# ANÁLISE DA APLICABILIDADE DO RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA NA PAVIMENTAÇÃO

https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081127

**SANTOS, MARIANNY VIANA DOS[1]; SOUZA, WANA MARIA DE[2]; RIBEIRO, ANTONIO JUNIOR ALVES[1]**
[1]INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ (IFCE); [2]UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ (UFC)
E-MAIL DO AUTOR CORRESPONDENTE: MARIANNYVIANA@GMAIL.COM

**RESUMO:** A construção de rodovias, pela sua extensão e grande volume de recursos utilizados, constitui uma alternativa de reaproveitamento de diversos resíduos. Assim, este estudo investiga a aplicabilidade do Resíduo de Cerâmica Vermelha (RCV) em camadas de pavimentos rodoviários. Para tanto, o resíduo foi triturado e submetido aos ensaios de caracterização física e mecânica, tradicionalmente empregados na pavimentação. Os resultados comprovam o potencial uso do RCV em camadas de sub-base e reforço de subleito de pavimentos rodoviários. Portanto, a sua utilização apresenta viabilidade técnica e ambiental para a construção de rodovias sustentáveis de acordo com as especificações rodoviárias atuais.

**PALAVRAS-CHAVES:** Pavimentos rodoviários, resíduo, cerâmica vermelha.

**ABSTRACT:** The construction of highways, due to their size and the large volume of resources used, constitutes an alternative for the reuse of various wastes. Thus, this study investigates the applicability of the Red Ceramic Waste (RCV) in road pavement layers. For this purpose, the waste was crushed and subjected to physical and mechanical characterization tests, traditionally used in paving. The results prove the potential use of RCV in layers of sub-base and reinforcement of subgrade of road pavements. Therefore, its use presents technical and environmental feasibility for the construction of sustainable highways according to the current road specifications.

**KEYWORDS:** Road pavements, waste, red ceramic.

## 1 | INTRODUÇÃO

A produção de cerâmica vermelha consome, exacerbadamente, recursos naturais renováveis e não renováveis, impactando o meio ambiente nas áreas de extração e gerando uma quantidade expressiva de resíduos em seu processo produtivo, os quais não tem destinação definida (DIAS, 2016)(1).

Segundo a Resolução CONAMA n° 307/02(2) os Resíduos de Construção e Demolição (RCD), dentre estes estão os Resíduos de Cerâmica Vermelha – RCV, são classificados como Classe A, se caracterizam como resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, podendo ser resíduos oriundos de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação, edificação, entre outros, bem como solos provenientes de

terraplanagem.

O crescimento urbano tem exigido a expansão da malha viária, necessitando-se conhecer materiais com potencial emprego na infraestrutura, principalmente, na pavimentação. A utilização de resíduos oriundos da construção civil em camadas de pavimentos tem-se mostrado uma alternativa viável em termos ambientais e financeiros atualmente. Diversos estudos realizados apresentam resultados satisfatórios no que concerne o seu uso para fins de pavimentação (Fadanelli e Viecheteck, 2010; Lucena, 2012; Cabalar, Hanssan e Abdulnafaa, 2016; Silva e Carvalho 2017)[3][4][5][6]

Diversos estudos analisaram o uso de RCV na pavimentação (Dias 2004; Cavalcante et al., 2006; Silva e Carvalho, 2017; Souza et al., 2019)[7][8][6][9]. Lima (2008)[10] estudou as características físicas e mecânicas de resíduos de construção e demolição visando seu respectivo uso para pavimentos urbanos a serem utilizados em camadas de base, sub-base ou reforço do subleito de pavimento. Ferreira et al. (2016)[11] analisaram as propriedades físicas e mecânicas do RCV aplicáveis à construção de pavimentos. Souza et al. (2019)[9] analisaram a aplicabilidade do resíduo supracitado na pavimentação , através de misturas com solo, com percentuais de 30, 50 e 70% do resíduo.

Nesta perspectiva, esta pesquisa busca analisar a aplicabilidade do RCV em pavimentos rodoviários, de modo a contribuir com a sustentabilidade na construção de rodovias.

## 2 | METODOLOGIA

Considerando as propriedades físicas básicas do material, o resíduo foi triturado manualmente com auxílio de um soquete de cravação do conjunto Hilf. Em seguida, foi realizado o peneiramento para a obtenção do material passante na peneira de 19 mm. Por fim, quarteou-se a amostra com o intuito de obter uma quantidade representativa e heterogênea e assim, ser feita a composição granulométrica do material (ABNT NBR 7181/84)[12], e, por conseguinte a caracterização SUCS (Sistema Unificado de Classificação de Solos) e AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). Foram realizados, ainda, a determinação dos limites de liquidez (DNER – ME 122/94)[13] e plasticidade do material (DNER – ME 082/94)[14], bem como a densidade real (DNER – ME 093/94) [15].

Em relação a caracterização mecânica, realizou-se a compactação nas energias Proctor Normal, Intermediária e Modificada (DNER-ME 162/94)[16], assim como ensaio de abrasão Los Angeles (DNER-ME 035/98)[17], o ensaio Treton (DNER-ME 399/99 Agregados)[18] e o California Bearing Ratio -CBR (DNER-ME 049/94)[19].

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o DNIT (2006)[20], a granulometria do agregado é uma das características que garantem estabilidade ao pavimento. Desta forma a granulometria do material pode ser considerada um dos parâmetros que atestam a viabilidade do seu uso para pavimentação. Analisando a curva granulométrica apresentada na Figura 1, pode-se observar que o resíduo triturado se enquadra quase completamente no intervalo da faixa “A” do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

Além disso, o material se mostra não uniforme e bem graduada, e com Coeficiente de Uniformidade de 33, portanto, se enquadrando na NBR 15115/04[21] que dispõe sobre os agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos, que especifica que o material deve apresentar curva granulométrica, bem graduada, não uniforme, com coeficiente de uniformidade Cu ≥ 10.

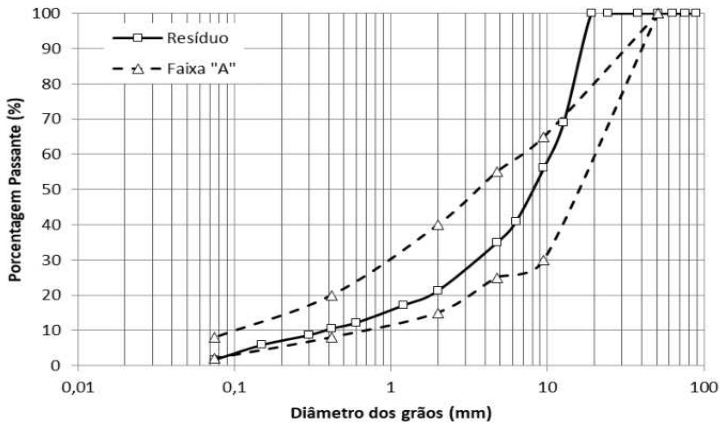



Figura 1- Curva granulométrica do RCV e os limites da faixa A do DNIT (2006)[20].

Fonte: Autores, 2021

No que diz respeito a classificação AASHTO e SUCS, o resíduo foi caracterizado como A-1-a (Pedra Britada pedregulho e areia), ou seja, apresenta um comportamento geral como subleito classificado de excelente a bom, e na SUCS como GW (Pedregulho bem graduado).

Acerca da densidade real do resíduo, este por sua vez, apresentou um valor equivalente a 2,62 g/cm$^3$. Já em relação aos limites de consistência (liquidez e plasticidade), o resíduo em estudo se classifica como não plástico. Isso se justifica em decorrência da alta absorção do material cerâmico e sua alta porosidade, não havendo coesão entre as partículas, mesmo sendo um material composto de argila.

Quanto a compactação, a massa específica seca máxima do resíduo oscilou de 1,35 g/cm³ a 1,53 g/cm³. Já a umidade ótima do resíduo variou consideravelmente também, estando entre 3,64 % da energia modificada a 9,14% da energia normal, conforme apresentado na Figura 2.

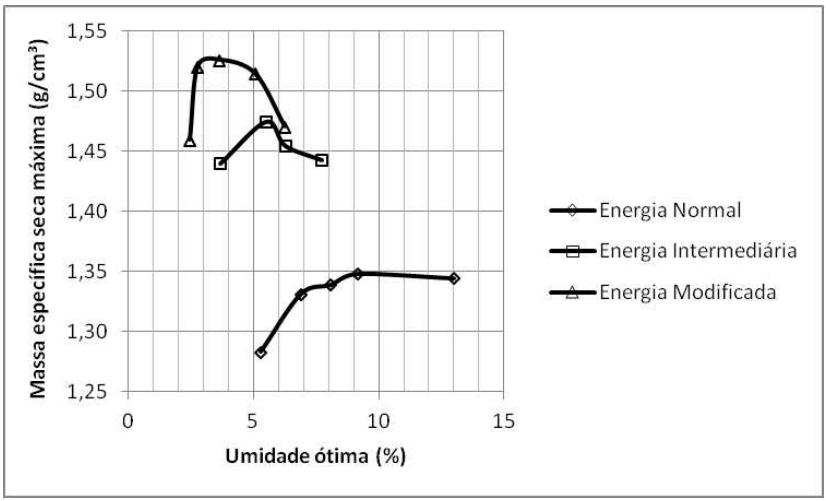



Figura 2- Curva de compactação do resíduo

Fonte: Autores, 2021

Considerando a abrasão, o valor encontrado para o resíduo foi de 44%. Convém ressaltar, que a NBR 15115/04[21], não estabelece faixas de valores específicos para a abrasividade de materiais reciclados. Conforme o DNIT (2006) [20], o resíduo deve apresentar um desgaste Los Angeles igual ou inferior a 50%. Menciona ainda, que pode utilizar materiais com valores superiores, desde que haja experiências no uso do material. Autores como Motta (2005)[22] e Souza et al. (2019)[9] encontraram valores de Abrasão Los Angeles para alguns agregados reciclados de 49,34% e 41% respectivamente. Para Lima (2008)[10], essa variação de resultados é acarretada pela origem do material.

Em relação ao ensaio Treton, este visa mensurar a perda de massa do agregado em decorrência do choque ou impacto inerente ao tráfego. O mesmo conferiu uma perda equivalente a 75,7%, ao passo que a resistência ao choque foi de 24,29%. A NBR 15115/04[21], assim como o DNIT não especificam nenhum valor para resultados obtidos nesta análise. Isso pode ser atribuído à questão do material em estudo ser um material novo. Souza et al. (2019)[9] conferiu uma perda equivalente a 67,72%, ao passo que a resistência ao choque foi de 32,28% para o mesmo resíduo.

De modo a avaliar a capacidade suporte do resíduo, realizou-se o CBR, que de acordo com a NBR 15115/04[21] para uso em reforço de subleito, o CBR deve ser ≥ 12% e expansão ≤ 1,0% referente a energia de compactação normal. Para camadas de sub-base de pavimentos, estes devem ser igual ou superior a 20% e menor ou igual 1,0% respectivamente, executado na energia intermediária, ao passo que para camada de base, o CBR deve ser maior ou igual a 60% e a expansão não pode ser menor do que 0,5%, isso também na energia intermediária.

Já de acordo com o DNIT (2006)[20] para materiais empregados em reforço de subleito, o valor do CBR deverá ser superior ao do subleito, ou seja, ≥ 2% com expansão inferior ou igual a 1%. No que diz respeito à sub-base, as especificações são iguais às

da NBR supracitada. Já em relação ao emprego dos materiais à base de pavimentos, o CBR deverá ser ≥ 80% , com expansão ≤ 0,5% , limite de liquidez ≤ 25% e com índice de plasticidade inferior ou igual a 6%. A tabela 1 apresenta os valores de CBR de acordo com a energia aplicada.

| Energia de Compactação | Valores do CBR (%) |
|---|---|
| Normal | 8 |
| Intermediária | 42 |
| Modificada | 30 |

Tabela 1 -Valores obtidos para o CBR

Conforme os resultados obtidos nos ensaios, todas as amostras estudadas conferiram resultados iguais a 0% no que concerne à expansão. Quanto aos valores de CBR para o resíduo, o mesmo pode ser empregado em reforço de subleito e em sub-base de pavimentos o mesmo deve ser compactado no mínimo na energia intermediária.

## 4 | CONCLUSÃO

Pela classificação AASHTO, o RCV tem aspecto granular e comportamento de excelente a bom quando utilizado em camadas de pavimentos. O RCV também se enquadra nas faixas utilizáveis segundo o DNIT (2006) [20]. O material apresentou capacidade suporte aplicável em reforço de subleito e sub-base de pavimentos, a depender da energia de compactação.

Desta forma, o material analisado apresentou boas condições técnicas preliminares para seu emprego em camadas de pavimentação, sendo assim tecnicamente viável e capaz de contribuir consideravelmente para reduzir os impactos causados pelas obras de pavimentação e também de geração do RCV.

## REFERÊNCIAS


1. DIAS, D.K.R. (2016) . **Reutilização do resíduo cerâmico oriundo do pólo oleiro de Iranduba e Manacapuru para emprego como elemento constituinte de base e sub-base de pavimento.** 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil), Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

2. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos sólidos da construção civil**. CONAMA.** Artigo 3º Incisos de I a IV da resolução nº 307 de 05/07/2002.

3. FADANELLI, L. E. A. WIECHETECK, G. K. Estudo da utilização do lodo de ETA em solo: O cimento para pavimentação rodoviária. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 2, n. 2, p. 22-30, 2010.

4. LUCENA, L.C.F. , L. **Estudo de aplicação de misturas solo lodo em base e sub-base de pavimentos**. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

5. CABALAR, A. F.; HASSAN, D. I.; ABDULNAFAA, M. D. Use of waste ceramic tiles for road pavement subgrade. **Road Materials and Pavement Design**, p. 1-16, jun. 2016.

6. SILVA, J. P. S.; CARVALHO, S. B. Uso de resíduos de cerâmica vermelha para o melhoramento de camadas de pavimentos de baixo tráfego em Palmas-TO. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 5, n. 1, p. 41-52, 2017.

7. DIAS, J,F. **Avaliação de resíduos da fabricação de telhas cerâmicas para o seu emprego em camadas de pavimento de baixo custo**. 2004. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 2004.

8. CAVALCANTE, R, H. et al. (2006) **Estudos para aproveitamento de resíduos de cerâmica vermelha de Sergipe na pavimentação rodoviária**. 37ª Reunião Anual de Pavimentação, 11º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária. Goiânia.

9. DE SOUZA, W. M. et al. Resíduos De Cerâmica Vermelha Como Um Material Ambientalmente Sustentável Para Uso Na Pavimentação. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 7, n. 2, p. 202 - 213, dez. 2019.

10. LIMA, J. H. C. **Utilização de Resíduo de Construção e Demolição para Pavimentos Urbanos da Região Metropolitana de Fortaleza**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. 2008.

11. FERREIRA, J. W. S. (2016) Análise Das Propriedades e Viabilidade Econômica Da Cerâmica Vermelha Utilizada Como Agregado Reciclado Miúdo Para Pavimentação. **Colloquium Exactarum**, v. 8, n.3. p.01 –12.

12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181/84**: Solos – análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.

13. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ME 122/94: Solos – determinação do limite de liquidez. Norma rodoviária. Rio de Janeiro - RJ, 1994.

14. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ME 082/94: Solos – Determinação do limite de plasticidade.Norma rodoviária. Rio de Janeiro - RJ, 1994.

15. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 093/94.** Solos – determinação da densidade real, Rio de Janeiro, 1994.

16. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 162/94.** Solos – ensaio de compactação utilizando amostras trabalhadas, Rio de Janeiro,1994.

17. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 035/98.** Agregados – Determinação da abrasão “Los Angeles”. Rio de Janeiro - RJ, 1998.

18. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 399/99**: Agregados – determinação da perda ao choque no aparelho Treton. Rio de Janeiro – RJ. 1999.

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

20. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de pavimentação**. 3.ed. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias.– Rio de Janeiro. 274p. 2006.

21. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15115/2004**: Agregados reciclados de resíduos sólidos na construção civil- Execução de camadas de pavimentação- Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

22. MOTTA, R. S. Estudo laboratorial de agregado reciclado de resíduo da construção civil para aplicação em pavimentos de baixo volume de tráfego. 2005. 134f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2005.