

## Utilização de agregados provenientes de resíduos de construção civil em base de pavimentação asfáltica



<https://doi.org/10.56238/interdiinnovationscrese-090>

**João Vitor Costa Vertuan**

**Ana Paula Moreno Trigo Gregui**

### RESUMO

Nos dias atuais, com o crescente aumento no aspecto demográfico urbano, tem-se como primazia

social propor medidas mitigadoras dos problemas encontrados e subsidiar ações, no sentido de corrigir e evitar futuras complicações em área propiciadas à expansão urbana.

**Palavras-chave:** Construção, Asfáltica, Caracterização.

### 1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, com o crescente aumento no aspecto demográfico urbano, tem-se como primazia social propor medidas mitigadoras dos problemas encontrados e subsidiar ações, no sentido de corrigir e evitar futuras complicações em área propiciadas à expansão urbana.

Por conta desse crescimento, as prefeituras locais tem se esforçado para aumentar e melhorar a infraestrutura local. Porém, o custo desse aperfeiçoamento é muito grande para os cofres públicos, tendo como alternativas pesquisas para reduzir, por exemplo, os custos de pavimentação.

De acordo com Roza (2018) mais de 80% dos materiais que constituem as camadas do pavimento das rodovias e ruas são materiais britados. Complementarmente, a busca de aplicação dos conceitos de sustentabilidade e de reaproveitamento de materiais e resíduos diversos, tem sido uma temática importante também na pavimentação. O volume de materiais naturais que foram utilizados nos milhares de quilômetros de rodovias brasileiras existentes e a necessidade de construir duplicações ou mesmo expandir a malha pavimentada é muito grande.

Dentre tais alternativas, o uso de resíduos provenientes da construção de obras civis (RCC) para pavimentação de estradas é um ótimo conceito que acaba por reduzir o volume de lixo e entulhos de construções civis, reduzir os custos para as prefeituras com material depositado clandestinamente ao longo das vias públicas, terrenos baldios, cursos d'água e encostas, diminuir o custo em sua utilização como fonte de matéria-prima para pavimentação de estradas, além de conscientizar a população sobre matéria de sustentabilidade (TAMURA, 2015).

Mais da metade dos resíduos da construção são descartados de forma clandestina e irregular no Brasil. O país recicla apenas 16% do total de resíduos da construção gerados. As usinas de reciclagem



de entulho produzem 25 milhões de metros cúbicos de agregado reciclado; produto oriundo da reciclagem de entulho e que pode substituir o agregado natural de pedreira ou porto de areia (ABRECON, 2021).

Uma das opções de uso do RCC, principalmente em municípios de pequeno porte, é em pavimentação de estradas vicinais, pois para este caso, podem até ser dispensadas as usinas de beneficiamento e equipamentos mais caros (TAMURA, 2015).

Segundo a NBR 15115 (2004), o agregado reciclado utilizável na pavimentação é o material granular, obtido por meio de britagem ou beneficiamento mecânico, de resíduos de construção civil, da Classe A da Resolução CONAMA 307. Assim como os materiais convencionais, o material oriundo da reciclagem também deve atender a requisitos como: boa graduação granulométrica; valores mínimos de CBR (visto que a normativa ainda não foi atualizada em relação aos ensaios de módulo de resiliência) e máximos de expansão (conforme o tipo de camada de pavimento); e dimensão máxima característica de 63,5mm.

A base de uma pavimentação é camada destinada a resistir aos esforços verticais oriundos dos veículos, distribuindo-os adequadamente à camada subjacente, executada sobre a sub-base (quando necessária), subleito ou reforço do subleito devidamente regularizado e compactado (DNIT 141/2010-ES).

Os materiais que geralmente constituem as bases ou sub-bases granulares são o solo, mistura de solos, produtos de britagem de rochas, seixos e areias. Além disso, essas camadas podem ser constituídas por outras combinações de materiais, desde que apresentem a estabilidade e durabilidade adequadas para resistir aos esforços nelas solicitadas (BERNUCCI et al., 2006).

Segundo Carneiro *et al.* (2001) o uso dos agregados reciclados na pavimentação asfáltica apresenta vantagens econômicas, sociais e ambientais, sendo um dos fins mais utilizados atualmente. Entretanto, o uso exclusivo desse agregado para constituir as camadas de pavimentação pode ser inviabilizado devido ao não atendimento das especificações dadas pelas normas, sendo necessário constituir um traço com o solo utilizado e o RCC para ele ser melhorado.

Neste trabalho foi determinada uma mistura ótima de solo-agregado RCC utilizando o solo coletado no IFSP, Câmpus Votuporanga, e agregado reciclado provido da Empresa Mejan Ambiental, de Votuporanga, com o objetivo de utilizar material reciclado local, de modo a satisfazer as especificações para seu uso como base de pavimentação. Cabe aqui informar que a empresa Mejan Ambiental está apoiando o presente trabalho, com o fornecimento dos agregados reciclados.

Portanto, considerando o apresentado, o presente trabalho visa contribuir com a destinação adequada dos resíduos provenientes de construção civil e preservação de recursos de fontes não renováveis, uma vez que propõe incorporar tais resíduos em camada de base de pavimentos.



## 2 OBJETIVO OU PROPOSIÇÃO

A proposta deste trabalho é a produção de uma camada de base para pavimentação asfáltica flexível utilizando agregados de reciclagem de resíduos de construção e demolição em substituição parcial do pedrisco. Para isso, foram realizados ensaios para determinação da melhor dosagem na mistura de Solo-RCC, tendo em vista os parâmetros mínimos para uma base de pavimentação.

## 3 ATIVIDADES REALIZADAS

**Atividade 1 -Revisão bibliográfica a partir dos resultados de pesquisas já realizadas e normas :** A primeira atividade cumprida foi um estudo de todos os materiais encontrados sobre ensaios e dosagens já realizados, para que, a partir desta análise, a dosagem deste projeto pudesse ser o mais próximo possível da dosagem real utilizada e aceita pelo DNIT.

**Atividade 2 – Preparação e caracterização do solo e dos agregados natural e proveniente de reciclagem:** A partir da caracterização do solo, foram analisadas as melhores dosagens para a mistura de solo-RCC, de modo a verificar o potencial de suporte da mistura em camadas da pavimentação. A capacidade de suporte do solo foi estudada por meio do ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ISC), realizado de acordo com a NBR 9895:2016. Os ensaios seguirão os padrões do DNIT listados a seguir:

- 1) Análise granulométrica (NBR 7181:2018), cujos resultados foram analisados seguindo o DNIT 141/2010-ES.
- 2) Limites de consistência (ou limites de Atterberg), aplicando a NBR 6459:2016 (Limite de Liquidez) e a NBR 7180:2016 (Limite de Plasticidade). Os resultados foram confrontados com o DNER 122/94 e DNER-ME 082/94.
- 3) Expansão e Índice de Suporte Califórnia (ISC ou CBR), preconizados pela NBR 9895:2016, cujos resultados tomaram como referências o DNIT 141/2010-ES e o DNIT 139/2010-ES.4.

**Atividade 3 –Ensaio das diferentes misturas para camada de base:** De posse dos resultados de caracterização do solo e dos agregados, foi realizado o ensaio de CBR nas misturas de solo/RCC considerando as respectivas porcentagens de 20/80, 40/60, 60/40 e 80/20.

**Atividade 4 – Estudo da camada de base:** Definida a porcentagem ótima da mistura solo/RCC, foi preparada a camada de base com mistura de 50% de brita 1 e 50% de solo-RCC. O estudo da camada de base seguiu recomendações da norma do DNIT 141/2010-ES. A partir desta norma, tendo o N de tráfego calculado segundo a metodologia de USACE, foram definidos a granulometria e também os parâmetros que a base deve atender.

Após isso, foi realizado o ensaio de ISC na mistura, sendo recomendado valor superior à 60% ou 80% na camada de base, dependendo do N de tráfego encontrado. (DNIT 141/2010-ES).



O ensaio de expansão, obtido no início do ensaio de determinação do ISC, deverá apresentar valor  $\leq 0,5\%$ , segundo a norma do DNIT 141/2010-ES para a função estrutural da base de um pavimento.

A partir dos ensaios de LL (Limite de Liquidez) e LP (Limite de Plasticidade) foi verificado se a mistura é adequada para uso em camada de base, limitando à 25% o valor de LL e 6% o valor de LP, conforme especifica as normas DNER 122/94 e DNER-ME 082/94, respectivamente.

**Atividade 5 –Análise de comparação de custo:** Ao final dos ensaios, foi feita uma comparação simples de custo entre uma camada de base elaborada com brita 1 mais mistura de solo e agregados reciclados, na porcentagem ótima encontrada, e outra camada elaborada somente com agregado natural, ou seja, brita 1. Foi utilizado um projeto fictício simples para efeitos de cálculo e comparação de valores reais.

## 4 RESULTADOS OBTIDOS

### 4.1 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS E DO SOLO

Antes de iniciar a caracterização dos materiais, realizou-se a secagem dos mesmos. O ensaio de granulometria, feita por peneiramento da amostra, conforme mostrado na Figura 1, resultou em diâmetro máximo de 9,5mm e mínimo de 0,3mm para o agregado reciclado, classificando-o como brita 0, a qual é utilizada nas camadas de base padrão. Quanto à granulometria do solo, este se enquadrou como solo argiloso, composto por mais de 30% de argila, alumínio e ferro, e granulometria de até 0,005mm por grão. O agregado natural foi classificado como brita 1, apresentando diâmetro entre 9,5mm e 19mm.

Figura 1. Análise granulométrica do RCC por peneiramento.



Fonte: O próprio autor.



Finalizada a caracterização granulométrica dos agregados, iniciou-se a caracterização do solo com os ensaios dos limites de Atterberg, sendo o limite de liquidez realizado conforme prescreve a ABNT NBR 7180 e o limite de plasticidade segundo a ABNT NBR 6459, permitindo a análise posterior do índice de suporte califórnia do solo.

Os equipamentos utilizados para determinação dos limites de liquidez e plasticidade, bem como o gabarito e a amostra de solo utilizada são mostrados na Figura 2.

Foram encontrados valores de 15,6% e 4,9%, respectivamente para os limites de liquidez e de plasticidade. Desta forma, é possível afirmar que a mistura é adequada para uso em camada de base, já que as normas DNER 122/94 e DNER-ME 082/94, limitam, respectivamente, à 25% o valor de LL e 6% o valor de LP.

Figura 2. Equipamentos utilizados no ensaio dos limites de Atterberg (à esquerda) e gabarito e amostra de solo usada (à direita).



Fonte: Próprio autor

Para o ensaio de compactação foi utilizado um cilindro de volume igual a  $2100\text{cm}^3$  ou  $0,0021\text{m}^3$ , o proctor grande, com energia intermediária e com reuso de solo, sendo feitas 5 camadas, cada uma recebendo 26 golpes, conforme estabelece a NBR 7182:2016, para cada teor de umidade avaliado, procedendo-se ao aumento gradativo de água no solo.

A Figura 3 mostra a amostra de solo umidificada e os equipamentos usados para acréscimo de água. Já a Figura 4 ilustra a moldagem do corpo de prova de solo com Proctor grande.



Figura 3. Amostra de solo umidificada e recipientes utilizados no acréscimo de água na amostra.



Fonte: Próprio autor

Figura 4. Moldagem de corpo de prova com uso de proctor.



Fonte: Próprio autor

Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados os resultados utilizados para a determinação do teor ótimo de umidade, mediante ensaio de compactação e valores de umidade e peso específico aparente.

Tabela 1. Dados obtidos através do ensaio de compactação

Corpos de prova	Massa (KG)	Volume (L)	Gama $\gamma$ (KG/L)	Cápsula (g)	Peso Pi (g)	Peso Pf (g)
1	3,552	2,1	1,69	11,43	26,76	25,97
2	3,812	2,1	1,82	6,02	19,45	18,58
3	4,004	2,1	1,91	5,37	13,45	12,75
4	4,092	2,1	1,95	5,48	18,51	17,29
5	4,112	2,1	1,96	12,37	27,02	25,38
6	4,076	2,1	1,94	12,19	33,86	31,23



Tabela 2. Valores de umidade (h) e Peso específico aparente (gama d) calculados através dos dados da Tabela 1.

Corpos de prova	Pi (g)	Pf (g)	Pa (g)	h (%)	Gama d (Kg/L)
1	15,33	14,54	0,79	5,43	1,60
2	13,43	12,56	0,87	6,93	1,70
3	8,08	7,38	0,7	9,49	1,74
4	13,03	11,81	1,22	10,33	1,77
5	14,65	13,01	1,64	12,61	1,74
6	21,67	19,04	2,63	13,81	1,71

Equações utilizadas:

$$Gama\ n = \frac{Massa\ (Kg)}{Volume\ (L)}$$

$$Pi\ (g) = \text{Peso } Pi(g) - \text{Cápsula } (g)$$

$$Pf\ (g) = \text{Peso } Pf(g) - \text{Cápsula } (g)$$

$$Pa\ (g) = Pi\ (g) - Pf\ (g)$$

$$h(\%) = \left( \frac{Pa(g)}{Pf(g)} \right) \times 100$$

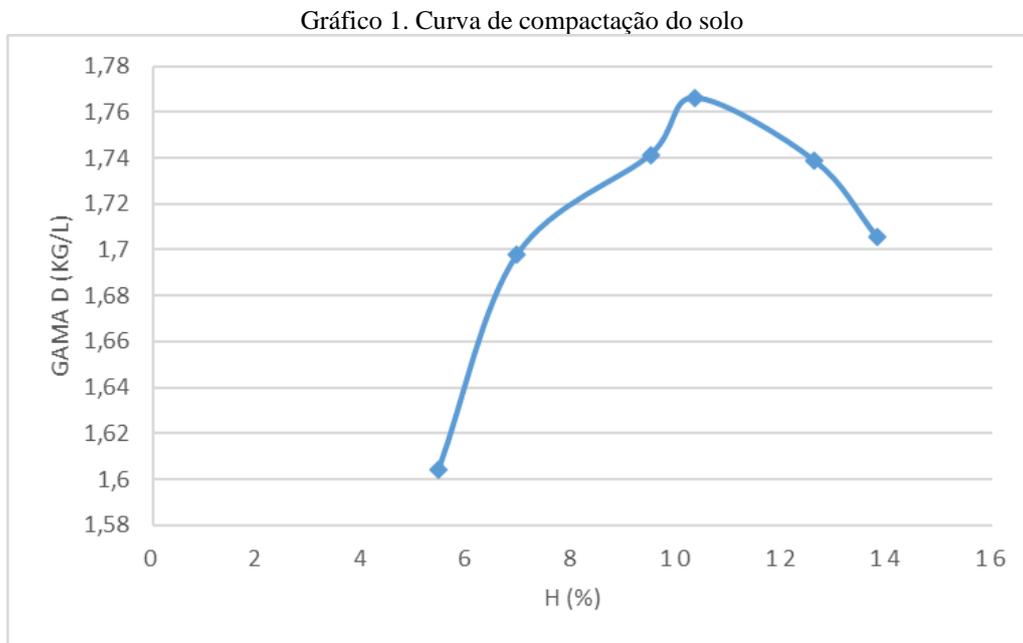
$$Gama\ d\ \left( \frac{Kg}{L} \right) = \left( \frac{Gama\ n\ \left( \frac{Kg}{L} \right)}{h(\%) + 100} \right) \times 100$$

Onde :

- massa = valor da amostra do solo no volume do cilindro;
- volume = volume total do cilindro grande utilizado no ensaio;
- Gama n = peso específico natural;
- Cápsula = peso da cápsula.
- Pi = peso do conjunto solo mais água (em grama);
- Pf = peso do solo seco (em grama);
- Pa = peso da água (em grama);
- h = teor de umidade (em %);
- Gama d = peso específico aparente seco (em Kg/L).



Com base nos resultados apresentados na Tabela 2, foi elaborado um gráfico (Gráfico 1) que relaciona o peso específico aparente seco, com a umidade, possibilitando encontrar o valor do teor de umidade ótimo do solo, que ficou em torno de 10,2%.



Uma vez determinado o teor de umidade ótimo do solo, deu-se início aos ensaios de Índice de Suporte Califórnia, utilizando corpo de prova com diâmetro de 15,2 cm, compactado com Proctor grande em 5 camadas com 12 golpes igualmente distribuídos.

Finalizada a moldagem dos corpos de prova, procedeu-se à instalação dos relógios comparadores e imersão dos corpos de prova em tanque com água (Figura 7), conforme prescreve a NBR 9895:2017. As leituras dos relógios foram realizadas durante quatro dias consecutivos, com intervalo de 24 horas, sendo possível, obter valores de expansão do solo. Terminadas as leituras, cada corpo de prova foi retirado da água deixando-o escoar por 15 min, conforme prevê a NBR9895:2017, sendo, em seguida, levado à prensa para ensaio de penetração.



Figura 5. Corpos de prova submersos em tanque com água.



Fonte: Próprio Autor

#### 4.2 ENSAIOS DAS DIFERENTES MISTURAS PARA CAMADA DE BASE

Dando sequência ao programa experimental, foi iniciada a série de experimentos de solo/RCC para determinação da melhor dosagem para camada de base, a qual se dá com 60% de CBR, ou seja, 60% de resistência a penetração.

A Figura 6 mostra um corpo de prova moldado com uma das misturas analisadas.

Figura 6. Corpo de prova da mistura de solo/RCC moldado.



Fonte: Próprio Autor

Os resultados de tensão x deslocamento estão nos Gráficos 2 e 3, respectivamente para a amostra de solo e para a amostra de solo-RCC na porcentagem 60/40, ou seja, a primeira mistura avaliada constou de 40% de RCC e 60% de solo.



Analisando os gráficos, pode-se dizer que a resistência à penetração do solo foi de 15,2% e, ao se adicionar 40% de resíduo de construção civil, o valor de resistência à penetração subiu para 21%. Pesar do aumento, o resultado de CBR ainda está abaixo do esperado. Desta forma, foi necessário realizar o mesmo ensaio para outras misturas de solo-RCC, de modo a atingir o CBR de 60%, conforme prescrito por norma.

Provavelmente, a quantidade de RCC na mistura deverá ser aumentada, já que cresce a possibilidade de existência de finos na mistura e, portanto, preenchimento de vazios e aumento da compactação.

Os valores de expansão, tanto do solo quanto da mistura, ficaram abaixo de 0,5% (exigência do DNIT 141/2010-ES para a função estrutural da base de um pavimento), sendo de 0,23% para a amostra de solo e 0,18% para a mostra com 40% de RCC.

Gráfico 2. ISC do solo.

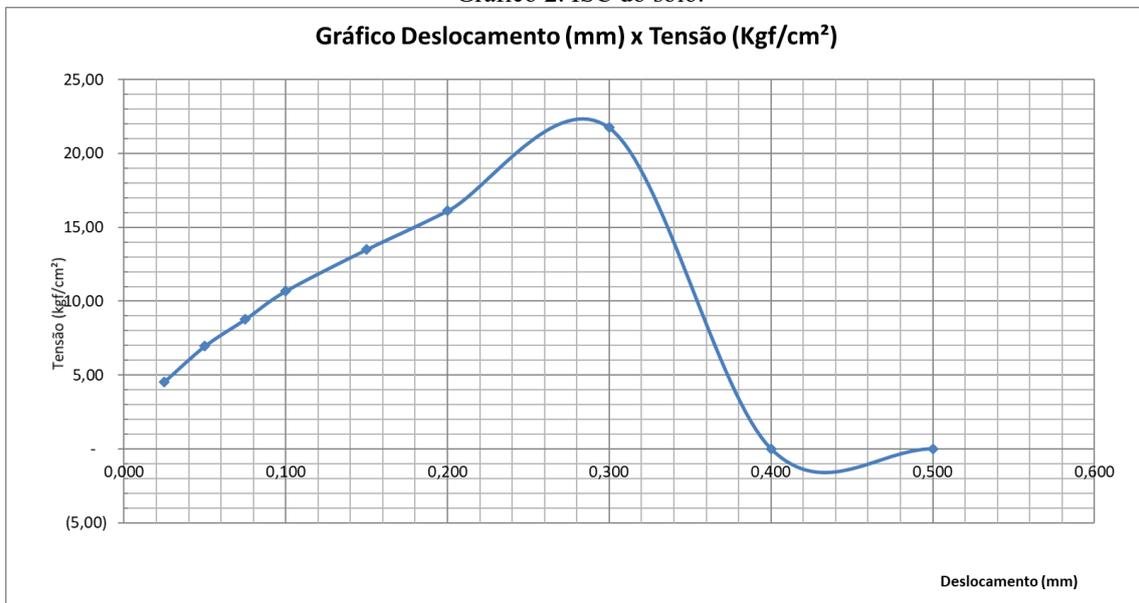
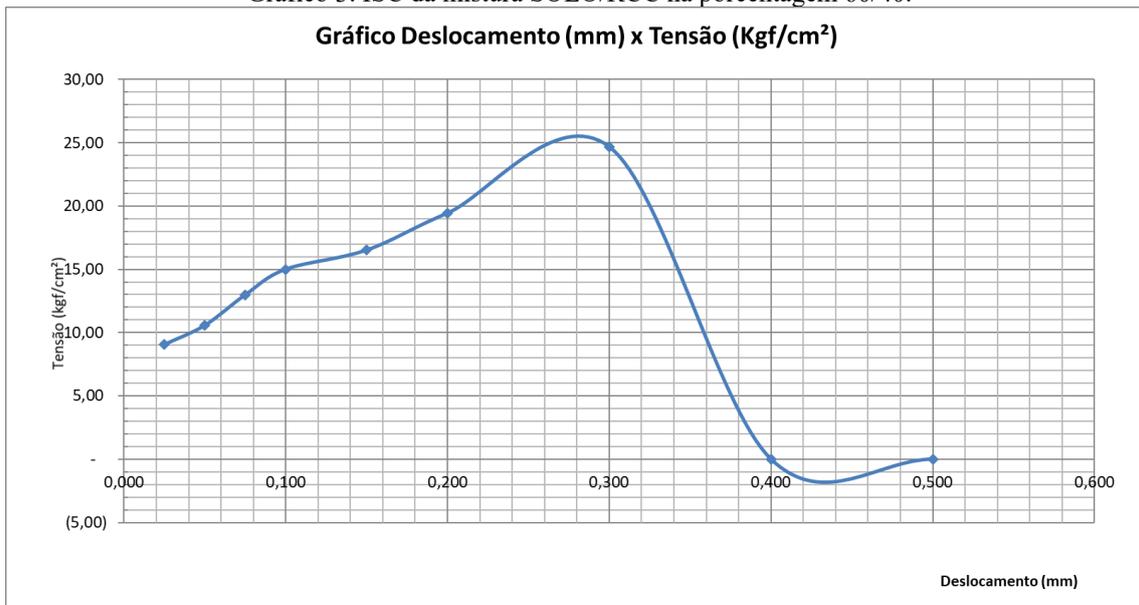




Gráfico 3. ISC da mistura SOLO/RCC na porcentagem 60/40.



O Gráfico 4 mostra os resultados de tensão x deslocamento do ensaio de ISC da mistura solo-RCC na porcentagem 40/60, ou seja, contendo 60% de resíduo de construção.

Observa-se que ao aumentar a porcentagem de RCC na mistura, o ISC passou de 21% para 61,6%; aumento significativo e que atende ao valor mínimo de 60% na camada de base, prescrito pelo DNIT 141/2010-ES.

Uma provável explicação para o ganho no ISC ao se aumentar a porcentagem de resíduo está na presença de finos que o resíduo possui, o que acaba preenchendo os vazios e aumentando a compactação da mistura.

Gráfico 4. ISC da mistura SOLO/RCC na porcentagem 40/60.





Foi realizado também o ISC da mistura com 20% de solo e 80% de RCC, sendo que a mesma apresentou queda significativa na resistência a penetração, indo para o valor de 15%, conforme Gráfico 5. Essa queda se dá pelo fato da baixa adesão entre as partículas, o que foi ocasionado pela baixa quantidade de solo, tornando a mistura inviável para a camada de base.

Gráfico 5. ISC da mistura SOLO/RCC na porcentagem 20/80.



Os valores de expansão das misturas 40/60 e 20/80 foram, respectivamente, de 0,11% e 0,08%, permanecendo também abaixo de 0,5%.

A Tabela 3 mostra um resumo das misturas estudadas. Conclui-se, portanto, que a mistura ótima encontrada foi de 60% de RCC e 40% de solo, atingindo todos os parâmetros normativos.

Tabela 3. Resultados de ISC obtidos a partir das misturas ensaiadas.

Amostras de Solo-RCC	Solo	RCC	ISC
Amostra 1	100%	0%	15,1%
Amostra 2	60%	40%	21%
Amostra 3	40%	60%	61,6%
Amostra 4	20%	80%	15%

#### 4.3 ESTUDO DA CAMADA DE BASE

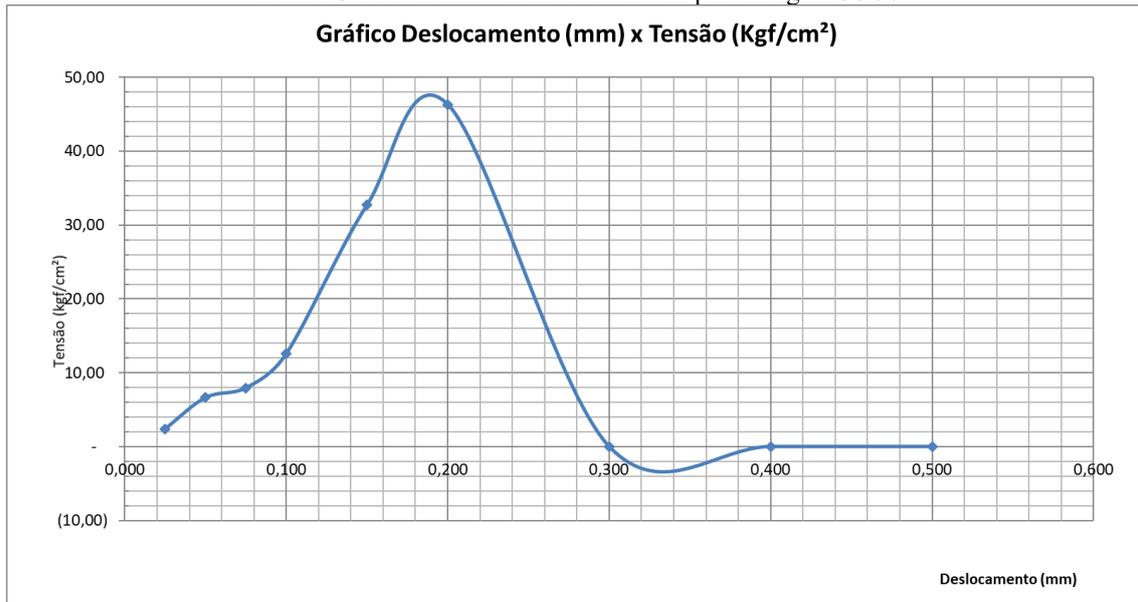
A partir dos resultados obtidos o longo do trabalho fica evidente que é possível substituir totalmente o agregado natural pelo agregado de RCC na camada de base de rodovias, trabalhando na



composição de 40% de solo e 60% de resíduo de construção, já que todos os parâmetros normativos são atendidos, além de proporcionar melhorias econômicas e ambientais.

Somente para efeito comparativo, foi feito o ensaio de ISC para camada de base com 50% de brita 1 e 50% de solo. O Gráfico 6 mostra o ISC da mistura. Usando o agregado natural, o ISC resultou em 71,1%, ou seja, 15% superior a mistura com resíduo, porém sem os atrativos econômicos e ambientais.

Gráfico 6. ISC da mistura Brita 1/solo na porcentagem 50/50.



#### 4.4 ANÁLISE DE COMPARAÇÃO DE CUSTO:

Para a comparação de custo utilizou-se o Manual de Custos Rodoviários do DNIT de 2003, onde, para a camada de base, se utiliza a ordem de 2,4 t/m<sup>3</sup> como necessidade total de material a ser utilizado na execução de 1 m<sup>3</sup> do serviço. Sendo assim, 1,2t de solo e 1,2t de brita para a camada de base padrão, e 1,44t de RCC e 0,96t de solo para a base feita com a mistura ótima encontrada neste trabalho.

O custo dos materiais foi feito com base nos preços praticados na região de Votuporanga-SP, sendo eles: o m<sup>3</sup> (1,6 t/m<sup>3</sup>) de solo é de R\$30,00, o m<sup>3</sup> (1,5 t/m<sup>3</sup>) de brita é de R\$120,00 e o m<sup>3</sup> (1,5 t/m<sup>3</sup>) de RCC é de R\$23,00. Na tabela 4 constam as quantidades e custos gastos em cada uma das situações.

Tabela 4. Comparação de custo entre as camadas de base padrão e de RCC

	Solo (m <sup>3</sup> )	Brita (m <sup>3</sup> )	RCC (m <sup>3</sup> )	Custo total
Amostra Padrão	0,75	0,8	0	118,5
Amostra da Mistura	0,6	0	0,96	40,08



A partir dos resultados mostrados na Tabela 3 pode-se observar que o agregado proveniente de resíduo de construção civil proporciona grande vantagem econômica em relação ao agregado natural, chegando a uma economia de 66% quando aplicado em camada de base de rodovia.



## REFERÊNCIAS

ABRECON - Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. Encontro nacional das usinas de reciclagem de RCD. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 15.112/04 – Resíduos de construção e resíduos volumosos; Áreas de transbordo e triagem; Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.113/04 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes. Aterros; Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.114/04 – Resíduos sólidos da construção civil. Áreas de reciclagem. Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.115/04 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil. Execução de camadas de pavimentação. Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.116/04 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9895 – Solo- Método de ensaio-Índice de suporte Califórnia (ISC). Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13292 – Solo- Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares à carga constante Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

AZEVEDO, G. O. D., KIPERSTOK, A., MORAES L. R. S. Resíduos da construção civil em Salvador: os caminhos para uma gestão sustentável. Engenharia Sanitária e Ambiental, 2006; 11(1): 65-72, 2006.

BERNUCCI, Liedi B. et al. Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros. 504 f. PETROBRAS: ABEDA, Rio de Janeiro, 2006.

CARNEIRO, Alex P. et al. Reciclagem de Entulho para a produção de materiais de construção: Projeto Entulho Bom – Salvador: Editora UFBA, 142-186, 2001.

CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002: Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil, julho, 2002.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT. DNIT 139/2010 – Pavimentação: Sub-base estabilizada granulometricamente - Especificação de Serviço. Espírito Santo, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT. DNIT 137/2010 – Pavimentação: Regularização do subleito - Especificação de Serviço. Espírito Santo, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT. DNIT 141/2010 – Pavimentação: Base estabilizada granulometricamente - Especificação de Serviço. Espírito Santo, 2010.



DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT. MANUAL DE CUSTOS RODOVIÁRIOS - VOLUME 4, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM – DNER-ME. NORMA 133/94 - Misturas betuminosas: determinação do módulo de resiliência. Rio de Janeiro, 2009.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM – DNER-ME. DNER-ME 049/94 – Solos: Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM – DNER-ME. DNER-ME 82/94 – Solos: Determinação do Limite de Plasticidade. Rio de Janeiro, 1994;

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM – DNER-ME. DNER-ME 122/94 – Solos: Determinação do Limite de Liquidez; Método de referência e Método expedito. Rio de Janeiro, 1994.

GRUBBA, David C. R. P. Estudo do comportamento mecânico de um agregado reciclado de concreto para utilização na construção rodoviária. 163p. Dissertação – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

HANSEN, Torben C. Recycled of demolished concrete and masonry. 316p. London: Chapman & Hall, 1992.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema de Contas Nacionais Trimestrais - SCNT. Rio de Janeiro: IBGE. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Banco de dados do IBGE.

PEREIRA, L. A. F.; AMORIM, E. F.; FREITAS NETO, O. (2022). Construction and demolition waste applied to road pavement layers: a systematic review. *Research, Society and Development*, 11(4), e28611426689. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.26689>.

PUPIM, F. H. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos na cidade de Votuporanga –SP. 2013. 57f. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso Técnico em Edificações, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Votuporanga, 2013.

ROZA, A. E. (2018). Contribuição para o projeto mecanístico-empírico de pavimentos asfálticos na região norte do estado do Mato Grosso. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SANTOS, A. G; MATTE, G. R. Estudo da mistura de solo e agregado reciclado para construção de camadas de pavimentos de União do Oeste – SC. In: XXVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2014, Curitiba. ANPET 2014, 2014.

SOUZA, B. G. 2022. Permeable concrete pavement elaborated with civil construction residue. “Principies and concepts for development in nowadays society 1”. Editora Seven. Cap.70. P857-866. ISBN: 979-8-218-07792-1.



TAMURA, J. Y. Estudo sobre misturas solo-agregado reciclado de resíduos sólidos da construção civil, para fins de pavimentação de vias urbanas de baixo volume de tráfego. Pesquisa de Iniciação Científica da FAPESP - UNESP de Guaratinguetá. Guaratinguetá, 2012.

ZIMMER, A. S.; OMIDO, A. R. Avaliação do potencial de uso de resíduos da construção civil como agregado para base e sub-base de pavimento asfáltico. 20p. Dissertação Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2019.