qual reduz os depósitos de RCC de muitas cidades, visto que o material está sendo aproveitado em obras de construção. Outro fator, não menos importante, é a criação de usinas de britamento concebendo novos empregos. No entanto, ainda é controverso o uso dos produtos de classes diferentes do A, por não apresentarem maleabilidade em sua utilização e reciclagem.

No que diz respeito aos resultados de granulometria, teor de umidade, massa

específica dos grãos, limites de liquidez e ensaios de compactação, as misturas de RCC e solo se mostraram adotáveis, ou seja, os resultados melhoraram para valores mais aceitáveis na aplicação em campo. Portanto, de forma geral, o uso em plataformas de vias, sub-base, fundações, enchimento de valas, dentre outras finalidades é uma opção plausível para substituição de agregados minerados.

A distribuição granulométrica do solo é alterada ao misturar o RCC, aumentando o percentual da fração pedregulho. É possível, assim, associar de forma indireta esse aumento a uma possível melhoria da resistência do solo às cargas aplicadas. Adicionalmente, considerando os coeficientes de permeabilidade de alguns materiais, esse percentual de material graúdo possivelmente contribuirá para acelerar o processo de infiltração da água pela camada de mescla, tendo comportando semelhante ao de um material drenante natural.

Salienta-se que, com as possíveis melhorias das características físicas e mecânicas do solo natural misturado ao RCC, é possível diminuir o consumo de materiais novos para a execução de vias, preservando jazidas e ambientes naturais. Deste modo, preservando espaço, combatendo possíveis vetores prejudiciais e reciclando um material até, então, descartável e acumulativo.

Em relação aos resultados de compactação, estes se mostraram compreendidos entre as curvas de saturação para 80% e 100%, com comportamento similar ao esperado para diferentes tipos de solos. Também se constataram conclusivos à uma melhora na densidade seca em função da redução do teor de umidade, conforme o percentual de RCC foi aumentando nas amostras, refletindo a possível melhoria da estabilidade do solo quanto à sua resistência.

Como futuras possibilidades de continuação dessa pesquisa ficam sugeridas as determinações de outras características físicas, mecânicas e químicas das amostras, como a permeabilidade, expansibilidade e Índice de Suporte Califórnia, para enriquecimento da discussão sobre o tema. Além disso, a influência do RCC no meio ambiente, como os efeitos e impactos causados ao solo.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), pelo apoio financeiro e infraestrutura.

REFERÊNCIAS

- ABRECON, Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. *Relatório – Pesquisa Setorial 2014/2015*. A Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição no Brasil. São Paulo, 2015.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (1984a). *NBR 6459: Solo – Determinação Limite de Liquidez*. Rio de Janeiro, RJ.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (1984b). *NBR 7180: Solo – Determinação do Limite de Plasticidade*. Rio de Janeiro, RJ.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (1984c). *NBR 7181: Solo – Análise Granulométrica*. Rio de Janeiro, RJ.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (1986a). *NBR 6457: Preparação para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização*. Rio de Janeiro, RJ.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (1986b). *NBR 7182: Solo – Ensaio de Compactação*. Rio de Janeiro, RJ.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (1995). *NBR 6502: Rochas e Solos*. Rio de Janeiro, RJ.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (2004). *NBR 15115: Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil – Execução de Camadas de Pavimentação – Procedimentos*. ABNT, Rio de Janeiro, RJ.
- Buligon, L. B. (2015). *Estudo de Misturas de Solo Argiloso Laterítico e Resíduo de Construção Civil para Uso em Pavimentos Econômicos*. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI, Ijuí, RS.
- Confederação Nacional do Transporte - CNT. (2016) *Boletim Estatístico – CNT – janeiro 2016*. Brasília, DF.
- Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA. (2002). Resolução n.307 de 5 julho de 2002. *Estabelece Diretrizes, Critérios, e Procedimentos para a Gestão dos Resíduos da Construção*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. (1994). *ME 093: Solos – Determinação da densidade real*. Rio de Janeiro, RJ.
- Hortegal, M. V., Ferreira, T. C. e Sant’Ana, W. C. (2009). Utilização de Agregados Resíduos Sólidos da Construção Civil para Pavimentação em São Luís, MA. *Revista Pesquisa em Foco*. v. 17, n.2, p. 60-74. São Luís, MA.
- John, V.M. e Agopyan, V. (2000). *Reciclagem de Resíduos da Construção*. In Seminário de Resíduos Sólidos e Domiciliares CETESB, São Paulo, SP.
- Leite, F. C. (2007). *Comportamento Mecânico de Agregado Reciclado de resíduo Sólido da Construção Civil em Camadas de Base e Sub-base de Pavimentos*. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.
- Miranda, L.F.R., Ângulo, S.C. e Careli, E.D. (2009). A Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição no Brasil: 1986-2008. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. *Ambiente Construído*. Porto Alegre, v.9, n. 1, p. 57-71, jan./mar.
- Motta, R.S. (2005). *Estudo Laboratorial de Agregado Reciclado de Resíduo Sólido da Construção Civil para Aplicação em Pavimentação de Baixo Volume de Tráfego*. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.
- Pinto, T.P. (1999). *Metodologia para a Gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana*. Tese (doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. USP. 189. São Paulo, SP.
- Prefeitura de Belo Horizonte - PBH. (2016). *Estações de Reciclagem*. Estações de Reciclagem de Entulho. Disponível em: <<http://portalpbh.pbh.gov.br>>. Acesso em: 03 fev. 2016.
- Santos, E.C.G. (2007). *Aplicação de Resíduos de Construção e Demolição Reciclados (RCD-R) em Estruturas de Solo Reforçado*. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, SP.
- São Paulo, Governo do Estado. (2012). *Resíduos da Construção Civil e o Estado de São Paulo*. Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo SINDUSCON-SP. São Paulo, SP.
- Silva, P.C. e Miranda, L.F.R. (2008) *Análise da Influência do Controle Granulométrico nas Características Físicas e Mecânicas de Agregados Reciclados para Pavimentação*. XII ENTAC Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Fortaleza, CE.