DESEMPENHO DE CONCRETOS PERMEÁVEIS PRODUZIDOS COM FIBRAS VEGETAIS

PERFORMANCE OF PERVIOUS CONCRETES PRODUCED WITH VEGETABLE FIBERS

Lívia Maria Guimarães Gonçalves [1]; Tainara Rodriguez da Silva [2]; Iraquitan José do Nascimento Simões [3]; Adelson Barboza de Souza [4]; Juliana Colle [5]; Rodrigo Cesar Pierozan [6]; Valéria Costa de Oliveira [7].

[1]Graduando em Engenharia Civil | liviamarialola@gmail.com | Instituto Federal de Rondônia - IFRO | Porto Velho, Brasil; [2]Graduando em Engenharia Civil | tainararodriguez02@gmail.com | Instituto Federal de Rondônia - IFRO | Porto Velho, Brasil; [3]Graduando em Engenharia Civil |iraquitan.simoes@ifro.edu.br | IFRO | Porto Velho, Brasil; [4] Graduando em Engenharia Civil | adelson.barboza@ifro.edu.br | IFRO | Porto Velho, Brasil; [5]Graduando em Engenharia Civil | colle@utfpr.edu.br | UTFPR | Campo Mourão, Brasil; [6] Doutor em Geotecnia | rodrigopierozan@uftpr.edu.br | UFTPR | Campo Mourão, Brasil; [7] Doutora em Engenharia Civil | valeria.oliveira@ifro.edu.br | IFRO | Porto Velho, Brasil.

Resumo:
As mudanças climáticas têm causado impactos significativos nas infraestruturas urbanas. Nesse contexto, pesquisadores vêm buscando alternativas sustentáveis por meio do uso de matérias-primas renováveis. O objetivo é avaliar o desempenho de concretos permeáveis reforçados com fibras vegetais, visando a aplicação de materiais sustentáveis em pavimentações. A metodologia adotou um programa experimental com a incorporação de fibras vegetais nos teores de 1,5%, 2% e 3%. Foram realizados ensaios de resistência à tração na flexão, compressão e permeabilidade à água. Os resultados indicaram que as fibras de tucumã apresentaram desempenho satisfatório na produção de concretos permeáveis até o teor de 1,5%. Em relação à permeabilidade, observou-se que o teor de 1,5% aumentou a passagem de água; entretanto, os teores de 1,5%, 2% e 3% de fibras de açaí e 2% de fibras de tucumã reduziram esse desempenho. O estudo evidenciou os benefícios técnicos do uso dessas fibras e sua contribuição para o desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva regional, agregando valor a recursos naturais renováveis e promovendo uma construção civil mais ecológica e inclusiva.

Palavras-chave:
Concreto permeável; Fibras vegetais; Tucumã; Açaí; Desempenho.

Abstract:
Climate change has had significant impacts on urban infrastructure. In this context, researchers have been seeking sustainable alternatives through the use of renewable raw materials. The objective is to evaluate the performance of pervious concrete reinforced with plant fibers, aiming to apply sustainable materials in paving. The methodology adopted an experimental program incorporating plant fibers at levels of 1.5%, 2%, and 3%. Flexural tensile strength, compression, and water permeability tests were performed. The results indicated that tucumã fibers performed satisfactorily in the production of pervious concrete up to a level of 1.5%. Regarding permeability, it was observed that a level of 1.5% increased water flow; however, levels of 1.5%, 2%, and 3% açaí fibers and 2% tucumã fibers reduced this performance. The study highlighted the technical benefits of using these fibers and their contribution to the sustainable development of the regional production chain, adding value to renewable natural resources and promoting a more ecological and inclusive construction industry.

Keywords:
Permeable concrete; Plant fibers; Tucumã; Açaí; Performance.

1. INTRODUÇÃO

As cidades brasileiras vêm enfrentando condições climáticas adversas tanto em períodos de estiagem quanto durante o inverno, impactando significativamente as vias públicas urbanas. Nesse contexto, destaca-se que a *Environmental Protection Agency (EPA)*, Agência de Proteção Ambiental, reconhece o uso do concreto permeável como uma solução eficaz para o gerenciamento e redução do escoamento de águas pluviais. A justificativa para este estudo reside no potencial dos concretos permeáveis de melhorar o escoamento superficial da água, além da possibilidade de utilização de fibras vegetais de açaí e tucumã para contribuir com a porosidade do concreto, sem comprometer suas propriedades mecânicas.

A NBR 16416 (ABNT, 2015), primeira norma brasileira sobre concreto permeável, permanece vigente até os dias atuais. No entanto, ainda não foram estabelecidos métodos normatizados específicos para dosagem e compactação desse tipo de concreto, conforme apontado por Ferreira (2024). A literatura técnica revela uma grande diversidade nas metodologias de preparo, o que dificulta a padronização e, consequentemente, a reprodutibilidade de resultados confiáveis.

Em aplicações de engenharia, o uso de fibras é amplamente difundido para reduzir fissuras superficiais originadas pela retração do concreto e, em alguns casos, para fornecer resistência à tração em regiões fissuradas sob compressão, retardando danos estruturais (Lee *et al*., 2022). O Brasil, por sua vez, possui elevada biodiversidade, o que inclui a disponibilidade de fibras vegetais com potencial de aplicação na construção civil, como as de açaí e tucumã. Quando devidamente tratadas, essas fibras apresentam viabilidade técnica, conforme demonstrado por Nascimento *et al*. (2023), que estudaram argamassas de revestimento com desempenho satisfatório.

O desenvolvimento de concretos permeáveis com fibras vegetais pode suprir lacunas técnicas e normativas, contribuindo para a elaboração de regulamentações específicas. Isso se mostra fundamental para ampliar o uso desses materiais além das calçadas para pedestres e vias de tráfego leve, consolidando seu emprego em soluções de infraestrutura urbana sustentável.

O Brasil produziu, em 2022, aproximadamente 1.699.588 toneladas de açaí (IBGE, 2022). Essa palmeira (*Euterpe oleracea Mart*.), nativa da região amazônica, também está presente em países como Equador e Venezuela (Oliveira *et al*., 2019). No entanto, o processamento do fruto gera grandes quantidades de resíduos, como fibras e sementes, cujo descarte inadequado representa um desafio ambiental (Miranda *et al*., 2022).

O tucumã, por sua vez, é uma palmeira amplamente encontrada nos estados do Amazonas, Acre, Rondônia e Roraima, além de regiões do Peru e da Colômbia. Embora seu fruto seja comercializado como alimento, o caroço também é utilizado para a produção de carvão e na confecção de biojoias, leques e esteiras, especialmente por artesãos locais (Viana, 2010).

Nascimento *et al*. (2023) compararam argamassas de revestimento produzidas com fibras de polipropileno e fibras de tucumã em blocos cerâmicos, demonstrando a viabilidade técnica do uso de fibras vegetais na construção civil. Esses resultados reforçam a importância de aprofundar o estudo das fibras de tucumã e açaí, particularmente quanto à sua contribuição para a melhoria do desempenho do concreto permeável.

Diante disso, o objetivo geral deste estudo é avaliar o desempenho de concretos drenantes produzidos com fibras vegetais de açaí e tucumã, visando à especificação de materiais sustentáveis para pavimentações urbanas. Tal abordagem é especialmente relevante para promover a permeabilidade de calçadas e vias, contribuindo para o escoamento eficiente das águas pluviais e, consequentemente, para a resiliência da infraestrutura urbana.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O concreto permeável, devido à sua estrutura excepcionalmente porosa, apresenta diversas propriedades vantajosas, como alta permeabilidade, capacidade de absorção sonora, melhoria da

qualidade da água, adsorção de gases e controle da umidade (Ridengaoqier *et al*., 2023). Tais características o tornam amplamente aplicável em obras de infraestrutura urbana, especialmente em passarelas para pedestres, estacionamentos, calçadas e aterros verdes ambientalmente sustentáveis.

A permeabilidade é uma propriedade essencial de materiais porosos, pois determina sua capacidade de permitir o escoamento de água através de sua estrutura interna. Essa característica está diretamente relacionada às propriedades dos poros, como o diâmetro, a forma, a conectividade e o grau de tortuosidade dos caminhos pelos quais a água se movimenta.

O concreto permeável é composto majoritariamente por agregado graúdo, com pouca ou nenhuma quantidade de agregado miúdo, água, adições e aditivos específicos para aprimorar determinadas propriedades. Essa composição permite a percolação da água por meio de uma rede de macroporos interligados (Ferreira, 2024). Tal característica contribui significativamente para a mitigação de enchentes e alagamentos urbanos, favorecendo o restabelecimento do ciclo hidrológico natural.

Este tipo de concreto tem ganhado destaque na engenharia de pavimentação por suas vantagens adicionais, como a redução do ruído, diminuição do acúmulo de água, melhoria da qualidade ambiental e recarga de aquíferos. Seu sistema interno de drenagem e osmose permite a infiltração da água da chuva durante os eventos de precipitação, promovendo o reabastecimento das águas subterrâneas e contribuindo para a redução do efeito de ilha de calor urbano.

Segundo Mariano (2014), do ponto de vista econômico, o uso de concreto permeável é vantajoso, pois reduz a necessidade de sistemas convencionais de drenagem de águas pluviais. O material é capaz de infiltrar até 80% do volume anual de escoamento superficial e remover até 65% das partículas não dissolvidas e 95% dos sedimentos presentes na água.

Haselbach *et al*. (2014) também demonstrou a eficácia do concreto permeável na remoção de metais pesados dissolvidos, como zinco e cobre, presentes nas águas pluviais. O estudo forneceu evidências da capacidade de sorção do material, que se deve à retenção física desses poluentes nos seus poros interligados.

O concreto permeável tem sido utilizado há décadas em países como Japão e Estados Unidos (Azzout *et al*., 1994). No estado fresco, apresenta abatimento praticamente nulo, comportamento esperado devido à presença de vazios abertos, conforme observado por Rizvi *et al*. (2010). A norma NBR 16416 (ABNT, 2015) define o concreto permeável como aquele com poros interligados que permitem a percolação da água por ação da gravidade. Além disto, dada a elevada demanda por materiais na construção civil e sua ampla distribuição geográfica, o concreto permeável se apresenta como uma alternativa viável para o reaproveitamento de resíduos oriundos de outras cadeias produtivas, como a mineração e a agricultura.

Nesse sentido, o uso de fibras naturais na construção remonta a técnicas ancestrais, como o pau-a-pique, em que a palha e capim eram utilizados (Fonseca, 2021). Estudos recentes têm investigado a incorporação de fibras ao concreto permeável com o objetivo de melhorar suas propriedades mecânicas. As fibras atuam como elementos de reforço, dificultando a propagação de fissuras e aumentando a resistência da matriz cimentícia. Sua presença é comum tanto em compósitos cimentícios quanto em materiais poliméricos.

Pesquisas sistemáticas sobre o uso de fibras em compósitos cimentícios tiveram início na década de 1970 na Inglaterra e chegaram ao Brasil nos anos 1980 por meio do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento na Bahia. Nessa época, foram exploradas argamassas reforçadas com fibras de coco, sisal e piaçava, em diferentes proporções e comprimentos (Silva, 2002).

Entre os materiais vegetais com potencial de aplicação está o tucumã (*Astrocaryum aculeatum*), palmeira nativa da região amazônica, conhecida por diversos nomes populares. Suas fibras, extraídas das palhas, apresentam potencial econômico relevante, dada a ampla possibilidade de aproveitamento. Fonseca (2021) demonstrou que tratamentos aplicados às fibras de tucumã (*Astrocaryum chambira Burret*) resultaram em significativo aumento nas resistências à compressão e tração, com valores passando de 67,2 MPa para 318,8 MPa após o processo de hibridização.

Outro resíduo promissor é o proveniente da cadeia produtiva do açaí. O açaizeiro (*Euterpe oleracea Mart.*), palmeira típica da Amazônia, gera um subproduto significativo durante o processamento da polpa, composto principalmente por sementes e fibras lignocelulósicas, que representam mais de 90% do volume do fruto. Esses resíduos, quando descartados de forma inadequada, comprometem os corpos d'água por provocarem a diminuição do oxigênio dissolvido e acelerarem o processo de eutrofização (Lima *et al.*, 2021).

Embora as pesquisas sobre a aplicação dessas fibras na construção civil ainda sejam incipientes, Lopes (2019) destaca seu potencial em diferentes contextos. Mesquita (2013), por exemplo, investigou a aplicação das fibras de açaí na produção de painéis ecológicos para isolamento acústico. Já Lima Jr. (2007) utilizou essas fibras na fabricação de placas cimentícias, observando um incremento de 13% nas propriedades mecânicas dos materiais.

Quanto às características dos concretos permeáveis, a *American Concrete Institute* (ACI 522, 2010) conceitua o concreto permeável como um material de cimento hidráulico com vazios interconectados, suficientemente permeáveis para permitir a fácil passagem da água. Segundo a ACI 522, a resistência à compressão do concreto permeável varia de 2,8 MPa a 28 MPa, enquanto o coeficiente de permeabilidade está na faixa de 0,20 cm/s a 0,54 cm/s, enquanto a norma nacional específica o valor igual ou superior a 0,001 m/s. A NBR 16416 (ABNT, 2015) específica, ainda, resistência característica à tração na flexão igual ou superior a 2 MPa (para tráfego leve), conforme determinado pelo ensaio NBR 12142 (ABNT, 2010).

3. MÉTODOS

Para a preparação dos concretos permeáveis, utilizou-se o cimento Portland do tipo CP-V ARI como aglomerante, com adição de sílica ativa com o objetivo de aprimorar as propriedades mecânicas do material. O agregado graúdo foi previamente peneirado, sendo utilizadas partículas com dimensões de 4,75 mm e 2,36 mm. As fibras vegetais de açaí foram obtidas em feiras semanais realizadas no município de Porto Velho – RO, enquanto as fibras de tucumã foram adquiridas de forma comercial em uma aldeia indígena localizada no município de Novo Airão, no estado do Amazonas. Essas fibras foram recebidas em estado natural, em feixes compostos por palhas de variados comprimentos e espessuras. Para utilização nos concretos, as fibras de tucumã foram cortadas manualmente em segmentos de 20 ± 1 mm, empregando réguas e tesouras com o intuito de padronizar os comprimentos, enquanto as fibras de açaí permaneceram sem cortes, mantendo seu segmento e comprimento naturais, com 5 ± 1 mm.

Visando aumentar a durabilidade das fibras em meio cimentício, realizou-se o tratamento com emulsão de polímero estireno-butadieno (SBR), uma vez que fibras naturais são suscetíveis à degradação em ambientes úmidos e alcalinos. Além disso, sua elevada absorção de água e a heterogeneidade das propriedades físicas e mecânicas podem comprometer o desempenho das matrizes cimentícias. O consumo de materiais por m³ de concreto foi de 696,38 Kg de cimento CP-V ARI, 76,60 Kg de sílica ativa, 1.880,27 Kg de agregado graúdo e 207,43 Kg de água. Os percentuais de 1,5%, 2% e 3% das fibras foram considerados sobre a massa de cimento.

Os ensaios no estado fresco foram realizados imediatamente após a mistura e moldagem das amostras. O processo de mistura foi realizado em betoneira, com o índice de consistência controlado em 0 ± 5 mm. Para a moldagem dos corpos de prova, utilizou-se 2 moldes de prismáticos de polipropileno com dimensões de 100 x 200 mm x 6mm, nos quais o concreto foi adicionado e compactado por meio de um mini soquete adaptado dos ensaios de compactação Proctor, com a aplicação de 20 golpes por camada.

Após 24 horas, os corpos de prova foram desmoldados e submetidos à cura por um período de 28 dias. Posteriormente, foram realizados os ensaios no estado endurecido para avaliação das propriedades mecânicas e de permeabilidade dos concretos. A resistência à tração na flexão foi determinada com o auxílio de uma máquina de ensaio universal equipada com célula de carga de 300 kN, operando com taxa de carregamento de 1,0 mm/s. Os cálculos seguiram a norma ASTM C78/C78M-22 (ASTM, 2022). Foram utilizados 2 corpos de prova para a realização dos ensaios de

resistência à tração na flexão, sendo a metade destes utilizadas para os ensaios de resistência à compressão, que foi obtida a partir da razão entre a carga aplicada e a área da seção transversal de 50 × 100 mm, utilizando uma placa metálica de 3/8" de espessura durante os ensaios.

Para os ensaios de permeabilidade à água, empregou-se o dispositivo representado na Figura 1. As amostras, com seção transversal 100 x 100 mm x 6mm, foram envolvidas com cinco camadas de plástico filme, e as laterais foram vedadas com fitas adesivas a fim de evitar vazamentos. Cada amostra foi ensaiada em três tempos seguidos.



Figura 1: Dispositivo utilizado nos ensaios de permeabilidade à água dos concretos permeáveis.
Fonte: Os autores (2025).

O coeficiente de permeabilidade (K) foi determinado com base na Lei de Darcy, conforme a Equação 1, indicada na sequência.

$$K = ((\,(A.L)/(a.t)).log\,(hi/hf))*4) \text{ (Equação 1)}$$

Onde:

K= Coeficiente de permeabilidade (cm/s);

A= Área da amostra (cm²);

a= Área do tubo (cm²);

L= Comprimento da amostra (cm);

t = Tempo (s);

hi = Altura inicial da coluna de água (29 cm);

hf= Altura final da coluna de água (7 cm).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta a análise descritiva e a discussão dos principais resultados, considerando os fatores que influenciaram os desempenhos observados e suas implicações. A Figura 2 mostra os valores de densidade dos corpos de prova contendo fibras vegetais.

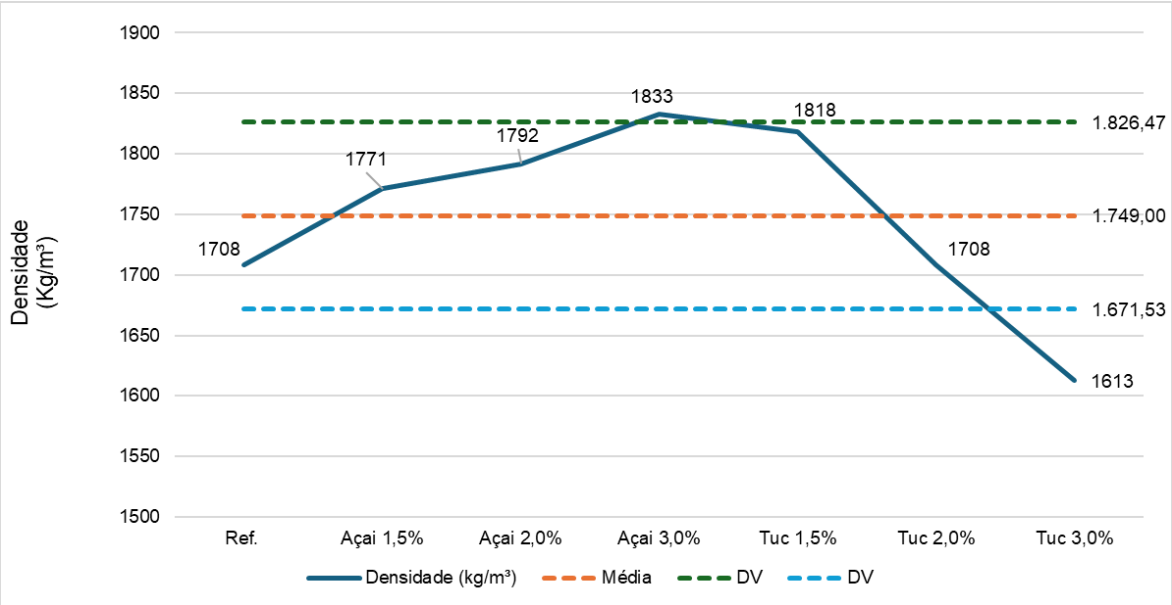

Figura 2: Densidade dos concretos permeáveis.
Fonte: Os autores (2025).

A média geral de todas as amostras foi de 1749 kg/m³ e o desvio padrão foi de 77,47 kg/m³, compreendendo uma faixa de 1671,53 kg/m³ a 1826,47 kg/m³. Os resultados referem-se à média de 2 corpos de prova para cada dosagem. Os concretos permeáveis produzidos com fibras de açaí apresentaram densidades entre 1771 kg/m³ e 1833 kg/m³. Por outro lado, os concretos com fibras de tucumã mostraram redução gradual da densidade com o aumento do teor de fibras, alcançando valores entre 1613 kg/m³ e 1818 kg/m³, inferiores aos observados no traço de referência (1708 kg/m³) e nas amostras com fibras de açaí.

De acordo com a norma ASTM C1688/C1688M-14a (2023), o concreto permeável deve apresentar massa específica entre 1600 e 2000 kg/m³. Já a NBR 16416 (ABNT, 2015) recomenda uma densidade no estado endurecido de 1600 ± 80 kg/m³. Verificou-se que as fibras de açaí aumentaram as densidades das misturas, demonstrando maior quantidade de pasta em torno dos grãos dos agregados, já as fibras de tucumã promoveram uma mistura com mais vazios interconectados e acarretou a redução das densidades, o que possivelmente ocorreu em função dos diferentes comprimentos das fibras utilizados nas dosagens dos concretos permeáveis. A Figura 3 apresenta os resultados da resistência à tração na flexão, bem como as formas de ruptura observadas para as diferentes dosagens.

A NBR 16416 (ABNT, 2015) específica resistência característica à tração na flexão igual ou superior a 2 MPa (para tráfego leve). A média geral foi de 2,30 MPa e o desvio padrão (DV) foi de 0,50 MPa, demonstrando uma faixa que mais se aproxima da média compreendida entre 1,80 e 2,80 MPa. Desta forma, todas as dosagens apresentaram valores superiores ao solicitado pela norma técnica (2,0 MPa), com exceção da amostra com 3% de fibras de tucumã, que obteve 1,31 MPa.

Verificou-se que a adição de fibras vegetais de tucumã melhorou a resistência à tração na flexão dos concretos, especialmente para o teor de 1,5%, que alcançou 2,78 MPa, superior ao traço referência. Segundo Lee *et al.* (2022), a resistência à tração na flexão do concreto permeável geralmente varia entre 1 MPa e 3,8 MPa, influenciada principalmente pelo grau de compactação, porosidade e relação agregado-cimento. Quanto ao comportamento na ruptura, as amostras com fibras de açaí apresentaram falha frágil semelhante ao concreto de referência, enquanto as amostras com fibras de tucumã demonstraram comportamento mais dúctil. A falha frágil foi acompanhada de uma fissura única e rompimento brusco. Quanto ao comportamento dúctil, as fibras de tucumã promoveram uma ponte de aderência entre os agregados e a pasta, demonstrando as fissuras de menor espessura. Destaca-se neste sentido que as fibras podem cruzar as fissuras e surgir como pontes de transferência de tensão, o que minimiza a concentração de tensões na extremidade das fissuras e com isso reduzir a abertura e propagação das fissuras, e

consequentemente, promover maior capacidade de deformação (Centonze, Leone e Aiello, 2012). A Figura 4 ilustra os resultados de resistência à compressão dos corpos de prova prismáticos para as diferentes dosagens.

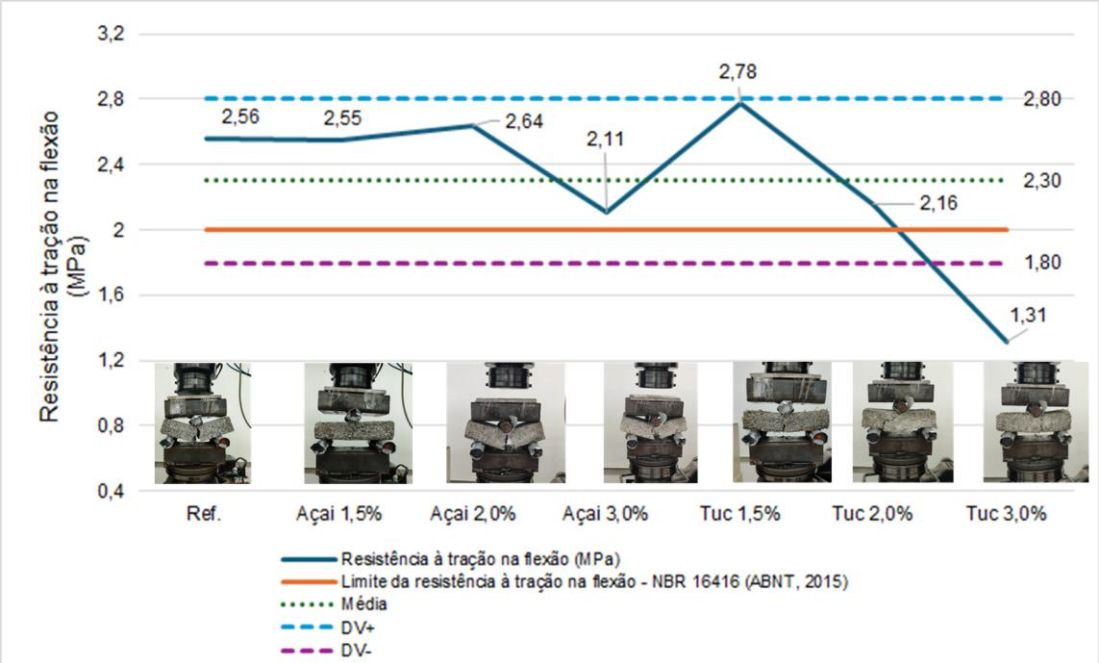

Figura 3: Resistência à tração na flexão dos concretos permeáveis.
Fonte: Os autores (2025).

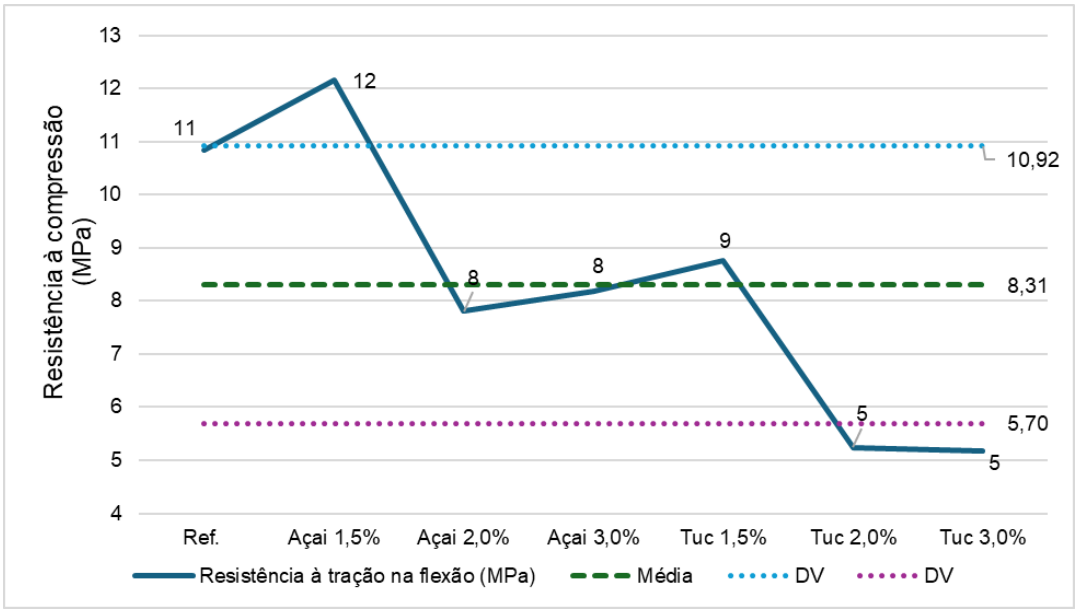

Figura 4: Resistência à compressão dos concretos permeáveis.
Fonte: Os autores (2025).

As resistências à compressão dos concretos permeáveis produzidos variaram entre 5 MPa e 12 MPa. A média geral da propriedade mecânica foi de 8,31 MPa e o desvio padrão (DV) foi de 2,61 MPa, demonstrando uma faixa que mais se aproxima da média compreendida entre 5,70 e 10,92 MPa. O traço de referência obteve 11 MPa.

A dosagem produzida com 1,50% da fibra de açaí apresentou um acréscimo de 1 MPa em relação ao traço de referência, enquanto os percentuais de 2,0% e 3,0% reduziram 4,0 MPa. O concreto

permeável produzido com 1,5% de fibras de tucumã apresentou redução de 18% em relação a resistência à compressão do traço de referência, enquanto as dosagens de 2,0% e 3% apresentaram 5,0 MPa, representando as amostras que mais se afastam da média. Conforme destacado por Lee *et al*. (2022), não há norma ASTM específica para a resistência à compressão de concretos permeáveis devido à elevada variabilidade dos resultados, influenciada pelos diferentes métodos de ensaio e dimensões dos corpos de prova. Por esse motivo, a resistência à compressão não é recomendada como critério único de aceitação para esse tipo de material.

A Figura 5 apresenta os coeficientes de permeabilidade obtidos nas amostras analisadas.

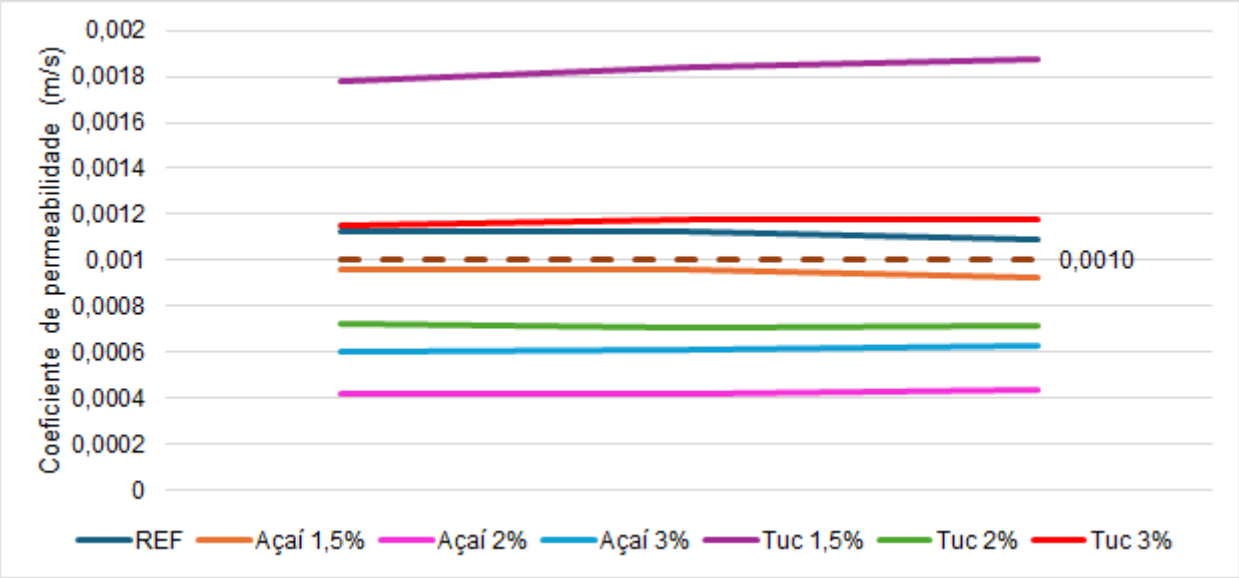

Figura 5: Coeficiente de permeabilidade à água dos concretos permeáveis.
Fonte: Os autores (2025).

Foram realizadas três amostragem de permeabilidade à água para todas as dosagens de concretos permeáveis. O valor de coeficiente de permeabilidade recomendado pela NBR 16416 (ABNT, 2015) é maior e igual a 0,001 m/s. As exceções foram observadas para as dosagens que utilizaram as fibras de açaí e 2% de fibras de tucumã. Os traços de referência e os que utilizaram 1,5% e 3,0% de fibras de tucumã apresentaram desempenho satisfatório quanto à capacidade de escoamento de águas pluviais, característica essencial para aplicações de concreto permeável.

5. CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo evidenciam que a incorporação de fibras vegetais de açaí e tucumã exerce influência significativa no desempenho dos concretos permeáveis, tanto no estado fresco quanto no endurecido, com efeitos distintos conforme o tipo e o teor de fibra utilizados. Observou-se redução da densidade aparente, em relação ao traço de referência, com o aumento do teor de fibras, sendo mais acentuada nas amostras com fibras de tucumã, o que sugere maior porosidade nas misturas correspondentes.

No estado endurecido, as fibras de tucumã demonstraram melhor desempenho na resistência à tração na flexão, destacando-se o teor de 1,5%, que proporcionou ganhos mecânicos pois apresentou um aumento de 8,6% em relação ao traço de referência. Por outro lado, teores superiores comprometeram as propriedades mecânicas, possivelmente devido ao aumento da porosidade e à interferência na hidratação do cimento.

Em relação ao coeficiente de permeabilidade, verificou-se que a adição de 1,5% de fibras de tucumã promoveu incremento da permeabilidade, atendendo às faixas recomendadas para concretos permeáveis. Os traços de referência e tucumã 3,0% atenderam o mínimo especificado pela NBR 16416 (ABNT, 2015). Contudo, os teores de 1,5%, 2% e 3% das fibras de açaí e 2% das fibras de

tucumã apresentaram desempenho inferior, possivelmente em razão da retenção de água pelas fibras, prejudicando a conectividade dos poros.

De forma geral, os resultados indicam que o uso de fibras vegetais amazônicas, como açaí e tucumã, constitui uma alternativa viável para o reforço de concretos permeáveis, desde que empregados teores adequados. O teor de 1,5% das fibras de tucumã revelou-se o mais eficiente, proporcionando equilíbrio entre desempenho mecânico, permeabilidade e trabalhabilidade.

Além dos benefícios técnicos, o aproveitamento dessas fibras contribui para a valorização de recursos naturais renováveis da região amazônica, promovendo o desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva local e incentivando práticas mais ecológicas e inclusivas na construção civil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12142**: Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro, 2010.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16416:** Pavimentos permeáveis de concreto- Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2015.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5738:** Concreto- Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2016.

ACI – American Concrete Institute. **Committee 522**. ACI Report on Pervious Concrete. 2010.

ASTM INTERNATIONAL. **ASTM C78/C78M-22** - Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading). West Conshohocken, Pennsylvania: ASTM International, 2022.

ASTM INTERNATIONAL. **ASTM C1688/C1688M-14a** - Standard Test Method for Density and Void Content of Freshly Mixed Pervious Concrete (Withdrawn 2023). West Conshohocken, Pennsylvania: ASTM International, 2023.

AZZOUT, Y.; CRES, F. N.; BARRAUD, S.; ALFAKI, E. **Techniques alternatives en assainissement pluvial: choix, conception, réalisation et entretien**. Paris: Technique et Documentation - Lavoisier, 372 ,1994.

CENTONZE, G.; LEONE, M.; AIELLO, M.A. Steel fibers from waste tires as reinforcement in concrete: A mechanical characterization. **Construction and Building Materials**, v. 36, p. 46-57, 2012.

FERREIRA, A. R. **Influência da substituição parcial do cimento portland por metacaulim nas propriedades mecânicas e na espessura de pasta aderida do concreto permeável**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, 2024.

FONSECA, R. P. **Influência de diferentes tipos de fibras vegetais amazônicas no desempenho de uma argamassa à base de cimento Portland e Metacaulim**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2021.

HASELBACH, L.; POOR, C.; TILSON, J. Dissolved zinc and copper retention from stormwater runoff in ordinary Portland cement pervious concrete. **Construction and Building Materials**, v.53, 2014, p.652-657.

IBGE**. Produção de Açaí** (cultivo). Disponível em: https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/acai-cultivo/br

LEE, M. G.; WANG, W. C.; WANG, Y. C.; HSIEH, Y. C.; LIN, Y. C. Mechanical properties of high-strength pervious concrete with steel fiber or glass fiber. **Buildings**, v. 12, n. 5, p. 620, 2022.

LIMA JR, U. M. **Fibras da semente do açaizeiro (Euterpe Oleracea Mart.): avaliação quanto ao uso como reforço de compósitos fibrocimentícios**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais), Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007.

LIMA, E. C. D. S.; MANHÃES, L. R. T.; SANTOS, E. R. D.; FEIJÓ, M. B. D. S.; SABAA-SRUR, A. U. D. O. Optimization of the inulin aqueous extraction process from the açaí (Euterpe oleracea, Mart.) seed. **Food Science and Technology**, v. 41, p. 884-889, 2021.

LOPES, M. M. Inserção de Fibras de Açaí (Euterpe oleracea) como Reforço de Solo: Análise do Comportamento Mecânico e da Degradação de Fibras Naturais. *In:* **Anais do XX COBRAMSEG**, Campinas, 2019.

MARIANO, H.R. **Influência do teor de argamassa e da granulometria da brita na permeabilidade e nas resistências à compressão e à abrasão de concretos permeáveis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2014.

MESQUITA, A. L. **Estudos de processos de extração e caracterização de fibras de fruto de açaí (Euterpe oleracea Mart.) da Amazônia para produção de ecopainel de partículas homogêneas de média densidade**. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia), Universidade Federal do Pará. Belém, 2013.

MIRANDA, L. V. A.; MOCHIUTTI, S.; CUNHA, A. C. D.; CUNHA, H. F. A. Descarte e destino final de caroços de açaí na Amazônia Oriental-Brasil. **Ambiente & Sociedade**, v. 25, p. e01382, 2022.

NASCIMENTO, C. B.; BARBOSA, V. M.; BARBOSA, C. E. D. S. M.; MOTAO, W. K. B.; DE OLIVEIRA, V. C. Análise das propriedades de argamassas de revestimentos produzidas com diferentes fibras naturais. *In:* **XIV Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas** (SBTA), João Pessoa, 2023.

OLIVEIRA, A.; RIBEIRO, A.; OLIVEIRA, É.; GARCIA, M.; SOARES JÚNIOR, M.; CALIARI, M. Structural and physicochemical properties of freeze-dried açaí pulp (Euterpe oleracea Mart.). **Food Science and Technology**, v. 40, p. 282–289, 2019.

RIDENGAOQIER, E.; HATANAKA, S.; IMAMOTO, K. I.; KIYOHARA, C.; PHOONGERNKHAM, T. Experimental Study on Compressive and Flexural Strengths of HighStrength Pervious Concrete Using Various Binding Material. *In:* **9th World Congress on Mechanical, Chemical, and Material Engineering** (MCM). Avestia Publishing, 2023.

RIZVI, R.; TIGHE, S.; HENDERSON, V.; NORRIS, J. Evaluating the use of recycled concrete aggregate in pervious concrete pavement. **Transportation Research Record**, v. 2164, n. 1, p. 132-140, 2010.

SILVA, A. C. **Estudos da Durabilidade de Compósitos Reforçados com Fibras de Celulose**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

VIANA, A.L.; SOUZA, C.S.C.R.; SANTOS, I.N.L.; SOUZA, J.G.; CASTRO, A.P. Aspectos gerais da comercialização do tucumã nas feiras da cidade de Manaus, Amazonas. *In:* **Seminário Internacional de Ciências do Ambiente e Sustentabilidade da Amazônia**, Manaus, Amazonas, 2010.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam sua sincera gratidão ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).