

Avaliação da Adição de Resíduos de Construção Civil (RCC) para Estabilização de Solos Colapsíveis.

Aline Cátia da Silva
UPE, Recife, Brasil, aline.catia14@gmail.com

Francisco Cardoso dos Santos Neto
UPE, Recife, Brasil, fcsn_pec@poli.br

Stela Fucale Sukar
UPE, Recife, Brasil, sfucale@yahoo.com.br

Silvio Romero de Melo Ferreira
UFPE, UNICAP e UPE, Recife, Brasil, sr.mf@hotmail.com.

RESUMO: O crescimento das atividades relacionadas à indústria da construção civil tem aumentado a produção de resíduos. Diante desta problemática, se faz necessária a busca por medidas que reutilizem esses materiais. Uma alternativa é o uso de agregados miúdos de resíduos de construção civil (RCC) reciclados para estabilização de solos colapsíveis, uma vez que diversos danos têm sido observados em edificações assentes sobre esses tipos de solos quando não são identificados na fase de projeto. Este trabalho analisa em laboratório as características físicas e mecânicas de agregados reciclados de RCC junto a um solo colapsível – na proporção de 50% em peso, na umidade natural e em diferentes graus de compactação – a fim de verificar a potencialidade na diminuição de colapso do solo em estudo. Para tanto, foram realizados coleta dos materiais, preparação das amostras, ensaios de caracterização física (granulometria, limites de consistência, densidade real e compactação) e edométricos simples, cujas amostras ensaiadas foram consolidadas e inundadas nas tensões verticais de 10, 40 e 160 kPa. A dosagem adotada de RCC foi satisfatória no que se refere à estabilização granulométrica e melhoria da capacidade de suporte frente às solicitações de cargas e condições de inundação do solo colapsível, pois a adição de agregados reciclados de RCC ao solo proporcionou uma significativa redução do potencial de colapso, variando de 19,2 a 78,8%, além da incorporação do resíduo ao solo se mostrar uma opção sustentável para a destinação adequada desse material, reduzindo, conseqüentemente, o consumo de recursos naturais.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos de Construção Civil, Solo Colapsível, Estabilização.

1 INTRODUÇÃO

Devido a sua importante posição na economia da sociedade, a indústria da construção civil é uma das principais responsáveis por causar impactos ambientais em todo o mundo. De acordo com Roth e Garcias (2009), vários problemas ambientais são gerados pelo modelo de construção civil praticado no Brasil. Isso se

deve ao uso de matérias primas não renováveis, consumo de grande quantidade de energia em suas atividades e desperdício no uso dos materiais, tornando o setor construtivo um gerador em potencial de resíduos.

A reciclagem de resíduos de construção civil (RCC), além de gerar economia com a limpeza urbana, diminui a exploração de novas jazidas e reduz, segundo Gusmão (2008), os impactos ao

meio ambiente, já que em Recife-PE, por exemplo, são geradas, entre 3.000 e 4.000 ton/dia de RCC.

Por outro lado, uma questão importante a ser considerada consiste nos danos causados a obras assentes sobre solos colapsíveis, pois, segundo Ferreira et al. (2005), a alteração do teor de umidade nesses solos provoca a variação de seu volume e perda de sua resistência, causando sérios problemas de engenharia, tais como trincas, fissuras e rupturas em casas e edifícios, depressões em pavimentos rodoviários, formação de superfície de escorregamento de taludes, dentre outros. Problemas assim incentivam a pesquisa de soluções para a estabilização desses tipos de solos.

Uma das técnicas utilizadas para essa alternativa é a estabilização granulométrica dos solos a partir da aplicação de agregados (FERREIRA; TOMÉ, 2011). Nesse contexto, analisar a viabilidade da aplicação de agregados reciclados de RCC misturados com um solo colapsível é o foco deste trabalho, visando melhorar as características de colapso do solo em estudo e contribuir para um direcionamento viável dos RCC.

2 GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

2.1 Resíduos de Construção Civil

Pode-se entender como RCC os materiais gerados em obras de construção civil, a partir da preparação e escavação de terrenos e das fases de construção, reforma, reparo e demolição. Estes resíduos são compostos, geralmente, por tijolos, materiais cimentícios, metais, madeira, gesso, solos, etc.

A necessidade de gerenciar e segregar de forma correta os RCC – tornando viável o seu reaproveitamento – resultou na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 307/2002 e em normas técnicas da ABNT. De acordo com a Resolução CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002), os RCC podem ser utilizados como agregados reciclados, desde que apresentem características

técnicas aplicáveis em obras de engenharia.

2.1.1 Geração de Resíduos na Construção Civil

O volume de resíduos gerados pela construção civil tem atingido quantidades elevadas em todo o mundo, sendo superior ao volume de resíduos domésticos. Dados mostram que, no Brasil, para cada tonelada de resíduo urbano coletado, recolhem-se duas toneladas de entulho proveniente da construção civil (ERPEN, 2009). De acordo com Mesquita (2012), a quantidade de RCC gerada no Brasil varia entre 41% e 70% da massa total de resíduos sólidos urbanos. No entanto, acredita-se que essa quantidade seja cada vez mais crescente.

Atualmente, este cenário vem mudando, pois já se observa no mercado o interesse em reduzir, reciclar, reutilizar ou destinar corretamente os resíduos produzidos. Isso mostra a importância de se encontrar alternativas sustentáveis para o uso de RCC, pois estes resíduos podem alimentar o próprio setor construtivo ao serem utilizados em diversas aplicações como material reciclado.

3 SOLOS COLAPSÍVEIS

Segundo Fucale (2000), solos colapsíveis podem ser definidos como solos não saturados que sofrem uma expressiva redução de volume ao serem inundados, com aplicação ou não de sobrecarga. Este tipo de solo, ao se aumentar a quantidade de água em seus vazios, perde a sua resistência e então colapsa.

Existem solos colapsíveis que, ao serem inundados, entram em colapso sem aplicação de carga externa. Contudo, em solos colapsíveis brasileiros, se o carregamento externo alcançar um valor mínimo necessário dito “carga de colapso”, o colapso ocorrerá (CINTRA, 2004).

3.1 Fenômeno de Colapso

A colapsividade dos solos depende de um conjunto de fatores inerentes ao próprio solo e de vários outros relacionados às condições do meio. Também se observa que a ocorrência de colapso prepondera em regiões onde a perda de

água do solo por evaporação para a atmosfera é maior do que a precipitação, em locais onde o clima é árido, semi-árido e tropical (FERREIRA; NETO, 1998).

Fucale (2000) menciona vários fatores que influenciam no colapso dos solos, como por exemplo: granulometria do solo, peso específico aparente seco, umidade inicial, tipo de permeante, velocidade de inundação, tensão vertical de inundação, entre outros.

Há evidências da ocorrência de solos colapsíveis em muitos estados do país, como Amazonas, Bahia, Ceará, Goiás, Minas Gerais, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Sul, São Paulo e no Distrito Federal. Em Pernambuco, se constatou a existência desse tipo de solo nos municípios de Carnaíba, Gravatá, Petrolândia, Petrolina, Santa Maria da Boa Vista e na cidade do Recife (FUCALE, 2000).

3.2 Estabilização de Solo

O processo de melhoramento de solo consiste, basicamente, em tornar o solo estável para os limites de sua utilização, mantendo esta estabilidade sob a ação de esforços externos e situações climáticas diversas (GUEDES, 2013).

Como determinados tipos de solos enfrentam uma brusca variação de volume e perda de resistência quando submetidos a condições de carregamento e umidade, pode-se citar, de acordo com Ferreira (2010), algumas soluções para essa situação, como por exemplo, o melhoramento a partir da compactação, pré-carregamento, adição de argila e adição de lodo de esgoto tratado misturado ao solo antes de ser compactado. Outra técnica utilizada para essa alternativa, segundo Ferreira & Tomé (2011), é a estabilização granulométrica dos solos por meio da aplicação de agregados. De forma geral, estes métodos modificam a estrutura dos solos, tornando-os estáveis.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O RCC utilizado nesta pesquisa foi coletado em uma obra em fase de estrutura de concreto com

alvenaria de vedação em tijolos cerâmicos, localizada em Recife-PE (Figura 1).



Figura 1. Resíduo de construção civil coletado.

Foram coletados cerca de 200 Kg de resíduo, sendo realizado neste material a composição gravimétrica e, posteriormente, o beneficiamento por meio de um triturador de mandíbulas. Em seguida, as amostras de agregados reciclados de RCC foram submetidas ao ensaio de granulometria e após a análise dos percentuais de seus constituintes foi definida a utilização das frações granulométricas cujos grãos fossem maiores que a abertura da peneira nº 30 (0,6 mm), pois realizou-se uma análise comparativa das curvas granulométricas do solo e do agregado reciclado de RCC, verificando-se que as frações maiores que 0,6 mm (# nº 30) de RCC seriam mais adequadas para fins de estabilização do solo colapsível.

A partir da definição das frações de RCC a serem utilizadas se estabeleceu a proporção de 50%, de forma investigatória.

O solo colapsível utilizado neste estudo é proveniente do município de Petrolina-PE, onde foram coletadas amostras deformadas, aproximadamente 50 Kg (Figura 2).



Figura 2. Trincheira para coleta do solo colapsível. Fonte: Torres (2014).

4.1 Ensaios de Caracterização Física e Mecânica

Os ensaios de caracterização física foram realizados de acordo com as normas brasileiras: NBR 6457/86 para preparação de amostras de solo; NBR 7181/84 para a análise granulométrica; NBR 6459/84 e NBR 7180/84 para os limites de consistência; NBR 6508/84 para a densidade real dos grãos – em vigor na época dos ensaios –; e NBR 7182/86 para compactação.

Os ensaios edométricos simples foram conduzidos segundo a NBR 12007/90 e realizados em células convencionais e prensas para aplicação de carregamento.

Para a execução dos ensaios edométricos, foram adotadas as seguintes condições: i) grau de compactação (GC): 85, 90 e 95%; ii) teor de umidade (W): umidade natural do RCC (1%) e do solo *in situ* (0,2%); e iii) tensão de consolidação: 10, 40 e 160 kPa. Os ensaios edométricos realizados no solo colapsível foram executados, à parte, por Veríssimo (2015), e seus resultados cedidos para comparação com os deste estudo.

No total foram ensaiados 18 corpos de prova, sendo 9 de amostras deformadas de solo colapsível e 9 de uma mistura solo-RCC com um percentual de 50% de agregado reciclado de RCC em peso.

Para a realização de tais ensaios foi confeccionado um molde de aço, Figura 3, com dimensões internas próximas a dos anéis edométricos.

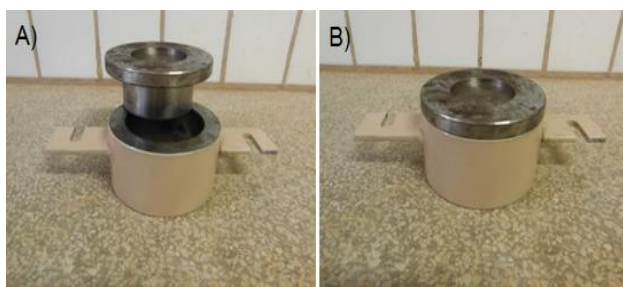


Figura 3. Molde de aço.

O procedimento para a preparação dos corpos de prova seguiu o seguinte roteiro:

- encaixe do molde no anel edométrico, sendo este colocado previamente sobre papel filtro e pedra porosa;
- inserção das amostras deformadas, na umidade estudada, em anel edométrico, possuindo este ponta biselada, altura média de 20 mm e diâmetro médio de 7,1 mm;
- encaixe da tampa do molde sobre o conjunto (molde + anel + amostra);
- compactação do conjunto com uma prensa hidráulica até o perfeito encaixe da tampa com o moldador; e
- montagem e instalação do corpo de prova na célula edométrica e posteriormente na prensa de adensamento.

Os valores de potencial de colapso foram determinados para cada ensaio.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Composição Gravimétrica do RCC

O resíduo analisado se classifica, de acordo com a Resolução CONAMA 307 (BRASIL, 2002), como classe A – composto por materiais como concretos, argamassas, tijolos e telhas cerâmicas – e como resíduo misto, segundo a NBR 15116 (2004), pois em sua composição gravimétrica consta menos de 90% de material cinza – material à base de cimento Portland.

Os materiais indesejáveis (madeira, plástico, gesso, papel e metais) constituem menos de 1% da amostra total de resíduo, estando abaixo do limite de 3% recomendado pela NBR 15115 (ABNT, 2004).

5.2 Ensaios de Caracterização Física

A Figura 4 apresenta as curvas granulométricas dos materiais analisados neste estudo e a Tabela 1 apresenta um resumo dos percentuais das frações por constituintes de cada amostra, de acordo com a NBR 6502 (ABNT, 1995).

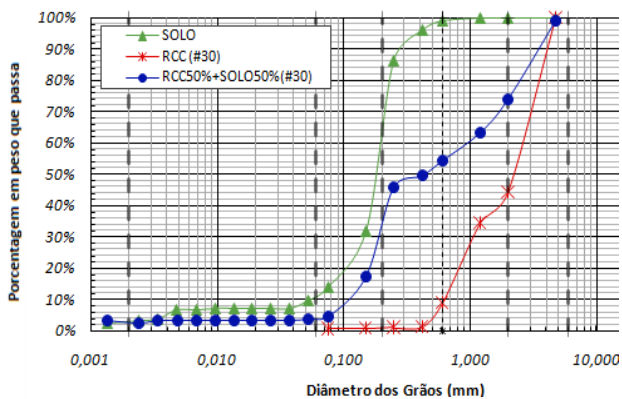


Figura 4. Curvas granulométricas das amostras.

Tabela 1. Percentual das frações por constituintes das amostras estudadas.

Fração	# peneira (mm)	Solo (%)	RCC* (%)	Solo-RCC (%)
pedregulho grosso	20 - 60	0	0	0
pedregulho médio	6,0 - 20	0	0	0
pedregulho fino	20 - 2,0	0	56	25
areia grossa	0,6 - 2,0	1	35	20
areia média	0,2 - 0,6	40	8	23
areia fina	0,06 - 0,2	49	1	28
silte	0,002-0,06	3	0	1
argila	< 0,002	7	0	3

Onde: (*) RCC retido na peneira # 0,6 mm.

O resultado da análise granulométrica da amostra de solo colapsível mostra que ele é constituído, predominantemente, de areia (90%) e de pequenos percentuais de silte (3%) e argila (7%). De acordo com o Sistema Unificado de Classificação dos solos (SUCS), a amostra do solo está classificada como SP-SM (Areia fina siltosa mal graduada).

O RCC, apesar de ser composto, em sua maioria, por pedregulho fino, apresenta classificação equivalente a areia, se enquadrando, de acordo com o SUCS, no grupo SP (areia mal graduada).

A variabilidade do tamanho das partículas é o principal gerenciador na estabilização granulométrica de um solo. Dessa forma, percebe-se que a mistura de solo com 50% em peso de RCC melhorou a distribuição granulométrica do solo colapsível – essa distribuição ocorreu com o material retido na peneira nº 30 (0,6 mm) – e proporcionou a ele uma granulometria mais uniformemente

distribuída, sendo classificado pelo SUCS como SW (areia bem graduada).

Na Tabela 2 constam os resultados dos demais ensaios de caracterização física.

Tabela 2. Parâmetros geotécnicos das amostras utilizadas neste estudo.

Amostras	ρ (g/cm ³)	IP	$\gamma_d \text{ máx.}$ (kN/m ³)	W_{ot} (%)
Solo	2,638	NP	18,50	7,30
RCC*	2,604	NP	13,39	19,72
Solo-RCC	2,622	NP	17,89	11,44

Onde: (*) RCC retido na peneira # 0,6 mm; ρ = densidade real dos grãos; IP = índice de plasticidade; $\gamma_d \text{ máx.}$ = peso específico aparente seco máximo; W_{ot} = umidade ótima; e NP = não plástico.

Observa-se que o valor de densidade real obtido para o RCC foi menor do que o do solo e o da mistura solo-RCC está situado entre os valores do solo e do RCC, como esperado.

As características quanto às propriedades plásticas do solo colapsível, do RCC e da mistura solo-resíduo se equivalem a materiais granulares, uma vez que esses materiais apresentam comportamento não-plástico.

Os resultados dos ensaios de compactação mostram que o $\gamma_d \text{ máx.}$ da mistura solo-RCC é menor do que o do solo, contudo bem superior ao RCC, e a W_{ot} sofreu um aumento devido ao maior poder de absorção de água característico de materiais cerâmicos que participam da composição dos resíduos utilizados neste estudo.

5.3 Efeito da Compactação na Granulometria das Amostras

Foram realizadas análises granulométricas em amostras de agregados reciclados de RCC e solo-RCC não compactadas e em amostras que já tinham sido submetidas ao ensaio de compactação. A Figura 5 apresenta o resultado obtido para a análise do efeito da compactação na granulometria dessas amostras.

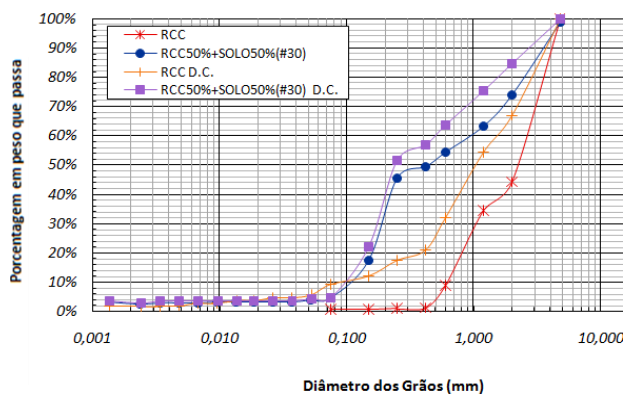


Figura 5. Curvas granulométricas das amostras antes e depois da compactação (D.C.).

Constata-se que a compactação provocou, tanto na mistura quanto no agregado reciclado de RCC, uma alteração na curva granulométrica, contudo essa alteração é mais observada na amostra de RCC. Isso pode ser explicado pela presença de material cerâmico no RCC que é menos resistente a compactação.

5.4 Ensaios Edométricos Simples

As curvas referentes à variação do índice de vazios com a tensão vertical de consolidação (e x σ_v) das amostras de solo colapsível e solo-RCC, para os graus de compactação de 85, 90 e 95%, obtidos a partir dos ensaios edométricos simples, são mostrados nas Figuras de 6 a 8.

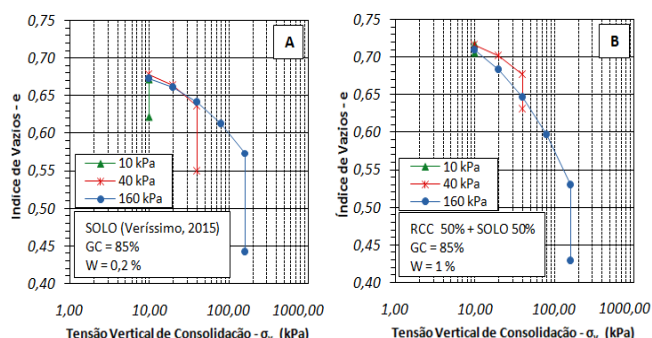


Figura 6. Curvas índice de vazios versus tensão vertical de consolidação (GC = 85%) para (A) amostra de solo e (B) amostra de solo-RCC.

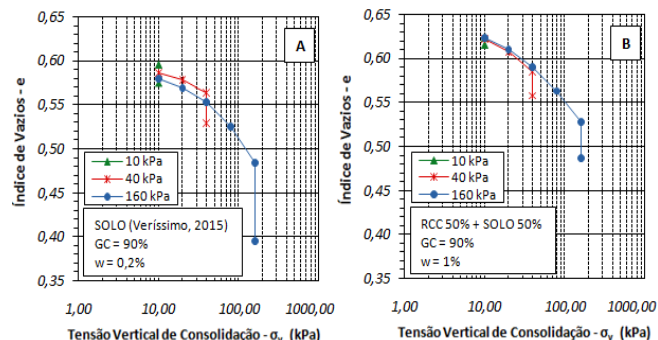


Figura 7. Curvas índice de vazios versus tensão vertical de consolidação (GC = 90%) para (A) amostra de solo e (B) amostra de solo-RCC.

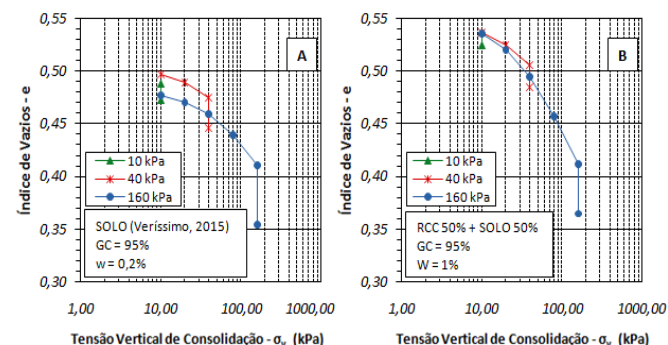


Figura 8. Curvas índice de vazios versus tensão vertical de consolidação (GC = 95%) para (A) amostra de solo e (B) amostra de solo-RCC.

Verifica-se que o índice de vazios final das amostras de solo e solo-RCC diminui com o aumento da tensão vertical de consolidação, para todos os graus de compactação.

Os valores dos potenciais de colapso para as tensões verticais de inundação de 10, 40 e 160 kPa constam na Tabela 3.

Tabela 3. Potenciais de colapso das amostras estudadas.

Amostras	Grau de compactação (%)	Potenciais de colapso (%) nas tensões verticais de inundação. (kPa)		
		10	40	160
Solo*	85	3,02	5,29	8,38
Solo*	90	1,26	2,14	6,00
Solo*	95	1,06	1,91	4,05
Solo-RCC	85	0,64	2,75	6,60
Solo-RCC	90	0,51	1,73	2,71
Solo-RCC	95	0,75	1,35	3,35

Onde: (*) Veríssimo (2015).

As amostras ensaiadas, com grau de compactação de 85%, apresentaram os maiores coeficientes de colapso, enquanto que para as amostras com graus de compactação de 90 e

95% foram obtidos potenciais de colapso menores, excetuando-se a amostra de solo-RCC na tensão de 10 kPa, que apresentou comportamento diferenciado.

De modo geral, os valores dos potenciais de colapso reduziram com o acréscimo do grau de compactação. Logo, se pode concluir que o aumento do grau de compactação do solo proporciona a ele maior rigidez.

A variação do potencial de colapso com a tensão vertical de consolidação ($CP \times \sigma_v$) para o solo colapsível e para a mistura solo-RCC, nos graus de compactação de 85, 90 e 95%, é mostrada na Figura 9.

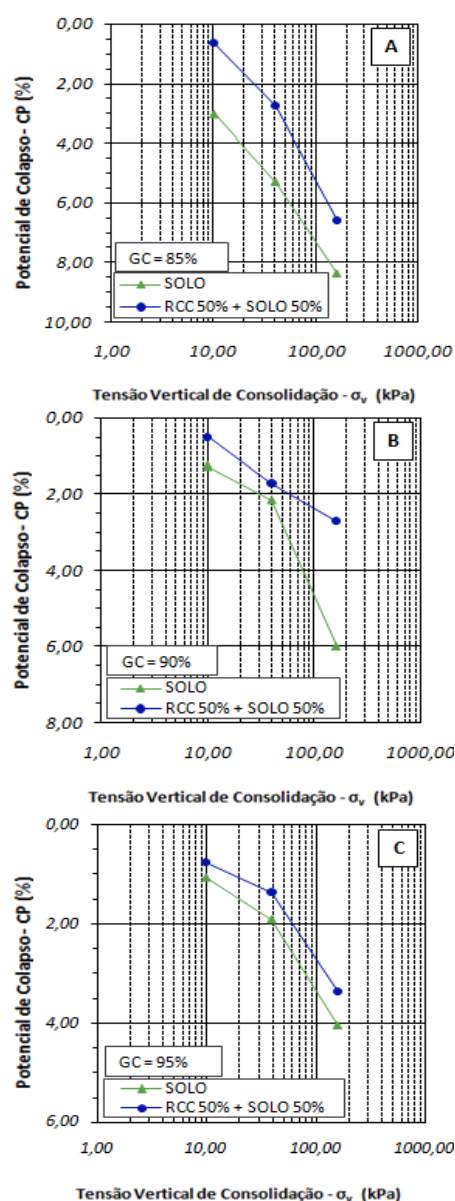


Figura 9. Variação do potencial de colapso com a tensão vertical de consolidação nos graus de compactação de (A) 85%, (B) 90% e (C) 95%.

Verifica-se que o potencial de colapso aumenta com o acréscimo de tensão vertical de consolidação, tanto para as amostras de solo quanto para as da mistura solo-RCC. Isso é observado em todos os graus de compactação empregados.

Ao se comparar os valores de colapso obtidos para as amostras de solo colapsível e mistura solo-RCC, constata-se uma significativa redução do potencial de colapso, variando de 19,2 a 78,8%.

6 CONCLUSÕES

Na avaliação da colapsividade, ao incorporar RCC, na proporção de 50% em peso, ao solo colapsível, comprova-se a redução no potencial de colapso para diferentes níveis de tensão aplicada.

A maioria das amostras, com grau de compactação de 85%, apresentou maiores coeficientes de colapso, enquanto que os menores potenciais de colapso foram observados no grau de compactação de 95%. Dessa forma, conclui-se que os valores dos potenciais de colapso diminuem com o aumento do grau de compactação.

De acordo com os resultados obtidos, a dosagem adotada de RCC integrada ao solo colapsível foi satisfatória no que se refere à estabilização granulométrica deste solo, pois proporcionou a ele o melhoramento de suas propriedades físicas e mecânicas, além de lhe conferir uma maior resistência e consequentemente, melhor capacidade de suporte frente às solicitações de cargas e condições de inundação.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI-UPE), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro dado a pesquisa, por meio da concessão da bolsa de Iniciação Científica

(PIBIC-IC/UPE/CNPq-2014/2015) e da bolsa de Mestrado.

REFERÊNCIAS

- Associação brasileira de normas técnicas. NBR 15.115: *Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos*. Rio de Janeiro, 2004.
- _____. NBR 6459: *Solo – Determinação do limite de liquidez*. Rio de Janeiro, 1984.
- _____. NBR 6508: *Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm – Determinação da massa específica*. Rio de Janeiro, 1984.
- _____. NBR 7180: *Solo – Determinação do limite de plasticidade*. Rio de Janeiro, 1984.
- _____. NBR 7181: *Análise Granulométrica*. Rio de Janeiro, 1984.
- _____. NBR 6457: *Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização*. Rio de Janeiro, 1986.
- _____. NBR 7182: *Solo – Ensaio de compactação*. Rio de Janeiro, 1986.
- _____. NBR 12007: *Solo – Ensaio de adensamento unidimensional – Método de ensaio*. Rio de Janeiro, 1990.
- _____. NBR 6502: *Rochas e solos*. Rio de Janeiro, 1995.
- _____. NBR 15116: *Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos*. Rio de Janeiro, 2004.
- Cintra, J.C.A. (2004). *Aplicações da mecânica dos solos não-saturados – Fundações em solos colapsíveis*. In: 5º Simpósio Brasileiro de solos não-saturados, São Carlos, vol. 2, p. 575-593.
- Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente, *Resolução Conama nº 307, de 05 de Julho de 2002*. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, Brasília, 2002.
- Erpen, M.L. (2009). *Resíduos sólidos de construção e demolição - Estudo de Caso: Gurupi-TO*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 127 f.
- Ferreira, M.C. e Thomé, A. (2011). *Utilização de resíduo da construção e demolição como reforço de um solo residual de basalto, servindo como base de fundações superficiais*. Teoria e Prática na Engenharia Civil, n. 18, p. 1-12.
- Ferreira, S.R.M.; Amorim, S.F. e Varejão-silva, M.A. (2005). *Sistema de Informação Geográfica dos Solos Expansivos e Colapsíveis do Estado de Pernambuco (SIGSEG/PE)*. In: Simpósio Brasileiro de Aplicações de Informática em geotecnia, 5. Anais...Geotecnia Computacional, Belo Horizonte: Editora FAPI, p. 119-124.
- Ferreira, S.R.M. (2010). *Microestrutura de Solos colapsíveis e Técnicas de Melhoramento*. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Gramado. Anais...XV Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, São Paulo: ABMS, Vol. 1, p. 1-8.
- Ferreira, S.R.M. e Neto, J.S.F.G. (1998). *Colapso devido à inundação em solos compactados*, Departamento de Engenharia Civil/CTG-EEP, Universidade Federal de Pernambuco, UPE, UNICAP, p 165-170.
- Fucale, S.P. (2000). *Comportamento de variação de volume devido à inundação em alguns solos colapsíveis do Estado de Pernambuco*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, 138 f.
- Guedes, S.B. (2013). *Estudo do desempenho mecânico de um solo-cimento microrreforçado com fibras sintéticas para uso como revestimento primário em estradas não pavimentadas*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 426 p.
- Gusmão, A.D.(2008). *Manual de Gestão dos Resíduos da Construção Civil*, Recife: Gráfica Editora, 140 f.
- Mesquita, A.S.G. (2012). *Análise da geração de resíduos sólidos da construção civil em Teresina, Piauí*, Revista Holos, Vol. 2, p 58-65.
- Roth, C.G. e Garcias, C.M. (2009). *Construção Civil e a Degradação Ambiental. Desenvolvimento em Questão* [online], Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Vol. 7, n 13, p. 111-128.
- Torres, M.S. (2014). *Avaliação da colapsibilidade e da resistência de ponta de um solo de Petrolina devido à inundação*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, p. 99.
- Veríssimo, K.J.S. (2015). *Análise de variação de volume e da resistência de ponta devido a inundação de um solo compactado de Petrolina-PE*. Dissertação de Mestrado, Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco (a ser defendida), Recife.