ISSN: 2965-0399 REVISTA CONEXÕES
V. 1, 2026
Revista dos cursos de Graduação e Pós-graduação da Faculdade Única de Ipatinga na modalidade EaD

TEORES DE INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA EM CAMADAS DE PAVIMENTO: TRÊS MODOS DE EMPREGO E O LIMITE IMPOSTO PELA QUEBRA DE PARTÍCULAS

RED CERAMIC WASTE CONTENT IN PAVEMENT LAYERS: THREE MODES OF USE AND THE LIMIT IMPOSED BY PARTICLE BREAKAGE

CONTENIDOS DE INCORPORACIÓN DE RESIDUO DE CERÁMICA ROJA EN CAPAS DE PAVIMENTO: TRES MODOS DE EMPLEO Y EL LÍMITE IMPUESTO POR LA ROTURA DE PARTÍCULAS

doi.org/10.53426/con.v5i0.009

Henrique Duarte de Oliveira[1]; Renata de Oliveira Marinho[2]; Jacó Moreira de Aguiar[3]; Rubens Eduardo de Carvalho[4]; Damião de Oliveira Dantas[5]; Carlos Eduardo de Carvalho e Silva[6]
[1] Faculdade Única, Ipatinga-MG, hdo.henrique.duarte@gmail.com; [2] Faculdade Única, Ipatinga-MG, renataoliveiramm@gmail.com; [3] Faculdade Única, Ipatinga-MG, contatojaco@gmail.com; [4] Faculdade Única, Ipatinga-MG, recarvalho85@gmail.com; [5] Faculdade Única, Ipatinga-MG, dantasdamiao87@gmail.com; [6] Faculdade Única, Ipatinga-MG, carlos.silva@hydrostec.com.br.
Grupo de Trabalho: GT 9 – Engenharias, Arquitetura, Urbanismo e Infraestrutura

RESUMO

O aproveitamento de resíduo de cerâmica vermelha em camadas de pavimento esbarra em uma dúvida prática de projeto: quanto do material cabe na mistura. A literatura recente responde de forma aparentemente contraditória, com teores ótimos que vão de 7,5% a 75%, amplitude que sugere ausência de convergência e desestimula o uso em obra. Este trabalho verificou se essa divergência é real ou se decorre de delineamentos experimentais que não são comparáveis entre si. Realizou-se revisão integrativa, reportada segundo o PRISMA 2020 e estruturada pela estratégia PECO, com 27 estratégias de busca na BDTD, no Google Acadêmico, no Portal de Periódicos da CAPES e na SciELO, no período de 2020 a 2026. Dos 5.224 registros identificados, 155 foram avaliados em texto completo e 31 compuseram a síntese, correspondentes a 25 linhas independentes de evidência depois de agrupados os estudos que compartilham grupo de pesquisa e sistema de material. De cada estudo extraiu-se o teor ótimo, o modo de emprego do resíduo, a camada-alvo declarada e o fator que fixou o limite superior. Os teores reúnem-se em três faixas nítidas, e cada faixa corresponde a um modo distinto de emprego. De 7,5% a 15%, com mediana de 12%, o resíduo entra pulverizado como estabilizante de solo argiloso ou expansivo, e o limite decorre da redução da plasticidade e da fração fina. De 20% a 30%, substitui agregado britado em camada graduada, e o teto é fixado por abrasão, resistência ao esmagamento e enquadramento granulométrico. De 50% a 75%, atua como esqueleto granular em solo fino de baixa capacidade, e o que governa é o ganho de suporte, que chega a elevar o índice de suporte Califórnia de 4,6% para 150,7%. A contradição desaparece quando se observa o denominador de cada delineamento. Em um caso pergunta-se quanto agregado nobre pode ser substituído sem comprometer a camada; no outro, quanto resíduo precisa ser adicionado para que um solo inadequado passe a atender aos requisitos. São perguntas diferentes, e os números que respondem a elas não pertencem à mesma escala. A quebra de partículas confirmou-se como o mecanismo físico que fixa o teto do segundo modo, com três estudos independentes convergentes: a fração graduada quebra menos que as uniformes, o desempenho reverte acima de 30% de incorporação e o agregado

ISSN: 2965-0399 REVISTA CONEXÕES
V. 1, 2026
Revista dos cursos de Graduação e Pós-graduação da Faculdade Única de Ipatinga na modalidade EaD

reciclado fragmenta-se mais que o solo natural. Conclui-se que teores ótimos de resíduo de cerâmica vermelha não são comparáveis entre estudos sem a declaração do modo de emprego e do material de referência, e que apresentar esses valores lado a lado produz falsa impressão de dissenso na literatura. Recomenda-se que trabalhos futuros declarem o modo de emprego adotado e quantifiquem a quebra de partículas por índices, procedimento já disponível no país e ausente na quase totalidade do corpus analisado.

Palavras-chave: Resíduo de cerâmica vermelha; Pavimentação rodoviária; Teor de incorporação; Quebra de partículas; Revisão integrativa.

ANEXO - CORPUS, CRITÉRIOS E ESTRATÉGIAS DE BUSCA

Este anexo disponibiliza, em atendimento à devolutiva da organização do evento, a relação bibliográfica completa dos 31 estudos incluídos na síntese, as 27 estratégias de busca tal como executadas em cada fonte, e os critérios e procedimentos de seleção e extração adotados na revisão integrativa que fundamenta este resumo.

A.1 Delineamento e critérios de elegibilidade:

Estratégia PECO. Revisão integrativa estruturada pela estratégia PECO: População - camadas de base e sub-base de pavimentos rodoviários e camadas granulares associadas; Exposição - incorporação de resíduo de cerâmica vermelha (RCV) em qualquer teor e processo de estabilização; Comparador - agregado natural britado, solo natural sem adição ou material convencionalmente empregado na camada; Desfecho - desempenho geotécnico e mecânico da camada e viabilidade “tecnoambiental” do emprego.

Critérios de inclusão. Resíduo sólido moído de cerâmica vermelha estrutural (tijolo, bloco, telha, lajota), de origem industrial ou de construção e demolição, em que a fração cerâmica é a variável dosada do estudo ou constitui fração declarada de no mínimo 30% do material reciclado; emprego em base, sub-base, reforço do subleito, subleito, ou estabilização de solos com finalidade rodoviária declarada; publicação entre 2020 e 2026; estudo primário com metodologia experimental ou de campo declarada; português, inglês ou espanhol; texto completo disponível.

Critérios de exclusão. Cerâmica branca e de revestimento; subprodutos de processo (lodo de polimento de porcelanato, cinza de by-pass, efluente líquido); materiais queimados em forno cerâmico que não constituam o produto cerâmico; resíduo de construção e demolição genérico sem discriminação da composição, ou com fração cerâmica minoritária e não dosada; emprego em matriz cimentícia ou aglomerada (concreto, argamassa, geopolímero, bloco intertravado) ou em revestimento asfáltico; publicação anterior a 2020; estudos secundários, trabalhos de conclusão de curso de graduação e estudos propositivos sem ensaios próprios; demais idiomas; texto completo indisponível.

A.2 Procedimentos de seleção e extração:

Condução e controle de viés. Revisão conduzida por revisor único, sem triagem em duplicata independente. Como controle, os critérios de elegibilidade foram fixados por escrito antes das buscas e mantidos sem alteração; cada exclusão foi registrada nominalmente, com motivo declarado, nas matrizes de triagem por base; e a aplicação dos critérios foi submetida a conferência assistida por ferramenta de inteligência artificial generativa, com revisão humana de cada divergência apontada.

Deduplicação. Conduzida na etapa de avaliação de elegibilidade, em três níveis: identidade de arquivo (resumo criptográfico), identidade bibliográfica (autoria, título, veículo, volume, número,

ISSN: 2965-0399 REVISTA CONEXÕES
V. 1, 2026
Revista dos cursos de Graduação e Pós-graduação da Faculdade Única de Ipatinga na modalidade EaD

DOI) e sobreposição de conteúdo (versões preliminares, ampliadas ou derivadas de um mesmo trabalho).

Extração e síntese. Instrumento próprio derivado da estratégia PECO, registrando para cada estudo: teor ótimo, modo de emprego do resíduo, camada-alvo declarada, fator que fixou o limite superior, e a presença ou ausência de cada ensaio no delineamento - compactação, capacidade de suporte, expansão, limites de consistência, módulo de resiliência, deformação permanente, quebra de partículas, abrasão e esmagamento, caracterização mineralógica, verificação em campo, análise de ciclo de vida e análise de custo. Estudos do mesmo grupo de pesquisa, sobre o mesmo sistema de material e com autoria sobreposta, foram tratados como uma única linha de evidência - daí os 31 estudos corresponderem a 25 linhas independentes.

A.3 Estratégias de busca (27), por base-fonte:

Buscas realizadas entre março e junho de 2026, sem filtro temporal nas interfaces (recorte de 2020 a 2026 aplicado na avaliação de elegibilidade). No Google Acadêmico, a triagem por título limitou-se aos cerca de 50 primeiros registros de cada estratégia, ordenados por relevância; nas demais fontes, todos os registros devolvidos foram triados.

BDTD — Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (5 estratégias)

Nº	Estratégia como executada	Identif.	Selec.
B1	cerâmic* AND paviment*	17	5
B2	("resíduo cerâmico" OR "resíduos cerâmicos" OR "cerâmica vermelha") AND (pavimento OR pavimentação)	2	2
B3	("resíduo cerâmico" OR "cerâmica vermelha") AND (base OR "sub-base" OR subleito)	31	7
B4	(resíduo cerâmico OR cerâmica vermelha) AND (estabilização de solos)	4	3
B5	(agregado reciclado OR resíduo de construção) AND pavimento AND cerâmic	2	2
	Subtotal BDTD	56	19

Google Acadêmico (3 estratégias; triagem limitada às ~50 primeiras ocorrências por estratégia)

Nº	Estratégia como executada	Identif.	Selec.
G1	(resíduo de cerâmica vermelha OR resíduo cerâmico OR cerâmica vermelha) (pavimento OR pavimentação OR sub-base OR subleito OR estabilização de solos)	≈ 809	17
G2	("crushed clay brick" OR "recycled ceramic aggregate" OR "ceramic waste") (pavement OR "base course" OR subbase OR subgrade OR "soil stabilization")	≈ 4.090	38
G3	("residuo cerámico" OR "cerámica roja") (pavimento OR "estabilización de suelos" OR "base granular")	≈ 59	10
	Subtotal Google Acadêmico	≈ 4.958	65

Portal de Periódicos da CAPES (9 estratégias)

Nº	Estratégia como executada	Identif.	Selec.
C1	Resíduo de cerâmica vermelha AND pavimento OR pavimentação	9	7
C2	Resíduo cerâmico AND base OR sub-base OR subleito	13	7
C3	Agregado reciclado AND cerâmico OR pavimentação	16	9

ISSN: 2965-0399 REVISTA CONEXÕES
V. 1, 2026
Revista dos cursos de Graduação e Pós-graduação da Faculdade Única de Ipatinga na modalidade EaD

C4	crushed clay brick AND pavement OR base course OR subbase	2	1
C5	recycled ceramic aggregate AND pavement OR unbound granular material	1	1
C6	ceramic waste AND soil stabilization AND road OR pavement	9	5
C7	"construction and demolition waste" AND ceramic AND base course	0	0
C8	residuo cerámico AND pavimento OR estabilización de suelos	5	3
C9	estabilização de solo AND resíduo cerâmico OR cerâmica vermelha	1	1
	Subtotal Portal de Periódicos CAPES	56	34

SciELO (10 estratégias)

Nº	Estratégia como executada	Identif.	Selec.
S1	"resíduo de cerâmica vermelha" AND (pavimento OR pavimentação)	2	2
S2	"resíduo cerâmico" AND ("base" OR "sub-base" OR "subleito")	2	2
S3	"estabilização de solo" AND ("resíduo cerâmico" OR "cerâmica vermelha")	2	2
S4	"agregado reciclado" AND cerâmic* AND pavimenta*	0	0
S5	"crushed clay brick" AND ("pavement" OR "base course" OR "subbase")	3	3
S6	"recycled ceramic aggregate" AND (pavement OR "unbound granular material")	0	0
S7	"ceramic waste" AND "soil stabilization" AND (road OR pavement)	0	0
S8	"construction and demolition waste" AND ceramic AND "base course"	0	0
S9	"residuo cerámico" AND (pavimento OR "estabilización de suelos")	0	0
S10	(resíduo de cerâmica vermelha OR RCV) OR (pavimento OR pavimentação)	145	32
	Subtotal SciELO	154	41

Total: 27 estratégias, aproximadamente 5.224 registros identificados, 159 selecionados por título, 155 avaliados em texto completo e 31 incluídos na síntese. Seis estratégias (cinco na SciELO e uma no Portal da CAPES) não devolveram registros, todas com terminologia internacional consagrada do campo, o que indica ausência de indexação dessa literatura nos acervos consultados, e não falha de formulação.

A.4 Relação bibliográfica dos 31 estudos incluídos (E01–E31):

Referências em ordem alfabética de autoria, com o código de identificação do estudo (E01 a E31) ao final, conforme adotado na síntese:

AGBELELE, C. R. T.; DOKO, V. K.; CHABI, E.; GANMAVO, B.; GIBIGAYE, M. Effect of ceramic waste valorization on the stabilization of Tori-Dokanmey ferralitic soil for road pavement layers in Benin. Civil and Environmental Engineering, Žilina, 2026. **(E31)**

ARIAS-TRUJILLO, J.; MATÍAS-SANCHEZ, A.; CANTERO, B.; LÓPEZ-QUEROL, S. Mechanical stabilization of aeolian sand with ceramic brick waste aggregates. Construction and Building Materials, v. 363, art. 129846, 2023. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2022.129846. **(E17)**

BLAYI, R. A.; OMER, B.; ABABAKR, F. A.; YASEEN, B. S.; JABER, A. M.; HISQEL, A. S. Impact of ceramic waste powder on the geotechnical properties of a clayey soil. Next Materials, v. 11, art. 101863, 2026. DOI 10.1016/j.nxmate.2026.101863. **(E16)**

DEBOUCHA, S.; AISSA MAMOUNE, S. M.; SAIL, Y.; ZIANI, H. Effects of ceramic wastes, marble powder and cement on the sub-base layer of pavements. Geotechnical and Geological Engineering, v. 38, p. 3331-3340, 2020. **(E04)**

ISSN: 2965-0399 REVISTA CONEXÕES
V. 1, 2026
Revista dos cursos de Graduação e Pós-graduação da Faculdade Única de Ipatinga na modalidade EaD

DEBOUCHA, S.; ZIANI, H.; AMRIOU, A. Effect of ceramic waste and lime in road sub-base layer. Amsterdam: IOS Press, 2023. DOI 10.3233/ATDE230810. **(E05)**

DEBOUCHA, S.; ZIANI, H.; AMRIOU, A.; LAYACHI, G. Effects of ceramic waste and lime on permeability and consolidation in the pavement sub-base layer. In: AFRICAN REGIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICAL ENGINEERING, 18., 2024, Argel. Anais [...]. Argel: Algerian Geotechnical Society, 2024a. **(E07)**

DEBOUCHA, S.; ZIANI, H.; AMRIOU, A.; MAHERZI, W.; DEBOUCHA, W. Influence of ceramic waste and cement on the mechanical and hydraulic properties, and microstructure of the road sub-base layer. The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering, v. 19, n. 3, p. 132-157, 2024b. DOI 10.7250/bjrbe.2024-19.645. **(E06)**

GOUDA, M. A. et al. Enhancing subgrade properties of black cotton soil through the combined use of sugarcane bagasse ash and ceramic waste powder. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, v. 1326, art. 012118, 2024. DOI 10.1088/1755-1315/1326/1/012118. **(E15)**

HIDALGO, C. et al. Brick dust and fly ash as subgrade stabilizer for Low Traffic Volume Roads: laboratory and test track evaluation. Revista Ingeniería de Construcción, v. 39, n. 2, p. 112-126, 2024. DOI 10.7764/RIC.00110.21. **(E11)**

HIDALGO, C.; CARVAJAL, G.; HINCAPIE, A.; MUÑOZ, F.; HERNÁNDEZ, M. Ground improvement by construction and demolition waste (CDW) soil mixture replacement. Buildings, v. 13, n. 3, art. 779, 2023. DOI 10.3390/buildings13030779. **(E12)**

IQBAL, M. R.; KAWAMOTO, K.; UCHIMURA, T.; NGUYEN, T. D.; TON, T. K.; NGUYEN, V. T.; NGUYEN, H. G. Compaction characteristics and CBR of sludge blended with recycled clay bricks for road subgrade application. International Journal of GEOMATE, v. 19, n. 75, p. 133-143, 2020. **(E08)**

ISLAM, M. M.; HASAN, M. S. Potential of recycled materials as a replacement of conventional aggregate for base or sub-base construction. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CIVIL ENGINEERING FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 7., 2024, Khulna. Anais [...]. Khulna: Khulna University of Engineering and Technology, 2024. **(E19)**

LIMA, D. A. Estabilização alcalina de um solo granular com resíduo de telha esmaltada e cal de carbureto ativados com silicato e hidróxido de sódio. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022. **(E03)**

LIMA, G. E. S.; VICENTE, A. P.; FAGUNDES, L. S.; CABRAL, G. L. L.; CRUZ, T. A.; TASHIMA, M. M. Estabilização física de solo laterítico arenoso utilizando resíduos cerâmicos. Matéria (Rio de Janeiro), v. 25, n. 4, e-12876, 2020. DOI 10.1590/S1517-707620200004.1176. **(E24)**

LOTERO CAICEDO, A. Melhoramento de um solo granular por ativação alcalina de resíduos de cerâmica vermelha e cal de carbureto. 2020. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020. **(E01)**

MANRICH, S. et al. Avaliação do comportamento geotécnico de um solo de Porto Velho/RO após adição de resíduo cerâmico vermelho. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 14, n. 3, 2022. **(E26)**

MARTINATTO, L. Comportamento de um solo arenoso estabilizado com álcali ativação visando a pavimentação. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021. **(E02)**

MISHRA, M. P.; SHAHANE, H. A. Effect of tiles waste and fly ash brick waste on permeability and strength of lower granular subbase material. In: INDIAN GEOTECHNICAL CONFERENCE, 2019. Proceedings [...]. Singapore: Springer, 2021. p. 359-367. (Lecture Notes in Civil Engineering, v. 134). DOI 10.1007/978-981-33-6370-0_32. **(E22)**

MOHAMMED, K.; GUDINA, O.; JEMAL, A.; GEREMEW, A. The comparative experimental studies on the suitability of ceramic waste aggregate and recycled asphalt pavement aggregate as an alternative for base course material. Journal of Civil Engineering, Science and Technology, v. 13, n. 2, p. 160-171, 2022. DOI 10.33736/jcest.4781.2022. **(E18)**

NASCIMENTO, L. H. F. do; KÜHN, V. de O.; JESUS, S. C. de; CORREIA, N. de S. Análise de quebra de grãos de misturas de solo com resíduos de construção civil para camadas de pavimento. Revista Tecnológica, Maringá, v. 29, n. 2, p. 526-540, 2020. DOI 10.4025/revtecnol.v29i2.52110. **(E30)**

NIFANA, A.; PALANIKUMAR, K. Stabilization of expansive soil using ceramic powder. Journal of the Balkan Tribological Association, v. 28, n. 2, p. 305-315, 2022. **(E13)**

ISSN: 2965-0399 REVISTA CONEXÕES
V. 1, 2026
Revista dos cursos de Graduação e Pós-graduação da Faculdade Única de Ipatinga na modalidade EaD

ONYELOWE, K. C. et al. Resilient modulus and deviatoric stress of stabilized soils treated with crushed ceramic waste for pavement subgrade construction. Építőanyag: Journal of Silicate Based and Composite Materials, v. 72, n. 3, 2020. **(E09)**

ORTIZ QUISPE, W. Diseño y mejoramiento de subbase de pavimento con ceniza de Queñoa y desperdicios ladrilleros triturados en la carretera Juliaca-Coata, 2024. Revista Veritas de Difusão Científica, v. 5, n. 3, p. 2106-2129, 2025. DOI 10.61616/rvdc.v5i3.332. **(E23)**

SABER, M.; IRAVANIAN, A. Utilization of residual ceramic powder in the stabilization of clayey soils. International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology, v. 13, n. 1, p. 68-80, 2022. **(E10)**

SANTOS, L. R. S.; CAETANO, M. R.; SANTOS, J. S.; SOUZA FILHO, H. L. de; TEIXEIRA, O. G. Aproveitamento de resíduos de cerâmica vermelha para fins de composição de camadas de subleito de pavimentos asfálticos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 20., 2020, Campinas. Anais [...]. Campinas: ABMS, 2020. DOI 10.4322/cobramseg.2022.0625. **(E29)**

SANTOS, M. V. dos; SOUZA, W. M. de; RIBEIRO, A. J. A. Análise da aplicabilidade do resíduo de cerâmica vermelha na pavimentação. In: ENCONTRO NACIONAL DE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO, 7., 2023. Anais [...]. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2023. v. 7, n. 1, p. 202-207. **(E28)**

SHARMA, A. Utilization of fly ash and waste ceramic in improving characteristics of clayey soil: a laboratory study. Geotechnical and Geological Engineering, v. 38, p. 5327-5340, 2020. **(E14)**

SHOURAV, S. I.; CHAKRABARTTY, M. Usage of concrete wastes with additional ceramic wastes as road sub-base material. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN CIVIL ENGINEERING, 7., 2024, Chattogram. Anais [...]. Chattogram University of Engineering and Technology, 2024. **(E20)**

SILVA, J. A. et al. Análise dos resíduos do pó da cerâmica vermelha, brita e pedra morisca, como estabilizantes nas camadas de infraestrutura de pavimentação. Revista do Tribunal de Contas do Estado do Piauí, v. 27, n. 1, 2023. **(E27)**

SILVA, P. B.; ANGULO, S. C.; MOTTA, R.; BERNUCCI, L. L. B. Pozzolanic reaction of recycled cementitious and red ceramic-waste aggregates with hydrated lime for pavement base layer. Journal of Materials in Civil Engineering, v. 35, n. 2, art. 04022422, 2023. DOI 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0004579. **(E21)**

SOUSA, F. C. et al. Potential for replacement of Portland cement by ceramic residue in the soil-cement mixture for application in paving layer. Journal of Interdisciplinary Debates, v. 2, n. 1, 2021. **(E25)**