XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8453

Desenvolvimento de paver drenante à base de matrizes álcali-ativadas

Development of pervious pavers based on alkali-activated matrices

Felipe Shiroma Prata
UFMT | Cuiabá-MT | Brasil | felipesprata1@gmail.com
Alex Neves Júnior
UFMT | Cuiabá-MT | Brasil | alex.junior@ufmt.br
Albéria Cavalcanti de Albuquerque
IFMT | Cuiabá-MT | Brasil | alberia.albuquerque@ifmt.edu.br

Resumo

O setor da construção civil tem agravado os efeitos do aquecimento global e, aliado ao aumento de áreas impermeabilizadas de solo em centros urbanos, vem causando inúmeros casos de inundações. Diante disso, este trabalho objetivou desenvolver um paver drenante à base de matrizes álcali-ativadas, utilizando o geopolímero de metacaulim, avaliando suas propriedades de resistência à compressão e permeabilidade. Com uma metodologia de natureza exploratória e experimental, foram realizados ensaios com corpos de prova aos 28 dias de idade, cujos resultados demonstraram que o paver geopolimérico atingiu uma resistência à compressão de, aproximadamente, 19,00 MPa, sendo aplicável para vias de baixo tráfego conforme padrões internacionais. Quanto à permeabilidade, o paver geopolimérico obteve uma capacidade de drenagem próxima a $1{,}60 \times 10^{-3}$ m/s, valor superior ao mínimo de uso estabelecido por manuais técnicos internacionais. Para tanto, conclui-se que a substituição total do cimento pelo geopolímero à base de metacaulim na fabricação de pavers drenantes é viável, contribuindo para a descarbonização do setor e para o desenvolvimento de tecnologias urbanas mais resilientes e sustentáveis.

Palavras-chave: Concreto permeável. Paver drenante. Geopolímero. Metacaulim. Sustentabilidade.

Abstract

The civil construction sector has exacerbated the effects of global warming and, coupled with the increase in impervious surface areas in urban centers, has led to numerous flooding events. In this context, this study aimed to develop a pervious paver based on alkali-activated matrices, using metakaolin geopolymer, evaluating its compressive strength and permeability properties. Following an exploratory and experimental methodology, tests were conducted on specimens at 28 days of age. The results demonstrated that the geopolymer paver reached a compressive strength of approximately 19.00 MPa, making it suitable for low-traffic roads according to international standards. Regarding permeability, the geopolymer paver achieved a drainage capacity of nearly 1.60×10^{-3} m/s, a value exceeding the minimum requirements established by international technical manuals. Therefore, it is concluded that the total replacement of cement with metakaolin-based geopolymer in the manufacture of pervious pavers is feasible, contributing to the decarbonization of the sector and the development of more resilient and sustainable urban technologies.

Keywords: Permeable concrete. Pervious paver. Geopolymer. Metakaolin. Sustainability

PRATA, F. S.; NEVES JÚNIOR, A.; ALBUQUERQUE, A. C. de. Desenvolvimento de paver drenante à base de matrizes álcali-ativadas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8453

INTRODUÇÃO

No ano de 2023, a construção civil representou 34% das emissões globais de CO_2, sendo 10% desse total apenas da produção do cimento, enquanto que a indústria de construção e demolição gerou aproximadamente um terço do resíduo sólido mundial em um ano [1]. Devido ao modelo produtivo e à ocorrência de outros processos construtivos de impacto ao meio ambiente, têm sido discutidas formas de minimizar as atividades do setor que geram tantos efeitos nocivos para a natureza. Para tanto, na busca de alternativas ao uso do cimento, os geopolímeros têm ganhado destaque. Esses polímeros inorgânicos são formulados com materiais aluminossilicatos que, ao interagir com uma solução de ativadores alcalinos, geram uma rede interconectada de unidades tetraédricas de sílica-oxigênio e alumínio-oxigênio por meio do compartilhamento de átomos de oxigênio [2]. Dentre suas propriedades que garantem vantagens para o seu uso, encontra-se a resistência mecânica elevada [3]. Como matéria-prima fonte de aluminossilicatos, diversos materiais podem exercer essa função, dentre eles o metacaulim, o qual oferece boas propriedades como material cimentício suplementar [4], sendo ideal para a produção do geopolímero.

Devido aos efeitos do aquecimento global, o ciclo hidrológico do planeta tem sido instável e pouco previsível, causando chuvas muito intensas ou grandes períodos de seca. Aliado a esses fenômenos, as altas taxas de impermeabilização do solo e o dimensionamento de sistemas de drenagem falhos contribuem para que ocorram inundações em grandes centros urbanos. Na busca para tornar as cidades mais resilientes, ou seja, cidades mais aptas para se prevenir e lidar com desastres naturais [5], os pisos drenantes e os pavers à base de cimento Portland têm sido utilizados com sucesso para suprir a necessidade de áreas permeáveis nas construções e contribuir para manter o padrão de uso. Conforme relatório técnico produzido pelo Sustainable Technologies Evaluation Program (STEP) [6], do Canadá, foram analisados três tipos diferentes de pavimentos permeáveis instalados em um estacionamento, como pavers intertravados e concreto poroso. Comparados ao pavimento de asfalto convencional, os pavimentos permeáveis geraram 43% a menos de escoamento em um período de 22 meses, com vazões de pico, em média, 91% menores. O relatório demonstra também que, devido ao uso de pavimentos permeáveis, as águas efluentes tiveram melhora significativa em sua qualidade e houve redução na carga de poluentes.

Nos últimos anos, a substituição do cimento Portland por outros materiais, como o geopolímero, tem sido alvo de estudos e pesquisas [7]. Ainda que o processo de produção das soluções alcalinas, como os silicatos e os hidróxidos, possua alta pegada de carbono, os geopolímeros continuam a apresentar balanço final de emissões mais favorável que as matrizes de cimento Portland quando a dosagem alcalina não é excessiva. Ademais, essa tecnologia possui uma degradação mais lenta e impulsiona a economia circular com a utilização de subprodutos industriais em contrapartida da extração e transporte de matérias-primas virgens de sítios distantes [8]. Resultados têm comprovado que há a possibilidade de incorporação de matrizes geopoliméricas em concretos convencionais como modo de potencializar suas propriedades [9]. Nesse sentido, Elizondo-Martínez *et al.* [10] realizaram testes com corpos de prova cilíndricos de piso drenante geopolimérico à base de metacaulim e pó de basalto, nos quais, a

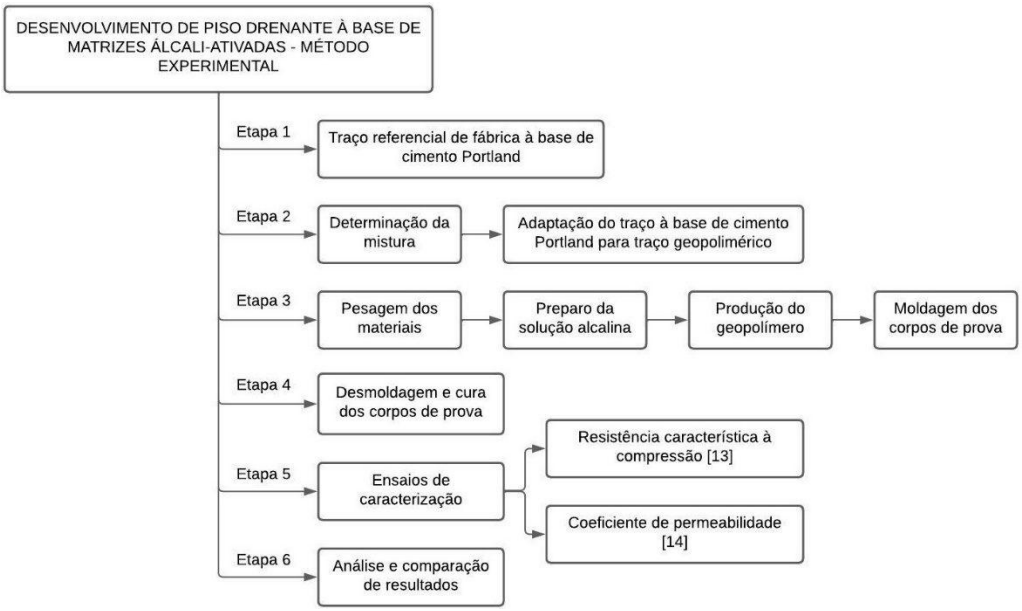
peça produzida com geopolímero 100% de metacaulim obteve o maior coeficiente de permeabilidade (35,3 mm/s) e maior índice de porosidade (35,88%), com desempenho acima do mínimo requerido por norma. Consonante a esse estudo, Araújo [11] realizou pesquisas com corpos de prova cilíndricos de concreto permeável geopolimérico à base de metacaulim e cerâmica vermelha, sendo possível observar maior resistência à compressão conforme a proporção de metacaulim na mistura aumentava.

Assim, visando a descarbonização do setor da construção civil e a diminuição do carbono incorporado em pavers drenantes convencionais à base de cimento Portland, além de propor uma alternativa de maior resiliência dos centros urbanos e, consequentemente, mitigar os efeitos de eventos climáticos extremos, o presente trabalho estabeleceu como objetivo o desenvolvimento de um paver drenante à base de matrizes álcali-ativadas, utilizando o geopolímero de metacaulim. Uma vez que, no meio acadêmico, ainda há poucos estudos sendo realizados sob essa condição [12], destacando-se a importância da execução deste trabalho, foram avaliadas as propriedades de resistência à compressão e de permeabilidade do paver drenante geopolimérico utilizando corpos de prova prismáticos retangulares e em conformidade às exigências de normas vigentes.

MÉTODO E MATERIAIS

A presente pesquisa é do tipo exploratória e experimental e a figura 1 apresenta o fluxograma da metodologia experimental realizada, exibindo todas as etapas executadas durante a pesquisa.

Figura 1: Fluxograma da metodologia experimental



Fonte: o autor.

MATERIAIS

Para a produção deste trabalho, os seguintes materiais foram utilizados:

- Água: para o preparo da solução de hidróxido de sódio (NaOH), foi utilizada a água proveniente da rede de abastecimento da Concessionária Águas Cuiabá, fornecida pelo Laboratório de Compósitos e Materiais Sustentáveis da UFMT, campus Cuiabá (LABCOMAT/UFMT);
- Metacaulim: material pozolânico obtido a partir da calcinação do caulim em altas temperaturas. Para este trabalho, na produção do geopolímero, foi utilizado o metacaulim da empresa Metacaulim do Brasil;
- Hidróxido de sódio (NaOH): o Hidróxido de Sódio Pérola P.A. utilizado para o preparo da solução alcalina ativadora foi fornecido pela empresa Dinâmica LTDA., com pérolas de coloração branca e pureza de 97%. Para sua utilização, foi feita uma solução de hidróxido de sódio com uma Concentração Molar de 10 Mol/L, uma vez que esse valor é o ideal para garantir uma reação de geopolimerização completa [15];
- Silicato de sódio alcalino (Na_2SiO_3): o silicato de sódio alcalino utilizado para o preparo da solução alcalina foi fornecido pela empresa Quimisul LTDA. e possui aparência líquida e viscosa;
- Brita 4,75 mm: para a confecção do piso drenante, utilizou-se a brita de granulometria 4,75 mm, ou brita 4,75 mm. Este agregado é feito de calcário e originário de jazidas exploradas o distrito da Guia, localizada no município de Cuiabá-MT, com granulometria máxima de 4,75 mm;
- Brita 9,50 mm: para a confecção do piso drenante, utilizou-se o pedrisco granítico originário de jazidas exploradas na Serra de São Vicente, localizada no município de Santo Antônio de Leverger-MT, com granulometria máxima de 9,50 mm.

DOSAGEM DO TRAÇO

A tabela 1 detalha o traço de paver drenante geopolimérico submetido aos testes finais (traço GEO), o qual foi estabelecido com base na mistura de fábrica para pavers convencionais à base de cimento Portland e que são submetidos à técnica da vibroprensagem. Para a determinação do traço GEO, inicialmente, as quantidades de água e cimento Portland foram substituídas em proporção de 1:1 pela solução alcalina ativadora (SAA) e pelo metacaulim (mk) respectivamente, seguido de ajustes manuais conforme observada a necessidade de aumentar a proporção de geopolímero na mistura visando melhorar a trabalhabilidade com o material. Para fins de comparação, enquanto o traço convencional de cimento Portland possuía relação água/cimento de 0,48, o traço geopolimérico apresentava relação SAA/mk de 0,98.

Tabela 1: Composição da mistura estudada

Código	Metacaulim	Brita 4,75 mm	Brita 9,50 mm	SAA/mk	G/Agr
GEO	1,00	3,19	1,13	0,98	0,46

Agr: agregados (brita 4,75 mm + brita 9,50 mm)
G: geopolímero (SAA + mk)
Fonte: o autor.

PREPARO DA SOLUÇÃO ALCALINA ATIVADORA

A SAA foi preparada no LABCOMAT/UFMT, sendo composta pela solução de NaOH e pelo Na_2SiO_3. Inicialmente, preparou-se a solução de NaOH diluindo as micropérolas em água, de modo a atingir a concentração molar de 10 Mol/L.

Em seguida, a solução foi deixada em repouso por 24 horas para que atingisse a temperatura ambiente e não houvesse risco de queimaduras devido à temperatura do material uma vez que a reação da mistura é exotérmica. Após esse período, a solução foi misturada com o Na_2SiO_3 durante 30 segundos com auxílio de um agitador mecânico da marca Fiastom, modelo 711S.

Vale destacar que, para a produção da SAA, foi utilizada uma proporção aproximada de 61:39 (Na_2SiO_3:NaOH), tomando como base os resultados de resistência à compressão do traço REF-5 estudado no trabalho de Mota [16].

PREPARO DO GEOPOLÍMERO

A produção do geopolímero ocorreu no LABCOMAT/UFMT. Com a SAA pronta, misturou-se o metacaulim por aproximadamente 3 minutos com o auxílio do agitador mecânico Fiastom 711S até que o gel apresentasse consistência homogênea.

MOLDAGEM E CURA DOS CORPOS DE PROVA

Os corpos de prova prismáticos retangulares utilizados nos ensaios possuíam dimensões de 20 X 10 X 6 (Comprimento X Largura X Altura), com medidas expressas em centímetros.

A moldagem do traço GEO, ilustrado pela figura 2, ocorreu no Laboratório de Materiais de Construção Civil da UFMT, campus Cuiabá (LMCC/UFMT).

Figura 2: Paver drenante GEO



Fonte: o autor.

Com auxílio de uma argamassadeira planetária 5,0 L da marca Pavitest, modelo C 3010, a brita 4,75 mm e a brita 9,50 mm foram incorporadas ao geopolímero e, posteriormente, essa mistura foi depositada em um molde plástico com as dimensões predeterminadas.

Com as formas preenchidas e não sendo possível aplicar a técnica de vibroprensagem, cada paver foi submetido a uma compactação mecânica, realizada em uma prensa hidráulica da Tokyo Testing Machinery, sendo aplicada uma força de 750 kgf em uma placa de madeira posicionada sob o corpo de prova.

Por fim, para evitar o fenômeno da eflorescência [8], os corpos de prova GEO foram envolvidos em plástico filme, conforme ilustrado pela figura 3, e submetidos a uma cura de temperatura ambiente por 28 dias antes da realização dos ensaios de resistência à compressão e determinação do coeficiente de permeabilidade.

Figura 3: Cura do paver drenante geopolimérico



Fonte: o autor.

RESISTÊNCIA MÉDIA À COMPRESSÃO

Para a determinação da resistência média à compressão, foram ensaiados seis corpos de prova para o traço GEO aos 28 dias conforme a NBR 9781-2 [13]. Os ensaios ocorreram no Laboratório de Materiais de Construção Civil do IFMT, campus Cel. Octayde Jorge da Silva, localizado em Cuiabá (LMCC/IFMT), utilizando uma prensa hidráulica da marca EMIC PC 200 C.

COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE

Para determinar o coeficiente de permeabilidade, foram ensaiados três corpos de prova para o traço GEO aos 28 dias conforme a NBR 16416-2 [14]. Os ensaios ocorreram no LMCC/IFMT, utilizando os seguintes materiais: anel em PVC, silicone acético para vedação, recipiente de volume 10 litros e cronômetro.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

RESISTÊNCIA MÉDIA À COMPRESSÃO

A tabela 2 apresenta os valores médios obtidos para os corpos de prova referentes ao traço GEO.

Tabela 2: Resistência média à compressão aos 28 dias

TRAÇO GEO - 28 dias						
Corpo de prova	1	2	3	4	5	6
Resistência [MPa]	13,54	16,69	17,21	18,72	22,07	22,83
Desvio-padrão	2,02	0,74	0,53	0,09	1,45	1,76
fp, méd [MPa]	18,51					

Fonte: o autor.

Os pavers geopoliméricos obtiveram uma resistência média de 18,51 MPa. Mesmo que a NBR 9781-1 [17] indique valor mínimo de 25,00 MPa, segundo normas internacionais [18][19], pavimentos permeáveis com resistência próxima a 19,00 MPa podem ser

aplicados em bermas de estradas (normalmente com resistências inferiores a 14,00 MPa), além de calçadas, estacionamentos, ruas residenciais e vias de baixo volume de tráfego. Vale lembrar que, para a fabricação do paver geopolimérico, não foi utilizada a técnica da vibroprensagem, fator esse que, caso aplicado, pode aumentar a resistência das peças. Para tanto, sua viabilidade de utilização no contexto urbano está garantida.

COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE

A tabela 3 apresenta os valores obtidos para os 3 corpos de prova testados.

Tabela 3: Coeficiente de permeabilidade

TRAÇO GEO - 28 dias			
Corpo de prova	1	2	3
t [s]	1885,38	1803,89	1794,65
k ($x10^{-3}$ m/s)	1,52	1,59	1,60
Desvio-padrão	0,03	0,01	0,02
k médio (x10 m/s)		1,57	

Fonte: o autor.

Ao analisar o desvio-padrão dos corpos de prova, é possível notar que o desempenho para todos os ensaios foi semelhante.

Os pavers geopoliméricos obtiveram um coeficiente de permeabilidade médio de $1{,}57x10^{-3}$ m/s. Mesmo que a NBR 16416-1 [20] estabeleça valor mínimo de $2{,}54x10^{-3}$ m/s, manuais técnicos internacionais [18][21] indicam que o valor mínimo para garantir uma utilização longeva do pavimento é de $1{,}40x10^{-3}$ m/s. Para tanto, a sua viabilidade de uso para contextos urbanos está assegurada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um paver drenante à base de matrizes álcali-ativadas, utilizando o geopolímero de metacaulim, a partir de um traço referencial de fábrica, de maneira a demonstrar a viabilidade de alternativas mais sustentáveis e resilientes para produtos da construção civil moderna. A partir da confecção do paver drenante geopolimérico, foram realizados ensaios físicos e mecânicos para garantir o atendimento aos objetivos da pesquisa.

No que concerne à resistência média à compressão, o traço geopolimérico GEO apresentou valor médio de 18,51 MPa, tendo, assim, a sua utilização assegurada por normas internacionais [18][19]. Vale destacar que, por não ter sido aplicada a técnica da vibroprensagem na fabricação dos pavers geopoliméricos, é possível que, ao utilizar tal técnica, o valor da resistência aumente.

Partindo para a análise do coeficiente de permeabilidade, o traço geopolimérico obteve desempenho k méd = $1{,}57x10^{-3}$ m/s. Assim, o paver apresentou valor que garante sua utilização conforme manuais técnicos internacionais [18][21].

Os resultados apresentados podem ser explicados pela quantidade de pasta geopolímérica empregada no traço, uma vez que, com a maior proporção na mistura,

há a tendência de diminuição dos vazios, resultando em redução de permeabilidade e aumentando a resistência mecânica das peças. Ainda assim, é possível concluir que a substituição de cimento por geopolímero de metacaulim é viável na fabricação de pavers drenantes e que os objetivos propostos pelo trabalho foram atendidos. A substituição testada neste trabalho auxilia para o avanço do processo de descarbonização do setor da construção civil, apresentando uma alternativa para a redução da alta pegada de carbono proveniente da utilização do cimento Portland, tornando-o mais sustentável, e contribui para o desenvolvimento de novas tecnologias resilientes.

Visando estudos futuros, é esperado que outros materiais precursores sejam testados na produção do geopolímero para a fabricação de pisos drenantes, além de ser ensaiado um traço para a produção em larga escala e de possível aplicação da técnica de compactação da vibroprensagem uma vez que, para essa pesquisa, a produção dos exemplares de estudo foi feita de forma manual.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao apoio concedido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico na execução desta pesquisa (Processo CNPq: 300964/2025-0).

DECLARAÇÃO

Os autores declaram que não utilizaram IA generativa nem tecnologias assistidas por IA no processo de preparação do manuscrito.

REFERÊNCIAS

[1] UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Global Status Report for Buildings and Construction 2024/2025: Not just another brick in the wall – The solutions exist. Scaling them will build on progress and cut emissions fast**. Paris, mar. 2025. Disponível em: https://wedocs.unep.org/20.500.11822/47214. Acesso em: 13 maio 2025.

[2] CHELLURI, S. et al. A Review of the Performance Properties of Geopolymer Pavement-Quality Concrete. **Construction Materials**, v. 5, n. 3, p. 49, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/constrmater5030049.

[3] PEREIRA, Sabrina Luana Dias. **Desenvolvimento de geopolímeros à base de metacaulim e biocarvão da casca de arroz para captura de CO2**. 2024. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, 2024.

[4] RASHAD, Alaa M. Metakaolin as cementitious material: history, scours, production and composition: a comprehensive overview. **Construction and Building Materials**, v. 41, p. 303-318, 2013. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.12.001.

[5] NAÇÕES UNIDAS. ESCRITÓRIO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA REDUÇÃO DE RISCOS DE DESASTRES (UNISDR). **Como construir cidades mais resilientes: um guia para gestores públicos locais**. Genebra: UNISDR, 2012. 102 p. Disponível em: www.unisdr.org/campaign. Acesso em: 3 out. 2025.

[6] SUSTAINABLE TECHNOLOGIES EVALUATION PROGRAM (STEP). **Performance evaluation of permeable pavements**. Toronto: Toronto and Region Conservation, 2015. 8 p. (Technical Brief). Disponível em: www.sustainabletechnologies.ca. Acesso em: 25 set. 2025.

[7] LOTHENBACH, B. et al. Influence of supplementary cementitious materials on the kinetics and mechanisms of cement hydration. **Cement and Concrete Research**, [S. l.], v. 41, n. 12, p. 1244-1256, 2011.

[8] PROVIS, J. L. Alkali-activated materials. **Cement and Concrete Research**, v. 114, p. 40-48, 2018.

[9] GARCIA-LODEIRO, I. et al. Hybrid alkaline cements: An emerging field in sustainable binders. **Cement and Concrete Research**, [S. l.], v. 76, p. 20-35, 2016.

[10] ELIZONDO-MARTINEZ, E.-J. et al. Physical and Mechanical Characterization of Sustainable and Innovative Porous Concrete for Urban Pavements Containing Metakaolin. **Sustainability**, v. 12, n. 10, p. 4243, 2020. DOI: https://doi.org/10.3390/su12104243.

[11] ARAÚJO, Wendel Melo Prudêncio de. **Concreto permeável geopolimérico aplicado na pavimentação**. 2023. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Pará.

[12] ZHOU, Guowei; LUO, Yiping; XUE, Guobin. Study on mechanical properties of metakaolin based geopolymer pervious concrete. In: EBGBM 2023: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ECOLOGICAL ENVIRONMENT AND GREEN BUILDING MATERIALS, [s.l.], 2023. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343902006.

[13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781-2**: Componentes de concreto para pavimentação intertravada – Parte 2: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2026.

[14] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16416-2**: Pavimento permeável – Parte 2: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2026.

[15] ALONSO, Susana; PALOMO, Angel. The role of alkali concentration on the formation of geopolymers. **Cement and Concrete Research**, [s. l.], v. 31, n. 1, p. 25-30, jan. 2001. DOI: https://doi.org/10.1016/S0008-8846(00)00435-X.

[16] MOTA, Gabriella Nunes. **Desenvolvimento de argamassas geopoliméricas a base de cinza volante e metacaulinita com incorporação de biochar da casca de arroz**. 2024. 92 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Cuiabá, 2024.

[17] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781-1**: Componentes de concreto para pavimentação intertravada – Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2026.

[18] FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. **Pervious Concrete: ACPT TechBrief**. Washington, DC: U.S. Department of Transportation, 2012. 8 p. (Report No. FHWA-HIF-13-006).

[19] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 522R-10: Report on pervious concrete**. Reported by ACI Committee 522. Farmington Hills, MI: ACI, 2010. 38 p. (Reapproved 2011).

[20] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16416-1**: Pavimento permeável – Parte 1: Execução de pavimento permeável intertravado de concreto. Rio de Janeiro, 2026.

[21] TENNIS, Paul D.; LEMING, Michael L.; AKERS, David J. **Pervious Concrete Pavements**. EB302. Skokie, Illinois: Portland Cement Association; Silver Spring, Maryland: National Ready Mixed Concrete Association, 2004. 36 p.