

Estabilização do Solo para Base de Pavimentos Utilizando Mistura de Solo, Aditivo Químico e Resíduo da Construção e Demolição (RCD)

Lucas Meneses Abdalla Gomide

Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Brasil, lucasmag2@hotmail.com

Simone Cristina de Jesus

Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Brasil, sicjesus22@yahoo.com.br

Angelina Martins Botta

Engenheira Civil, Uberaba, Brasil, ambotta@somaambiental.com.br

RESUMO: O crescimento acelerado das cidades e a grande necessidade de obras civis vem causando grandes danos ao meio ambiente, toneladas de resíduos da construção e demolição (RCD) são gerados diariamente, descartando materiais que afetaram o meio ambiente durante sua produção e ainda ocupando um enorme espaço das cidades, que precisam de áreas cada vez maiores para receber esses resíduos, tão prejudiciais ao meio ambiente. Neste contexto, a presente pesquisa propôs uma mistura de solo, RCD e aditivo químico. O solo, com propriedades inadequadas para aplicação em base de pavimentos e o RCD foram coletados no município de Uberaba-MG. O aditivo químico, não prejudicial ao meio ambiente, foi cedido pelo fabricante. A mistura proposta pela pesquisa busca uma forma de reaproveitar os RCD, evitando seu descarte e a extração de matérias-primas, e, juntamente com o aditivo, tornar o solo um material com características físicas e mecânicas ideais para ser aplicado em base de pavimentos, através de sua estabilização. Deste modo, foram realizados no solo, no RCD e na mistura solo-RCD-aditivo, ensaios de caracterização física, que inclui, limite de liquidez, limite de plasticidade, massa específica e análise granulométrica, e ensaios mecânicos de compactação e Índice de Suporte Califórnia (CBR). Com os resultados, observou-se a melhoria das propriedades do solo ao mistura-lo com o RCD e com o aditivo, gerando ganhos significativos de resistência. Comparando os resultados obtidos com especificações das normas vigentes, conclui-se na viabilidade técnica de se utilizar a mistura proposta em base de pavimentos.

PALAVRAS-CHAVE: Reciclagem, RCD, Pavimentação, Aditivo químico, Sustentabilidade

1 INTRODUÇÃO

O crescimento e o desenvolvimento das cidades têm favorecido a indústria da construção civil, reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social de um país (PINTO, 2005). No entanto, esse setor tem contribuído significativamente para impactos ambientais que inclui a exploração de recursos naturais, modificação da paisagem e geração de resíduos sólidos.

O setor da construção civil tornou-se um dos maiores geradores de resíduos sólidos urbanos no país (ÂNGULO et al., 2003). Considerando ainda a necessidade de ampliação das obras de infraestrutura no país, que inclui saneamento básico, distribuição de água potável, pavimentação, hospitais, escolas, residências para a população em geral, bem como reformas e demolições de construções antigas, nota-se a urgência na criação de uma política que promova a sustentabilidade (redução,

reutilização e reciclagem) no setor de construção civil.

Por gerar uma grande quantidade, que por si só não se justifica, os resíduos acabam sendo descartados de forma incorreta. O descarte incorreto causa danos como a degradação da paisagem do local, obstrução do tráfego de pedestres e de veículos, provoca o assoreamento de rios, córregos e lagos, entope a drenagem urbana, e torna-se depósito irregular de outros resíduos não inertes, proliferando vetores de doenças (SCHNEIDER, 2003). Além de encontrar meios alternativos de disposição final destes resíduos dentro da própria construção civil, o uso do RCD para estabilização do solo para base de pavimentos pode substituir o uso de materiais tradicionalmente utilizados, diminuindo a exploração de jazidas de solos e rochas.

A utilização de um aditivo para estabilizar o solo provoca reações que melhoram suas características, como sua resistência à compressão, podendo este ser utilizado como base de pavimentos. Geralmente os aditivos mais utilizados são o cimento ou a cal, produtos com grande utilização em toda a construção civil e que geram grande impacto ambiental em sua produção. Utilizar um aditivo químico ambientalmente correto, que não cause danos ao meio ambiente em sua produção e aplicação, pode ser uma alternativa para minimizar os impactos gerados por esse tipo de atividade.

Com a mistura proposta, solo-RCD-aditivo químico, pode-se obter um solo estabilizado com materiais ambientalmente corretos, mantendo as propriedades mecânicas semelhantes à de materiais tradicionalmente utilizados e ainda beneficiando o meio ambiente.

2 OBJETIVOS

Esta pesquisa tem como objetivo principal determinar algumas propriedades físicas e mecânicas da mistura solo-RCD-aditivo químico, de forma a verificar sua viabilidade técnica para aplicação como base de pavimentos.

Como objetivos específicos, de acordo com o

desenvolvimento da pesquisa: caracterizar fisicamente a parcela dos RCD com potencial para utilização em base de pavimentos; caracterizar fisicamente um solo da região de Uberaba-MG; analisar a influência do RCD e do aditivo químico na estabilização do solo, através da comparação dos resultados do Índice de Suporte Califórnia (CBR) para o solo puro, para o solo com aditivo químico, para o solo com RCD e para a mistura de solo com RCD e aditivo químico; comparar os resultados obtidos com especificações de normas específicas para base de pavimentos e com outras pesquisas presentes na literatura, a fim de verificar se as exigências foram atendidas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

Esta pesquisa propõe uma mistura de um solo característico da região de Uberaba-MG, com RCD e aditivo químico, formando um material com características suficientes para ser aplicado como base de pavimentos. Os materiais utilizados para desenvolver a pesquisa são mostrados a seguir.

3.1.1 Solo

O solo foi coletado no Campus Univerdecidade II, da UFTM, nas coordenadas 19°42'46" S, 47°57'41" W, em uma área onde haviam sido feitos cortes para uma obra no campus, retirando solo a uma profundidade de aproximadamente 1,2 metros, livre de impurezas e material orgânico. O solo foi encaminhado para o laboratório de solos da UFTM em sacos plásticos e colocado em bandejas para homogeneização. Em seguida, o solo foi quarteado e armazenado para realização dos ensaios.

3.1.2 RCD

Os RCD foram coletados no campus Universidade II, da UFTM, provenientes da obra de ampliação da biblioteca. Os resíduos da obra já se encontravam triados, separados em

pilhas. Após coletados, os resíduos foram triturados no laboratório de solos da UFTM, reduzindo seu tamanho em um britador de mandíbulas.

Para composição das amostras de RCD que foram utilizadas nos ensaios, a percentagem de RCD tomada foi de 50% de resíduos de concreto e de argamassa, 35% de resíduos cerâmicos (blocos e telhas) e 15% de resíduos de revestimentos cerâmicos (pisos e azulejos), em massa. Os valores foram tomados com base em um valor médio dos resíduos gerados em uma obra, apontado em pesquisas anteriores, porém, vale ressaltar que tal valor pode sofrer grande variação dependendo do método construtivo e da fase que se encontra a obra. Cada tipo de resíduo foi triturado separadamente para em seguida ser misturado nas proporções citadas.

3.1.3 Aditivo Químico

O aditivo químico utilizado chama-se Dynabase e foi cedido pelo fabricante em sacos plásticos, com cerca de 600g cada, conforme mostra a Figura 1. Junto com o produto acompanhava uma apostila com informações do produto, um CD contendo um vídeo explicativo sobre sua aplicação e um folder. Todo material foi analisado e tomado como base para aplicação nessa pesquisa.



Figura 1. Fornecimento do aditivo Dynabase.

Segundo o fabricante, o aditivo Dynabase é um produto estabilizante, originalmente composto de hidróxido de cálcio. É um produto com característica física sólida e acinzentado. Pode ser manuseado sem qualquer agressão ao meio ambiente e ao ser humano, sendo não corrosivo e não inflamável. A aplicação do produto no solo altera seus parâmetros

geomecânicos devido ao seu efeito aglutinante e estabilizante, que atua diretamente nas partículas do solo, aumentando sua capacidade de suporte (CBR) e reduzindo sua expansão.

A sua composição química permite o seu manuseio e destinação para base de pavimentos sem qualquer agressão ao meio ambiente, conforme resultados analíticos apresentados pelo fornecedor dos ensaios de amostra bruta, lixiviação e solubilização. Ainda segundo o fabricante, o Dynabase é produzido a partir de subprodutos industriais, no caso o hidróxido de cálcio aditivado, desempenhando um importante papel na solução de problemas econômicos, tecnológicos e ambientais, tornando-se um material alternativo que utiliza em grande escala um subproduto industrial.

3.1.3 Mistura

A mistura proposta foi preparada com 30% do solo coletado e 70% do RCD coletado, em massa. O aditivo químico foi adicionado em massa, sendo um valor fixo de 2,2% da massa total de solo mais RCD.

O valor de 2,2% do aditivo foi adotado seguindo recomendações do manual do fabricante, porém é recomendado realizar ensaios variando o teor de aditivo para encontrar a percentagem ideal para o solo a ser estabilizado. Para evitar que ocorressem possíveis perdas do aditivo ou reações antes do previsto, o aditivo foi adicionado aos demais materiais conforme eram retiradas amostras da mistura contendo solo e RCD, como mostra a Figura 2.



Figura 2. Mistura com 30% de solo e 70% de RCD.

3.2 Métodos

Para alcançar os objetivos propostos foram

realizados ensaios de caracterização física e ensaios mecânicos, descritos a seguir.

3.2.1 Caracterização Física

A caracterização física contou com ensaios de massa específica, absorção de água, limite de liquidez, limite de plasticidade e análise granulométrica. Foram submetidos a caracterização física amostras de solo, RCD triturado e a mistura de solo-RCD-aditivo, seguindo os procedimentos descritos pelas normas citadas na Tabela 1.

Tabela 1. Ensaios de caracterização física e normas utilizadas.

Ensaio	Solo	RCD	Mistura
Análise Granulométrica	Manual de métodos de Análise de Solo (EMBRAP A, 1997)	NBR NM 248 (ABNT, 2003a)	NBR 7181 (ABNT, 1984a)
		NBR 9776 (ABNT, 1987a)	-
Massa Específica		NBR NM 53 (ABNT, 2003b)	
Absorção de Água	-	NBR NM 53 (ABNT, 2003b)	-
Limite de Liquidez	NBR 6459 (ABNT, 1984b)		
Limite de Plasticidade	NBR 7180 (ABNT, 1984c)		

Para a análise granulométrica do RCD foi utilizada a norma para análise de agregados, pelo fato do resíduo ser considerado um agregado na estabilização granulométrica do solo. Já para a massa específica foram utilizadas uma norma para a parte miúda e outra para a parte graúda, visto que é possível controlar apenas o diâmetro máximo do agregado no procedimento de britagem.

3.2.2 Ensaios de Compactação

Para determinar a massa específica seca máxima e a umidade ótima das amostras, foi realizado o ensaio de compactação, seguindo as

prescrições da norma NBR 7182 (ABNT, 1986). Foram compactadas amostras de solo, solo-aditivo, solo-RCD e solo-RCD-aditivo. Esse procedimento tem como interesse analisar o comportamento de cada material utilizado na estabilização do solo separadamente e obter a umidade ótima para moldagem dos corpos de prova para o ensaio de CBR. A Tabela 2 a seguir apresenta as misturas utilizadas.

Tabela 2. Materiais utilizados no ensaio de compactação.

Material	Composição	Energia de compactação
1	Solo puro	Intermediária
2	Solo com 2,2% de aditivo em massa	Intermediária
3	30% de solo com 70% de RCD em massa	Intermediária
4	30% de solo com 70% de RCD em massa e 2,2% de aditivo (adição em massa)	Intermediária

A energia utilizada foi a intermediária, evitando a modificada pelo fato do RCD apresentar grande tendência a quebra durante a compactação. Nota-se que apenas a mistura 4 foi submetida a caracterização física, por se tratar da mistura proposta pela pesquisa e as demais serem apenas para comparação dos resultados mecânicos.

3.2.3 Índice de Suporte Califórnia

O ensaio do Índice de Suporte Califórnia ou *California Bearing Ratio* (CBR) tem como objetivo principal definir a resistência ou valor de suporte de materiais granulares empregados em pavimentos (MOTTA, 2005). O ensaio é o mais consagrado no meio rodoviário brasileiro, tendo seu valor como base para dimensionamento de pavimentos pelo método do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), e por isso foi o escolhido para avaliar a resistência mecânica das misturas, seguindo procedimentos da NBR 9895 (ABNT, 1987b), com algumas modificações, pelo fato de usar um tempo de cura para avaliar o ganho de resistência ao longo do tempo. A Tabela 3 apresenta as misturas e o tempo de cura.

Tabela 3. Materiais utilizados no ensaio de CBR.

Material	Tempo de cura	Energia de compactação
1	Imediato	Intermediária
2	1 e 14 dias	Intermediária
3	1 e 14 dias	Intermediária
4	1 e 14 dias	Intermediária

A moldagem dos corpos de prova foi feita na umidade ótima obtida no ensaio de compactação. O tempo de cura de 14 dias foi adotado para analisar tanto a influência do aditivo como da parte ativa de cimento no RCD. O tempo de cura de 1 dia e não imediato foi adotado pelo fato das moldagens serem realizadas em um local e o ensaio em outro, dificultando o transporte imediato. Para a cura, os corpos de prova eram envolvidos em plásticos filme para evitar perda de umidade e logo que completado o período eram imersos nos tanques de água por quatro dias para medir a expansão e em seguidas levados a prensa para o ensaio de CBR.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização Física

Os resultados da caracterização física realizada para o solo, RCD triturado e a mistura proposta são apresentados a seguir.

4.1.1 Caracterização Física do Solo

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos na caracterização física do solo.

Tabela 4. Resultados da caracterização física do solo.

LL (%)	LP (%)	ps (g/cm ³)	Arg. (%)	Silte (%)	Areia (%)	Pedr. (%)
24	21	2,464	37	11	51	1

A análise granulométrica foi realizada utilizando procedimentos de peneiramento e sedimentação devido a grande quantidade de finos.

Seguindo sua granulometria, o solo pode ser grosseiramente classificado como areia argilosa. Segundo a classificação TRB (Transportation Research Board), meio mais utilizado para

classificar os solos na área de pavimentação, este solo se classifica como A-4, em função da porcentagem passante na peneira de 0,074 mm ser superior a 35%, limite de liquidez inferior a 40% e índice de plasticidade inferior a 10%. De acordo com essa classificação, solos A-4 não apresentam comportamento adequado para aplicação em pavimentos e por isso devem ser estabilizados.

A norma ES 141 (DNIT, 2010) especifica que materiais para bases estabilizados granulometricamente devem apresentar limite de liquidez menor ou igual a 25% e índice de plasticidade menor ou igual a 6%, ambos atendidos pelo solo analisado. Além disso, a porcentagem de material passante na peneira nº200 (0,074 mm) não deve ultrapassar 2/3 da porcentagem passante na peneira nº40 (0,42 mm), item não atendido pelo solo, já que a porcentagem passante na peneira nº200 é igual a 49% e a na peneira nº40 é igual a 72%.

4.1.2 Caracterização Física do RCD

A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos no ensaio de massa específica da parte gráuda (grãos retidos na peneira de 4,8 mm) e da parte miúda (grãos passantes na peneira de 4,8 mm) e a absorção de água da parte gráuda.

Tabela 5. Resultados da caracterização física do RCD.

Agregado	Massa específica (g/cm ³)	Absorção de água (%)
Miúdo	2,51	-
Graúdo	1,73	12,6

Os valores relativamente baixos da massa específica do agregado graúdo podem ser justificados pela grande quantidade de resíduos cerâmicos presentes na amostra, material caracterizado como “leve”. Este fato também favoreceu o resultado do valor alto para a absorção de água. Uma elevada absorção de água pelo agregado deve ser tratada com cuidado em caso de aplicação em campo, pois a umidade ótima de compactação pode ser absolvida por esta parcela do RCD, fazendo com que a compactação seja realizada no ramo seco, causando danos à resistência. O maior valor da massa específica da parte miúda é

coerente, já que esta parcela do RCD apresenta grande quantidade de finos, sem os grandes pedaços cerâmicos presentes na parte graúda.

A Figura 3 apresenta a curva granulométrica obtida do RCD triturado e a Faixa A da norma ES 141 (DNIT, 2010).

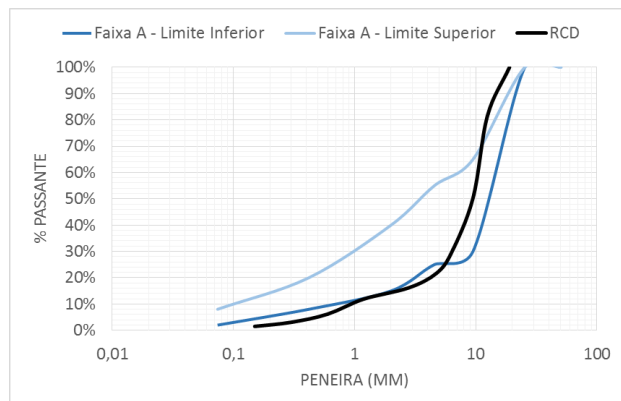


Figura 3. Curva granulométrica do RCD

É possível observar que a curva granulométrica do RCD se enquadra melhor na Faixa A da ES 141 (DNIT, 2010), que é a faixa com maior quantidade de material grosseiro. Porém, nem mesmo na faixa A o RCD se enquadra completamente, tendo uma ausência de finos e por isso, na mistura proposta, o solo tem um papel fundamental para atingir um material bem graduado.

O RCD não apresentou resultados quanto ao limite de liquidez e plasticidade, sendo então um material não plástico (NP), conforme já esperado, por não conter finos suficientes em sua granulometria, o que faz do RCD um material com características interessantes para aplicação em base de pavimentos.

4.1.3 Caracterização Física da Mistura

A Figura 4 apresenta a curva granulométrica da mistura antes e depois do ensaio de compactação, já que foi verificado a facilidade da quebra dos grãos de RCD, e os limites da faixa C da ES 141 (DNIT, 2010).

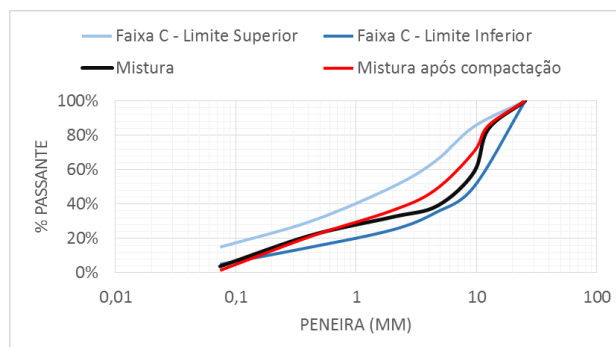


Figura 4. Curva granulométrica da mistura

Analisando a curva granulométrica, é possível ver que a mistura se enquadra na faixa C da ES 141 (DNIT, 2010), caracterizada como uma faixa para $N > 5 \times 10^6$, ou seja, tráfego intenso. Portanto, o solo com grande quantidade de finos e o RCD com insuficiência de finos, quando misturados, juntamente com o aditivo, apresentam-se uma mistura estabilizada granulometricamente, permitindo, pela sua granulometria, que seja aplicado em base de pavimentos. Após a compactação, ocorreu uma alteração na fração graúda da mistura, principalmente dos grãos pertencentes à faixa de 9,5 a 4,8 mm, porém, mantendo a granulometria na faixa C, com melhor enquadramento aos limites da faixa. Portanto, apesar da quebra dos grãos na compactação, não houve comprometimento da granulometria da mistura.

O limite de liquidez obtido foi igual a 25%, próximo ao obtido para o solo puro e não foi possível obter o limite de plasticidade, caracterizando a mistura como sem índice de plasticidade (NP). Resultado provavelmente influenciado pela grande presença de RCD (70%) na mistura. Todos os valores exigidos pela ES 141 (DNIT, 2010) foram atendidos e portanto, de acordo com as determinações da norma, a mistura pode ser aplicada em base de pavimentos, considerando estas características físicas analisadas.

4.2 Ensaios de Compactação

A Tabela 6 a seguir apresenta os resultados obtidos dos ensaios de compactação para cada mistura.

Tabela 6. Resultados dos ensaios de compactação.

Material	Umidade ótima (%)	Massa específica aparente seca máxima (g/cm ³)
1	13,2	1,84
2	12,8	1,89
3	10,7	1,80
4	14,5	1,84

A adição do aditivo ao solo proporcionou um aumento da massa específica aparente seca máxima e diminuição da umidade ótima quando comparado ao solo natural. O aumento da massa específica aparente seca máxima é justificado pelo fato do aditivo conter partículas finas que melhoram a graduação do solo, com isso os vazios ficam mais bem preenchidos, resultando em uma mistura mais compactada. Deste modo, o solo se tornou menos poroso, diminuindo a quantidade de água necessária para a lubrificação das partículas, o que consequentemente reduziu a umidade.

A mistura de 30% de solo com 70% de RCD (sem aditivo) apresentou decréscimo tanto da umidade ótima como da massa específica aparente seca máxima em relação ao solo natural, fato já esperado, visto que a massa específica da parcela graúda (grãos retidos na peneira de 4,8 mm) do RCD é consideravelmente inferior à do solo, uma vez que a parte graúda corresponde a quase 80% do total de RCD inserido na mistura.

A mistura completa, proposta desta pesquisa, apresentou o mesmo valor da massa específica aparente seca máxima do solo natural, sendo que, comparado à mistura contendo apenas solo e RCD este valor foi superior, evidenciando a melhora das condições de compactação quando adicionado o aditivo. O aumento da umidade ótima não era esperado. Uma explicação pode ser o fato do RCD possuir teor de absorção de água elevado e que parte da água adicionada acabou sendo absorvida, diferentemente da mistura de solo apenas com RCD. Estes resultados mostram que em um primeiro momento o aditivo atua apenas na melhoria da graduação das misturas, comprovando a afirmação do fabricante de que nenhuma reação ocorre antes que seja realizado a compactação, podendo a mistura ser realizada em um dia e compactada em outro. Com isso, a influência do

aditivo após a compactação, ao longo do tempo, serão analisadas nos ensaios mecânicos seguintes.

4.3 Índice de Suporte Califórnia

A Figura 5 a seguir apresenta os resultados obtidos no ensaio de CBR, para cada uma das misturas.

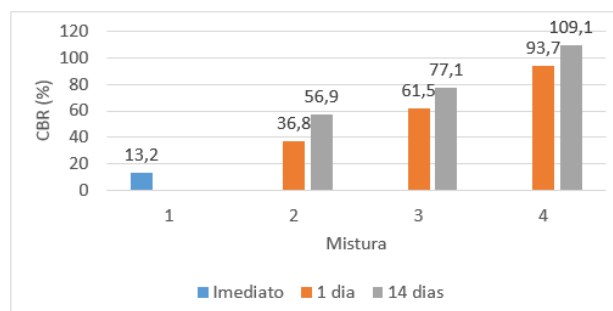


Figura 5. Resultados dos ensaios de CBR.

Segundo a norma ES 141 (DNIT, 2010), a base estabilizada granulometricamente deve obter $\text{CBR} \geq 80\%$ para $N > 5 \times 10^6$, ou seja, vias de tráfego intenso. A mistura proposta, com solo, RCD e aditivo atende a este requisito, com valores superiores para ambos os tempos de cura. Já a mistura de solo-RCD apenas poderia ser utilizada para $N \leq 5 \times 10^6$, ou seja, vias de tráfego leve, onde o CBR deve ser superior a 60%. A mistura de solo com aditivo não atingiu índices suficientes para ser aplicada como base segundo padrões do DNIT, porém, provavelmente o acréscimo da percentagem de aditivo adicionado ocasionaria um material com capacidade para ser aplicado como base e talvez até mesmo com um tempo de cura superior a 14 dias. Os valores já são consideravelmente superiores ao do solo puro, evidenciando os ganhos proporcionados pelo aditivo.

O tempo de cura proporcionou aumento de CBR em todas as misturas, provando a existência de reações do aditivo e também da parte ainda ativa de cimento presente no RCD. O maior aumento após 14 dias de cura da mistura de aditivo apenas com solo quando comparado com a mistura completa pode ser explicado pelo fato do aditivo reagir com partículas finas, preferencialmente argila, e a mistura completa conter 70% de RCD, o que provavelmente limita a ação do aditivo.

A Tabela 7 apresenta os valores de expansão

obtidos antes da realização do ensaio de CBR.

Tabela 7. Resultados dos ensaios de expansão

Material	Expansão (%) / Tempo de Cura		
	Imediato	1 Dia	14 Dias
1	0,32	-	-
2	-	0,14	0,10
3	-	0,11	0,09
4	-	0,06	0,04

É possível observar que ao misturar o solo com o aditivo e com o RCD já ocorreu uma considerável redução da expansão. O RCD, por se tratar de um material na forma de agregado, composto por minerais, possui uma baixa expansão. A mistura completa obteve valores ainda inferiores, provavelmente devido à combinação de RCD e aditivo, atingindo valores consideravelmente baixos. A norma ES 141 (DNIT, 2010) estabelece que bases estabilizadas granulometricamente devem ter expansão menor ou igual a 0,5%, valor já atingido pelo solo puro e também por todas as misturas.

5 CONCLUSÕES

As conclusões apresentadas tomam como base a norma ES 141 (DNIT, 2010), que determina especificações de materiais a serem utilizados em base de pavimentos estabilizadas granulometricamente.

O solo puro apresentou limite de liquidez e plasticidade dentro do permitido, porém segundo a classificação TRB, classificado como A-4, possui características ruins para aplicação em bases de pavimentos e deve ser estabilizado, fato confirmado pelo seu CBR baixo (13,2%).

O RCD triturado apresentou insuficiência de finos e sem índice de plasticidade, apresentando características ideais para estabilizar o solo.

A mistura proposta, com solo, RCD e aditivo, obteve todos os parâmetros físicos e mecânicos atendidos, podendo ser aplicada como base de pavimentos estabilizadas granulometricamente tendo esta norma como referência. Vale ressaltar que outros ensaios podem ser feitos para confirmar a viabilidade técnica da mistura, visto que os pavimentos estão submetidos a cargas repetidas, ensaios

como resistência a compressão simples e módulo de resiliência apontariam de maneira diferente o comportamento da mistura.

REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1984a) *NBR 7181 - Solo - Análise granulométrica*. Rio de Janeiro, 13p.
- _____. (1984b). *NBR 6459 - Solo - Determinação do limite de liquidez*. Rio de Janeiro, 6p.
- _____. (1984c). *NBR 7180 - Solo - Determinação do limite de plasticidade*. Rio de Janeiro, 3p.
- _____. (1986). *NBR 7182 - Solo - Ensaio de Compactação*. Rio de Janeiro, 10p.
- _____. (1987a). *NBR 9776 - Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman - Método de ensaio*. Rio de Janeiro, 3p.
- _____. (1987b). *NBR 9895 - Solo - Índice de Suporte Califórnia - Método de ensaio*. Rio de Janeiro, 14p.
- _____. (2003a). *NBR NM 248 - Agregados - Determinação da composição granulométrica*. Rio de Janeiro, 6p.
- _____. (2003b). *NBR NM 53 - Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água*. Rio de Janeiro, 8p.
- Ângulo, S.C.; Kahn, H.; John, V. M.; Ulsen, C. (2003) *Metodologia de caracterização de resíduos de construção e demolição*. VI Seminário Desenvolvimento Sustentável e a reciclagem na construção civil, IBRACON, São Paulo.
- DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. (2010) *ES 141 - Pavimentação - Base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço*. Rio de Janeiro, 9p.
- DYNABASE, Comércio de Produtos Químicos Ltda. (2015) *Caderno de recomendações do fabricante*. Penápolis, São Paulo.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (1997) *Manual de métodos de análise de solo*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, 212p.
- 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 de Mestrado, Mestrado em Engenharia de Transportes, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 161p.
- Pinto, T. P. (2005) *Resíduos da Construção Civil: Soluções Sustentáveis para um grave problema urbano - Novas Normas, Legislação e soluções*. São Paulo: Informações e Técnicas.
- Schneider, D. M. (2003) *Deposições Irregulares de Resíduos da Construção Civil na Cidade de São Paulo*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, 130 p.