

## ESTUDO DE MISTURAS DE SOLO COM RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA APLICAÇÃO COMO MATERIAL DE SUB-BASE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO

Victor Hugo Medeiros Pessanha<sup>1</sup>; Raphaella de Souza Resende Moreira<sup>2</sup>; João Paulo Saraiva Teixeira<sup>3</sup>; Heraldo Nunes Pitanga<sup>4</sup>; Cátia de Paula Martins<sup>5</sup>; Klaus Henrique de Paula Rodrigues<sup>6</sup>

**Resumo** – Este estudo teve o objetivo de avaliar a possível utilização do resíduo de construção civil (RCC) em misturas com solo para aplicações em camada de sub-base de pavimento rodoviário. Foram produzidas três misturas, cada uma atendendo às faixas III, IV e V da ET-DE-P00/006 do DER/SP. O RCC, fornecido por uma empresa especializada em controle tecnológico de concreto, foi britado em duas faixas granulométricas diferentes [RCC grosso (RCCg) e RCC fino (RCCf)]. Considerando-se, respectivamente, as percentagens em massa seca de RCCg, RCCf e solo, foram definidas as seguintes composições: 0%, 50% e 50% (mistura da faixa V); 20%, 50% e 30% (mistura da faixa IV); 32%, 52% e 16% (mistura da faixa III). Foram realizados os ensaios de caracterização física, compactação (energia Proctor Intermediária) e CBR, na amostra de solo e nas misturas. Os ensaios de compactação indicaram uma tendência de aumento do peso específico aparente seco máximo e de redução do teor de umidade ótimo, que ocorre devido à adição de material granular ao solo. Para os ensaios de CBR, os resultados também refletiram uma tendência de melhoria nas propriedades das misturas em comparação a amostra de solo. Conforme a ET-DE-P00/006 do DER/SP, misturas do tipo solo-brita empregadas em camadas de sub-base de pavimento rodoviário devem apresentar CBR maior ou igual a 30% e expansão menor ou igual a 1%. As misturas correspondentes às faixas III e IV atenderam a estes requisitos normativos. A incorporação do RCC investigado em misturas com a amostra de solo estudada demonstrou ser promissora, abrindo caminho para práticas mais sustentáveis em obras de pavimentação rodoviária.

**Abstract** – This study aimed to evaluate the possible use of construction waste (CW) in mixtures with soil for use in the sub-base course of road pavements. Three mixtures were produced, each meeting the requirements of grade III, IV and V of DER/SP's ET-DE-P00/006. The CW, supplied by a company specializing in the technological control of concrete, was crushed into two different particle sizes [coarse CW (CWc) and fine CW (CWf)]. Taking into account the percentage dry mass of CWc, CWf and soil, the following compositions were defined: 0%, 50% and 50% (grade V mix); 20%, 50% and 30% (grade IV mix); 32%, 52% and 16% (grade III mix). Physical characterization, compaction (using intermediate Proctor energy), and CBR tests were conducted on the soil and mixtures. The compaction tests showed a tendency to increase the maximum dry density and decrease the optimum moisture content by adding CW to the soil. In the CBR tests, the results also reflected a trend towards improved properties. According to the DER/SP ET-DE-P00/006, soil-gravel mixtures used in sub-base course must have a CBR greater than or equal to 30% and expansion less than or equal to 1%. The mixtures corresponding to grades III and IV met these regulatory requirements. The incorporation of the CW investigated into mixtures with soil proved to be promising, paving the way for further research.

**Palavras-Chave** – Resíduos de construção civil (RCC); pavimentação; solo-RCC; estabilização de solo; CBR.

---

<sup>1</sup> Eng., Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil, victor.pessanha@engenharia.ufjf.br  
<sup>2</sup> Eng<sup>a</sup>., Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil, raphaella.resende@engenharia.ufjf.br  
<sup>3</sup> Estudante, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil, joao.teixeira@engenharia.ufjf.br  
<sup>4</sup> Prof. Dr., Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil, heraldopitanga@ufjf.br  
<sup>5</sup> Prof<sup>a</sup>. Dra., Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil, catia.martins@ufjf.br  
<sup>6</sup> Prof. Dr., Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, klaus@ufv.br

## 1. INTRODUÇÃO

Os resíduos gerados pela humanidade são um dos temas mais debatidos atualmente, sendo senso comum entre os ambientalistas que o não aproveitamento de resíduos e a sua destinação incorreta podem gerar prejuízos financeiros e ambientais. Estima-se que, no ano de 2020, o custo direto somado ao prejuízo ambiental do gerenciamento global de resíduos foi de US\$ 361 bilhões (UNEP, 2024).

A indústria da construção civil é uma das principais contribuintes para o consumo e geração de resíduos sólidos no Brasil, sendo responsável por consumir até 50% de todos os recursos naturais produzidos (Santos *et al.*, 2011) e por gerar 63,6% de todo o resíduo sólido urbano coletado no país (ABRELPE, 2022). Diante deste cenário, diversas pesquisas estão sendo conduzidas com o objetivo de encontrar uma destinação sustentável para os Resíduos de Construção e Demolição (RCD) (Brasileiro; Matos, 2015).

Geralmente, o RCD gerado nos canteiros de obras é composto por diversos materiais, que são classificados de acordo com a resolução nº 307 do CONAMA (Brasil, 2002), conforme o seu potencial de reutilização ou reciclagem. Neste sentido, apenas os resíduos que se enquadram na classe “A” podem ser reciclados ou reutilizados como agregados de construção e reinseridos como matéria prima na indústria da construção, completando assim o ciclo de aproveitamento de resíduos de forma mais eficiente.

O possível uso de agregados reciclados em obras de pavimentação é um dos temas mais pesquisados, seja como componente da camada de revestimento ou das camadas subjacentes a esta. No Brasil, a malha rodoviária pavimentada é composta por 213.500 km, e a extensão planejada para construção é de 157.309 km (CNT, 2022). A construção e manutenção de pavimentos asfálticos demandam grandes quantidades de agregados, os quais contribuem com mais de 90%, em peso, das misturas asfálticas.

A Petrobrás, em 2023, comercializou 2,5 milhões de toneladas de asfalto (PETROBRÁS, 2024), demandando, desta forma, uma estimativa de 22,5 milhões de toneladas de agregados destinados apenas às misturas à quente. Esta demanda representa 46,5% de todo o RCD coletado em 2022, que foi de 48,4 milhões de toneladas, aproximadamente (ABRELPE, 2022). Portanto, todo o RCD coletado no Brasil, que se enquadrar na classe adequada de resíduos sólidos, pode ser utilizado em obras de pavimentação. Porém, para integrar a camada de revestimento asfáltico, os requisitos técnicos são rigorosos, de modo que os agregados reciclados muitas vezes não se adequam a tais restrições, sendo mais provável que sejam aprovados para emprego em camadas de base, sub-base e reforço do subleito.

Diversos estudos têm investigado a incorporação de resíduos de construção e demolição (RCD) como alternativa sustentável para a melhoria de solos de baixa capacidade de suporte, visando aplicações em pavimentação e geotecnia. Silva *et al.* (2020) demonstraram que a adição de agregados miúdos reciclados de RCD melhora significativamente as propriedades hidromecânicas de solos areno-argilosos, reduzindo a plasticidade e aumentando a resistência mecânica. Moreira *et al.* (2023) e Galindo *et al.* (2024) mostraram que a adição de RCD com solo aumenta a capacidade de suporte e diminui a expansão.

Esta pesquisa se justifica pelo solo ser o principal material utilizado nas camadas inferiores de pavimentos rodoviários, porém, em muitas situações, este não atende aos critérios do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) para compor tais camadas. Uma possível forma de contornar esse problema pode ser a estabilização desses solos, como por exemplo, realizar uma estabilização granulométrica, a qual altera a granulometria do solo original adicionando a ele um outro material com granulometria diferente. Uma opção de estabilização granulométrica de solos é adicionar brita com a finalidade de aumentar a resistência e diminuir a plasticidade e a expansão. Uma alternativa para substituir a brita nesse tipo de mistura seria a utilização de material de granulometria e resistência semelhantes, como os resíduos da construção civil (RCC).

## 2. OBJETIVOS

O objetivo principal desta pesquisa foi o de avaliar a possibilidade de reutilização dos resíduos da construção civil (RCC fino e RCC grosso) na estabilização de uma amostra de solo tropical da microrregião de Juiz de Fora – MG, através da análise do índice CBR e da sua respectiva expansão visando sua aplicação em camada de sub-base de pavimento asfáltico.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Etapas da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida conforme as etapas a seguir: coleta e preparação das amostras, caracterização física dos materiais, determinação dos percentuais das misturas, ensaios de compactação, ensaios de CBR (*California Bearing Ratio*) e análise dos resultados, visando o emprego como material estrutural de camada de sub-base.

#### 3.2 Coleta e preparação de amostras

As amostras do solo argiloso (Figura 1a) foram coletadas em um talude de corte próximo à PROINFRA, dentro do campus Juiz de Fora da UFJF-MG. Conforme a NBR 6457 (ABNT, 2016a) recomenda, as amostras foram secas ao ar até atingirem a umidade higroscópica, e então foram destorroadas, homogeneizadas e quarteadas, bem como pesadas e armazenadas, nas quantidades necessárias para a realização dos ensaios envolvidos nesta pesquisa.

As amostras de RCC foram cedidas por uma empresa de Juiz de Fora-MG, especializada em controle tecnológico de concreto. Os resíduos de concreto foram britados em duas granulometrias distintas, uma graúda (RCCg), com grãos variando de 9,50 a 19,1 mm (Figura 1b), e outra fina (RCCf), com grãos variando de 0,6 a 2,36 mm (Figura 1c). O resíduo foi preparado conforme procedimento adotado para o solo, incluindo apenas o peneiramento grosso no processo, para avaliar se as amostras atendiam às faixas granulométricas informadas pela empresa, o que foi confirmado.

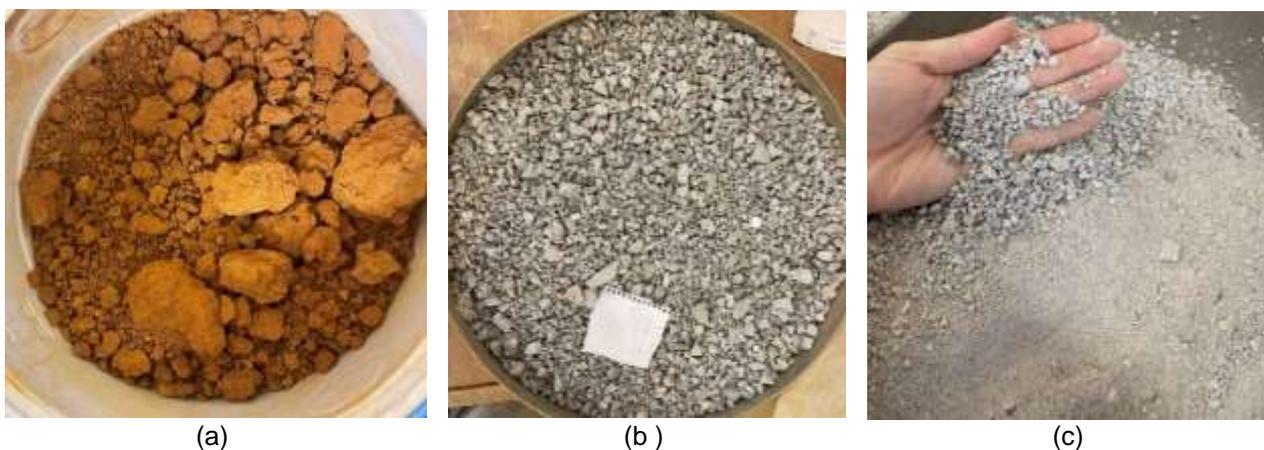


Figura 1. Materiais utilizados: (a) solo argiloso; (b) RCC grosso (RCCg); (c) RCC fino (RCCf).

#### 3.3 Caracterização física dos materiais

Para a amostra de solo argiloso, foram adotados os resultados dos ensaios de caracterização física determinados por Cândido (2023). Os ensaios que compõem a caracterização física do solo são granulometria, limites de consistência (LL, LP e IP) e massa específica dos sólidos (Tabela 1).

| Tabela 1. Resultados dos ensaios de caracterização física do solo |  |
|---|--|
| Ensaio  | Resultado  |
| Granulometria   | 56% argila, 33% areia, 10% silte e 1% pedregulho |
| Limite de plasticidade (LP)                                       | 30%  |
| Limite de liquidez (LL)   | 40%  |
| Índice de plasticidade (IP)                                       | 10%  |
| Massa específica dos sólidos                                      | 2,79 g/cm <sup>3</sup>                           |

Quanto aos resíduos, foram feitos os ensaios de caracterização física que melhor se adequavam a cada faixa granulométrica. Os resultados do trabalho de Moreira (2023) foram usados e são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados dos ensaios de caracterização física dos resíduos (RCCg e RCCf)

| Ensaio                       | Resíduo analisado | Resultado                             |
|------------------------------|-------------------|---------------------------------------|
| Índice de forma              | RCCg              | 2,12                                  |
| Densidade e absorção de água | RCCg              | Porosidade 17,61%                     |
|                              |                   | Absorção de água 7,09%                |
|                              |                   | Densidade 2,48 g/cm <sup>3</sup>      |
| Abrãção <i>Los Angeles</i>   | RCCg              | 39%                                   |
| Módulo de finura             | RCCf              | 3,15                                  |
| Massa unitária               | RCCf              | 1220 kg/m <sup>3</sup>                |
| Granulometria                | RCCg              | 99% pedregulho e 1% areia             |
| Granulometria                | RCCf              | 59% areia, 39% pedregulho e 2% silte. |

### 3.4 Determinação das dosagens solo-resíduo

O percentual de cada um dos três materiais (solo, RCCf e RCCg) foi determinado com base nas faixas granulométricas recomendadas pela ET-DE-P00/006 do DER/SP (2006). As faixas são empregadas em misturas solo-brita, quando estas são aplicadas em camadas de base e sub-base de aterro rodoviário (Figura 2)

| Peneira de Malha Quadrada |       | % em Massa, Passando |         |          |          |          | Tolerância |
|---------------------------|-------|----------------------|---------|----------|----------|----------|------------|
| ASTM                      | mm    | I                    | II      | III      | IV       | V        |            |
| 1"                        | 25,4  | 100                  |         |          |          |          |            |
| 3/4"                      | 19,0  | -                    | 100     | 100      | 100      | 100      |            |
| 3/8"                      | 9,5   | 30 - 65              | 50 - 85 | 60 - 100 | -        | -        | ± 7        |
| n° 4                      | 4,8   | 25 - 55              | 35 - 65 | 50 - 85  | 55 - 100 | 70 - 100 | ± 5        |
| n° 10                     | 2,0   | 15 - 40              | 25 - 50 | 40 - 70  | 40 - 100 | 55 - 100 | ± 5        |
| n° 40                     | 0,42  | 8 - 20               | 15 - 30 | 20 - 50  | 20 - 55  | 30 - 70  | ± 5        |
| n° 200                    | 0,075 | 2 - 8                | 5 - 20  | 7 - 20   | 8 - 25   | 10 - 25  | ± 2        |

Figura 2. Faixas granulométricas de misturas solo-brita em camadas de base e sub-base de aterro rodoviário.

Nesta pesquisa, foram escolhidas as faixas de serviço III, IV e V para a determinação dos percentuais das misturas entre os três materiais. Usando as granulometrias dos componentes individuais da mistura (solo, RCC grosso e RCC fino), chegou-se às misturas finais que se enquadrassem, respectivamente, dentro dos limites das faixas de serviço. Os percentuais de cada material individual nas misturas foram determinados, sendo as misturas resultantes apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Percentuais dos materiais individuais em cada mistura

| Faixa de serviço - Mistura | Percentuais                  |
|----------------------------|------------------------------|
| Faixa III - M III          | 16% Solo, 52% RCCf, 32% RCCg |
| Faixa IV - M IV            | 30% Solo, 50% RCCf, 20% RCCg |
| Faixa V - M V              | 50% Solo, 50% RCCf           |

### 3.5 Ensaio de compactação

Os ensaios de compactação da amostra de solo e das misturas solo-RCC, para cada uma das três faixas de serviço, foram realizados seguindo as recomendações normativas das normas NBR 7182 (ABNT, 2016b) e DNER-ME 129 (1994). Para a determinação das respectivas curvas de compactação, os intervalos de umidade foram de, aproximadamente, 2%. Para o solo, adotou-se o cilindro menor (cilindro Proctor), e para as misturas solo-RCC, adotou-se o cilindro maior (cilindro CBR), sendo adotada a energia Proctor Intermediária para a compactação dos materiais (Figura 3).



Figura 3. Processo de compactação dos materiais investigados.

### 3.6 Ensaio CBR

Sobre corpos de prova de solo e de misturas solo-RCC, moldados no teor de umidade ótimo das respectivas curvas de compactação Proctor Intermediária, foram realizados os ensaios CBR (CBR e Expansão) segundo as recomendações da NBR 9895 (ABNT, 2016c) e do ME 172 (DNIT, 2016). As diferentes etapas do ensaio são apresentadas na Figura 4.



Figura 4. Etapas do ensaio CBR

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Compactação

Todos os materiais foram compactados na energia Proctor Intermediária, e os resultados do teor de umidade ótimo ( $W_{\text{ótimo}}$ ) e peso específico aparente seco máximo ( $\gamma_{\text{dmáx}}$ ) para o solo puro e misturas são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados do ensaio de compactação

| Mistura   | Percentuais                  | $W_{\text{ótimo}}$ (%) | $\gamma_{\text{dmáx}}$ (kN/m <sup>3</sup> ) |
|-----------|------------------------------|------------------------|---|
| Solo Puro | 100% Solo, 0% RCCf, 0% RCCg  | 22,10                  | 15,90                                       |
| M V       | 50% Solo, 50% RCCf, 0% RCCg  | 17,30                  | 17,90                                       |
| M IV      | 30% Solo, 50% RCCf, 20% RCCg | 14,50                  | 18,20                                       |
| M III     | 16% Solo, 52% RCCf, 32% RCCg | 14,50                  | 19,10                                       |

O percentual de RCCf em todas as misturas é muito similar, sempre com valores próximos à 50%, logo este parâmetro pode ser admitido nas análises como sendo constante. As misturas com maior percentual de RCCg apresentam menores valores de teor de umidade ótimo e maiores de peso específico aparente seco máximo. Esse comportamento se deve ao aumento de material granular e diminuição de material fino (Niehues, 2018; Silva e Ferreira, 2019; Pessanha, 2019; Alvares, 2022; Moreira, 2023).

## 4.2 CBR

Os resultados para o ensaio CBR (CBR e Expansão) são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Resultados do ensaio CBR

| Mistura   | Percentuais                  | CBR (%) | Expansão (%) |
|-----------|------------------------------|---------|--------------|
| Solo Puro | 100% Solo, 0% RCCf, 0% RCCg  | 22,8    | 0,05         |
| M V       | 50% Solo, 50% RCCf, 0% RCCg  | 29,5    | 0,03         |
| M IV      | 30% Solo, 50% RCCf, 20% RCCg | 64,4    | 0,01         |
| M III     | 16% Solo, 52% RCCf, 32% RCCg | 72,4    | 0,00         |

Observou-se uma tendência de aumento dos valores de CBR e uma diminuição da expansão com o aumento do teor de RCCg, o que está relacionado com a diminuição da plasticidade das misturas devido a diminuição da porcentagem de material argiloso e aumento do ângulo de atrito devido ao aumento da porcentagem de partículas de maiores dimensões (Silveira e Borges, 2016; Camelo, 2018; Pereira et al., 2019; Jain et al. 2023; Hidalgo, 2023, Omido et al., 2024).

As exigências normativas do DNIT (2010) e do DER/SP (2006) para emprego de materiais em camadas de sub-base são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6. Parâmetros do DNIT e DER/SP para emprego de misturas solo-brita em camada de sub-base

| Norma                     | CBR (%) | Expansão (%) | Energia de compactação |
|---------------------------|---------|--------------|------------------------|
| ES 139 (DNIT, 2010)       | ≥ 20,0  | ≤ 1,0        | Proctor Intermediária  |
| ET-P00-006 (DER/SP, 2006) | ≥ 30,0  | ≤ 1,0        | Proctor Intermediária  |

Conclui-se que todos os quatro materiais atendem aos parâmetros do DNIT (2010) para integrar a camada de sub-base de pavimento, porém, quando comparados com as exigências do DER/SP (2006), apenas as misturas M III e M IV poderiam ser utilizadas nesta camada. Salienta-se que outros parâmetros também são exigidos pela referida norma, porém não constituíram o foco deste estudo.

## 5. CONCLUSÕES

A adição de RCCg às misturas reduziu o teor de umidade ótimo e aumentou o peso específico aparente seco máximo. Com o aumento do teor de RCCg os valores de CBR aumentaram e a expansão diminuiu, promovendo uma melhoria mecânica no material resultante. Conforme as especificações do DNIT (2010), a amostra de solo na sua condição natural e as misturas analisadas seriam consideradas aptas para compor uma camada de sub-base de um pavimento asfáltico. Entretanto, de acordo com as exigências do DER/SP (2006), apenas as misturas M III e M IV estariam aptas.

Concluiu-se que a utilização dos materiais RCCg e RCCf como materiais estruturais de camada de sub-base de pavimento asfáltico é promissora, pois melhoraram os parâmetros de compactação e CBR da amostra de solo, atendendo às especificações normativas do DNIT (2010) e parcialmente às do DER/SP (2006). Além disso, o RCC pode ser inserido na cadeia produtiva da construção civil, tornando-se um material técnica e ambientalmente viável, reduzindo a demanda por materiais naturais, como britas e areias, e reduzindo também o volume de material recebido pelos aterros sanitários.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PEC) da UFJF pelo suporte à pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ALVARES, V. (2022). *Agregados Reciclados de Concreto da usina de RCC de Rio Verde/GO: Caracterização e verificação normativa para fins de pavimentação*. Dissertação de Mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 66 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE (2022). *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2022*. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 12 abr. 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2016a). *NBR 6457. Amostras de solo — Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização*. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2016b). *NBR 7182. Solo – Ensaio de compactação*. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2016c). *NBR 9895. Solo – Índice de Suporte Califórnia (ISC) – Método de ensaio*. Rio de Janeiro.
- BRASIL (2002). *Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA Nº 307, de 05/07/2002. Dispõe sobre diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil*.
- BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. (2015). *Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil*. Cerâmica. Vol. 61. n. 358. pp. 178–189. ISSN:1678-4553
- CAMELO, G. G. A. (2018). *Melhoramento de solo com resíduos sólidos da construção civil para pavimentação*. Trabalho de Conclusão de Curso, Centro Universitário Luterano de Palmas, 78p.
- CÂNDIDO, V. B. (2023). *Avaliação do comportamento mecânico de solo residual em misturas com rejeito de minério de ferro*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Juiz de Fora, 133p.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES – CNT (2022). *Anuário CNT dos transportes: Estatísticas consolidadas 2022*. Disponível em: <<https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2022/>>. Acesso em: 12 abr. 2024
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO (2006). *DER/SP 006. Sub-base ou base de solo brita*. São Paulo.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (1994). *DNER-ME - 129. Solos – compactação utilizando amostras não trabalhadas*. Rio de Janeiro.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (2010). *DNIT - 139. Pavimentação – Sub-base estabilizada granulometricamente – Especificação de Serviço*. Rio de Janeiro.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (2016). *DNIT - 172. Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas – Método de ensaio*. Rio de Janeiro.
- GALINDO, J.R.F.; PITANGA, H.N.; PEDROTI, L.G.; SILVA, T. O.; NALON, G.H.; LIMA, G.E.S. (2024). *Optimization of mixtures of soil, construction and demolition waste, and steel slag using the simplex-extreme vertices method*. Transportation Geotechnics, 48, Article 101361, 10.1016/J.TRGEO.2024.101361.

- HIDALGO, C.; CARVAJAL, G.; HINCAPIE, A.; MUÑOZ, F.; HERNÁNDEZ, M. (2023). *Ground Improvement by Construction and Demolition Waste (CDW) Soil Mixture Replacement*. Buildings, 13(3), 779. <https://doi.org/10.3390/buildings13030779>.
- JAIN, R.; TIMANI, K.; PANDEY, M. (2023). *Influence of cohesion on California bearing ratio of clay-gravel mixtures*. International Journal of Sediment Research, Volume 38, Issue 3, 2023, Pages 374-386, ISSN 1001-6279, <https://doi.org/10.1016/j.ijsrc.2022.12.005>.
- MOREIRA, E.B.; BALDOVINO, J.A.; IZZO, R.L.S. (2023). *Transforming Construction and Demolition Waste into Soft-Soil Treatment for Paving Design*. Geotech. Geol. Eng. 41, 4321–4334. <https://doi.org/10.1007/s10706-023-02503-8>
- MOREIRA, R. S. R. (2023). *Estudo do Comportamento Mecânico de Solo Argiloso Estabilizado com Resíduo de Concreto para Fins de Pavimentação*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Juiz de Fora, 83p.
- NIEHUES, A. P. G. (2018). *Estabilização granulométrica de solo argiloso com agregado de resíduo de concreto da construção civil para utilização em pavimentação*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade do Extremo Sul Catarinense, 19p.
- OMIDO, A. R.; BARBOZA, C. S.; MONGE, A. G.; OMIDO, T. V. (2024). *Emprego de Resíduos da Construção Civil em base de pavimentação asfáltica*. Revista Contribuciones a las ciencias sociales. Vol. 17. n. 2. pp. 01-25. ISSN: 1988-7833
- PEREIRA, C. H. A. F.; LUSTOSA, K.; HOLANDA, M. L. S.; MACIEL, T. (2019). *Viabilidade técnica do uso de agregados RCC em obras de pavimentação no Distrito Federal*. Qualidade e Suficiência na Construção Civil. Vol. 8. pp. 112-122. Disponível em: < <https://www.editoracientifica.com.br/articles/code/210905973>> Acesso em: 12 abr. 2024
- PESSANHA, V. H. M. (2019). *Estudo da Caracterização e Compactação de Misturas de Solo Argiloso e Resíduo da Construção Civil*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Juiz de Fora, 87p.
- PETROBRAS BRASILEIRO - PETROBRAS (2024). *Petrobras bate recorde em venda de asfalto 2024*. Disponível em: < <https://agencia.petrobras.com.br/w/petrobras-bate-recorde-em-vendas-de-asfalto>>. Acesso em: 12 abr. 2024
- SILVA, A. C.; FUCALE, S.; FERREIRA, S. R.M. (2019). *Efeito da adição de resíduos da construção e demolição (RCD) nas propriedades hidromecânicas de um solo areno-argiloso*. Matéria (Rio de Janeiro), 24(2), e12355. <https://doi.org/10.1590/S1517-707620190002.0670>
- SILVA, M. F.; FERREIRA, R. T. L. (2019). *Estudo da adição de agregados reciclados de concretos (ARC) para estabilização granulométrica de um solo da região do vale do Araguaia, para fins de pavimentação*. Geocentro. Edição 5. Disponível em:< <https://www.abms.com.br/noticias/tag/geocentro-2019>>. Acesso em: 12 abr. 2024
- SILVEIRA, L. R.; BORGES, R. A. (2016). *Análise do uso de Resíduos da Construção Civil como agregado miúdo em pavimentação*. Revista eletrônica de educação da faculdade Araguaia. Vol. 9. pp. 112-122. ISSN: 2676-0436
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP (2024). *Beyond an age of waste: Turning rubbish into a resource 2024*. Disponível em: < <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/44939> >. Acesso em: 12 mar. 2024.