

**USO DO PÓ DE GRANITO COMO SUBSTITUTO PARCIAL DA AREIA EM  
CONCRETOS DE ALTO DESEMPENHO PARA INDÚSTRIA DE PRÉ-  
MOLDADOS**

**USE OF GRANITE POWDER AS A PARTIAL SUBSTITUTE FOR SAND IN  
HIGH-PERFORMANCE CONCRETE FOR THE PRECAST INDUSTRY.**

**Leonardo Geronimo Prock<sup>1</sup>; Leopoldo Freire Bueno<sup>2</sup>**

**RESUMO**

O presente trabalho trata da utilização do pó de granito como substituto parcial da areia natural na produção de concreto de alto desempenho (CAD) voltado à indústria de pré-moldados. O estudo insere-se no contexto da busca por alternativas sustentáveis na construção civil, visto que o beneficiamento de rochas ornamentais gera grandes volumes de resíduos finos, cujo descarte inadequado provoca impactos ambientais. Assim, a incorporação desse resíduo ao concreto surge como alternativa viável para o reaproveitamento de materiais e a preservação de recursos naturais. O objetivo geral consiste em avaliar a viabilidade técnica da substituição parcial da areia natural pelo pó de granito, analisando seus efeitos nas propriedades físicas e mecânicas do concreto. A metodologia adotada foi de natureza experimental, desenvolvida no Laboratório de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas (UNIS), onde foram moldados corpos de prova cilíndricos submetidos a ensaios de resistência à compressão axial aos 7 e 28 dias de cura, conforme normas da ABNT. Também foram realizados ensaios de caracterização dos materiais e determinação da atividade pozzolânica do pó de granito, conforme a ABNT NBR 5752:2014. Os resultados indicaram que o pó de granito possui características adequadas à sua aplicação como substituto parcial do agregado miúdo, sendo que teores intermediários de substituição apresentaram boa compacidade e

<sup>1</sup> Aluno do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas. Email: [Leonardo.prock@alunos.unis.edu.br](mailto:Leonardo.prock@alunos.unis.edu.br)

<sup>2</sup> Professor do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas. Email: [leopoldo.freire@yahoo.com.br](mailto:leopoldo.freire@yahoo.com.br)

resistência satisfatória. Dessa forma, o estudo confirma o potencial do pó de granito como alternativa sustentável na produção de concretos de alto desempenho.

**Palavras-chave:** Concreto de alto desempenho, Pó de granito, Sustentabilidade, Pré-moldados, Resistência mecânica.

## 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho investiga a utilização do pó de granito como substituto parcial da areia natural na produção de concreto de alto desempenho (CAD) aplicado à indústria de pré-moldados. O beneficiamento de rochas ornamentais gera grandes quantidades de resíduos finos, como o pó de granito, cujo descarte inadequado acarreta impactos ambientais significativos.

O objetivo principal é avaliar a viabilidade técnica dessa substituição, analisando os efeitos do pó de granito nas propriedades físicas e mecânicas do concreto. Foram definidos teores de substituição de 10%, 20% e 30%, com ensaios de resistência à compressão axial aos 7 e 28 dias de cura.

A pesquisa fundamenta-se na necessidade de promover alternativas sustentáveis na construção civil, reduzindo o consumo de recursos naturais e o acúmulo de resíduos industriais. O pó de granito apresenta potencial para atuar como material de enchimento, aumentando a compacidade da mistura e contribuindo para concretos mais densos e duráveis.

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Engenharia Civil do UNIS, seguindo normas da ABNT, e visam identificar o teor de substituição que proporcione o melhor equilíbrio entre desempenho técnico e sustentabilidade. Dessa forma, busca-se demonstrar o potencial do pó de granito como alternativa ambientalmente viável para a produção de concretos de alto desempenho, alinhando eficiência estrutural e responsabilidade ambiental.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A indústria de pré-moldados de concreto surgiu como uma resposta à necessidade de modernização e industrialização da construção civil, permitindo a produção de elementos estruturais em ambiente controlado e seu posterior transporte ao canteiro de

obras. Esse processo trouxe ganhos significativos em qualidade, produtividade e padronização, consolidando-se mundialmente a partir da segunda metade do século XX, especialmente em obras de infraestrutura e edificações de grande porte. No Brasil, seu avanço ocorreu entre as décadas de 1970 e 1980, impulsionado pelo crescimento urbano e pela busca por soluções construtivas mais eficientes. A produção em fábricas especializadas, com rigoroso controle de qualidade e uso de concretos de alto desempenho, garantiu maior confiabilidade estrutural e durabilidade às construções (Silva *et al.*, 2022; Oliveira, 2019).

Além do avanço técnico, a indústria de pré-moldados destaca-se por seu alinhamento com os princípios da sustentabilidade, promovendo o uso racional de materiais, a redução de desperdícios e a incorporação de adições minerais e resíduos industriais nos concretos. Essa abordagem reflete os princípios da economia circular e da construção sustentável, atendendo às novas demandas ambientais e tecnológicas do setor. Assim, o sistema de pré-moldados consolida-se como uma alternativa moderna e estratégica para o desenvolvimento da engenharia civil, ao combinar eficiência construtiva, inovação e responsabilidade ambiental (Mendes, 2019; Silva *et al.*, 2022).

## **2.1 A indústria**

A indústria de pré-moldados de concreto compreende uma ampla gama de elementos estruturais e não estruturais produzidos em ambiente controlado, garantindo maior qualidade e precisão. Entre os principais componentes fabricados estão pilares, vigas, lajes, blocos e painéis de vedação, amplamente aplicados em obras industriais, comerciais e de infraestrutura devido à possibilidade de produção seriada e ao rigoroso controle tecnológico (Silva *et al.*, 2022, apud Mendes, 2002). No campo da alvenaria estrutural, os blocos de concreto pré-moldado se destacam como alternativa econômica e eficiente, permitindo rapidez construtiva, racionalização de materiais e elevado desempenho em resistência e durabilidade (Oliveira, 2019).

Além disso, sistemas compostos por vigas, pilares e lajes pré-moldadas têm se mostrado vantajosos em construções de médio e grande porte, reduzindo o tempo de execução e garantindo precisão dimensional. Os painéis pré-moldados, por sua vez, são amplamente utilizados em fachadas e fechamentos laterais, agregando valor estético, isolamento térmico e acústico, além de diminuir as etapas de acabamento no canteiro. A diversidade de aplicações demonstra que o concreto pré-moldado não se limita a um único

tipo de elemento, mas constitui um sistema construtivo versátil e sustentável, que alia produtividade, qualidade e inovação na engenharia civil (Silva *et al.*, 2022).

Os dormentes de concreto protendido representam uma das tecnologias mais avançadas e consolidadas na infraestrutura ferroviária moderna, desempenhando papel fundamental na sustentação dos trilhos, manutenção do espaçamento e distribuição das cargas das composições ferroviárias ao lastro. A aplicação do concreto de alto desempenho (CAD) nesses elementos visa garantir elevada resistência, durabilidade, estabilidade dimensional e menor necessidade de manutenção, fatores essenciais para o desempenho e a longevidade da via permanente (Nabais, 2014). Conforme a ABNT NBR 11709:2015, esses componentes devem atender a critérios rigorosos de geometria, resistência mecânica e durabilidade, além de cumprir requisitos mínimos de resistência à compressão axial, absorção de água, fissuração por flexão e arrancamento de fixações, assegurando qualidade e segurança estrutural durante toda a vida útil da ferrovia (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2015).

## **2.2 Materiais constituintes do concreto**

O cimento é o principal componente ligante do concreto e exerce influência determinante sobre suas propriedades físicas, químicas e mecânicas. Nos dormentes de concreto protendido, a escolha do tipo de cimento é essencial para assegurar resistência, durabilidade e estabilidade dimensional (Mehta e Monteiro, 2014). O cimento Portland, composto por clínqueres e pequenas quantidades de sulfato de cálcio e calcário, reage com a água em um processo denominado hidratação, responsável pela pega e endurecimento do material. Em aplicações industriais, destaca-se o uso do Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI), conforme a ABNT NBR 16697:2018, por sua capacidade de alcançar elevadas resistências em curto prazo, fator decisivo para a desforma rápida e o aumento da produtividade nas fábricas de pré-moldados (Silva *et al.*, 2022; Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2018).

Além do desempenho técnico, a produção de cimento possui forte impacto ambiental, principalmente pela emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) durante a fabricação do clínquer, estimada em aproximadamente uma tonelada de gás por tonelada de produto (Alves, 2008 apud Petrucci, 1975). A incorporação de adições minerais, como escórias, pozolanas e resíduos industriais, tem se mostrado uma alternativa eficaz para mitigar esses impactos. O pó de granito, resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais, surge

como uma opção promissora na formulação de concretos sustentáveis (Cardoso, 2019). O controle de qualidade do cimento deve seguir as normas da ABNT, incluindo ensaios de resistência à compressão, finura, tempo de pega e expansão, assegurando que o material atenda aos requisitos de desempenho e durabilidade necessários à produção de concretos de alto desempenho.

Os agregados constituem a maior parte do volume do concreto e exercem influência direta sobre suas propriedades mecânicas, trabalhabilidade, durabilidade e estabilidade dimensional. Em concretos de alto desempenho, a seleção adequada desses materiais é essencial para garantir resistência e longevidade (Mehta e Monteiro, 2014). Dividem-se em agregados miúdos, como a areia natural ou artificial, e graúdos, como o gnaíse, devendo ambos atender às exigências da ABNT NBR 7211:2022 quanto à pureza, granulometria e ausência de contaminantes que comprometam a aderência ou a durabilidade da estrutura (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022). A distribuição granulométrica contínua é um dos fatores mais importantes para a compacidade e redução da porosidade, otimizando o empacotamento das partículas e reduzindo a necessidade de pasta de cimento (Silva *et al.*, 2022).

O controle da origem e da qualidade dos agregados é determinante na produção de dormentes ferroviários, uma vez que materiais de baixa qualidade podem gerar patologias como fissuras e destacamentos, comprometendo a durabilidade (Lima, 2022). Estudos de Alves (2008) e Cardoso (2019) apontam que o pó de granito, quando utilizado como substituição parcial do agregado miúdo, atua como filler, melhorando a compacidade, a resistência e a sustentabilidade do concreto ao reduzir a extração de areia natural e o descarte de resíduos industriais. Contudo, sua elevada finura requer ajustes na relação água/cimento e uso adequado de aditivos para manter a trabalhabilidade e o desempenho (Silva *et al.*, 2022). Para assegurar uniformidade, os agregados devem ser armazenados sobre superfícies impermeáveis, protegidos da umidade e de contaminantes, evitando variações no teor de água e garantindo constância nas propriedades do concreto (Nabais, 2014).

Os aditivos são substâncias químicas adicionadas ao concreto para modificar suas propriedades e otimizar o desempenho, especialmente em concretos de alto desempenho (CAD). Eles melhoram a trabalhabilidade, aceleram o ganho de resistência e reduzem a relação água/cimento, aspectos fundamentais para a indústria de pré-moldados (Mehta e Monteiro, 2014). Regulamentados pela ABNT NBR 11768:2019, os principais tipos incluem redutores de água, aceleradores e retardadores (Associação Brasileira de Normas

Técnicas, 2019). Segundo Lima (2022), a dosagem correta é essencial para evitar incompatibilidades com o cimento e garantir resistências iniciais adequadas. No uso do pó de granito como substituição parcial de agregados, o emprego de aditivos redutores de água torna-se indispensável, pois esse resíduo aumenta a demanda hídrica da mistura (Alves, 2008; Cardoso, 2019).

As adições minerais são materiais finamente divididos incorporados ao concreto para aprimorar suas propriedades, aumentar a durabilidade e reduzir o impacto ambiental. No concreto de alto desempenho (CAD), elas otimizam a compacidade da matriz cimentícia, diminuem a porosidade e reduzem o consumo de cimento Portland (Mehta e Monteiro, 2014). Podem ser pozolânicas, cimentantes ou inertes; as pozolanas, como sílica ativa e cinzas volantes, reagem quimicamente com o hidróxido de cálcio, enquanto materiais inertes, como o pó de granito, atuam como filler, melhorando a estrutura do concreto (Silva *et al.*, 2022). Segundo Lima (2022), o uso de adições minerais aumenta a durabilidade de dormentes expostos a ambientes agressivos, reduzindo a permeabilidade. O pó de granito destaca-se como alternativa sustentável, capaz de melhorar a trabalhabilidade e resistência quando bem dosado (Alves, 2008; Cardoso, 2019). As adições devem atender à ABNT NBR 12653:2014, que define critérios de composição e atividade pozolânica (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014).

A busca por soluções sustentáveis na construção civil tem estimulado o reaproveitamento de resíduos industriais em materiais de construção, destacando-se o pó de granito, subproduto do beneficiamento de rochas ornamentais. Seu descarte inadequado causa impactos ambientais como assoreamento de corpos d'água e contaminação do solo (Alves, 2008). Caracterizado por elevada finura e baixa reatividade pozolânica, o pó de granito atua como filler inerte, otimizando a compactação da matriz cimentícia e reduzindo a porosidade do concreto, o que resulta em maior durabilidade e menor permeabilidade — características essenciais em elementos pré-moldados, como dormentes ferroviários (Cardoso, 2019). Estudos de Mendes (2019) demonstraram que a substituição parcial da areia por pó de granito em teores de até 15% manteve ou melhorou propriedades do concreto no estado fresco, reduzindo a absorção de água e aumentando a coesão, especialmente quando associado a aditivos hiperplastificantes.

Do ponto de vista ambiental, o aproveitamento do pó de granito está em consonância com os princípios da economia circular, promovendo a reutilização de um resíduo amplamente gerado em polos industriais como Minas Gerais, Espírito Santo e Bahia. Estima-se que até 30% do volume de rochas ornamentais extraídas se converta em

resíduo, reforçando a necessidade de seu reaproveitamento (Alves, 2008; Gonçalves, 2000). Entretanto, seu uso requer controle tecnológico rigoroso, com atenção à granulometria e à pureza do material, conforme estabelecem as normas ABNT NBR 7211:2022 e NBR 12653:2014 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014; 2022). Segundo Silva *et al.* (2022), o uso de aditivos plastificantes é indispensável para compensar o aumento da demanda de água causado pela finura do resíduo. Assim, desde que devidamente caracterizado e dosado, o pó de granito apresenta-se como uma alternativa tecnicamente viável e ambientalmente vantajosa na produção de concretos de alto desempenho.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de natureza básica, exploratória, experimental e laboratorial, desenvolvido por meio da realização de ensaios laboratoriais voltados à caracterização dos materiais constituintes do concreto. O trabalho tem como proposta a utilização do pó de granito como substituto parcial do agregado miúdo (areia natural) em concretos de alto desempenho (CAD), com o intuito de avaliar o comportamento e o desempenho das misturas nos estados fresco e endurecido.

A metodologia adota como base o método de dosagem empírico fundamentado no empacotamento granular, o qual considera as propriedades de fluxo e o desempenho mecânico do compósito. Esse procedimento possibilita a determinação da composição ideal do CAD, levando em conta as interações de superfície entre as partículas sólidas e os efeitos de adsorção de água, aspectos essenciais para a obtenção de maior compacidade e estabilidade da mistura. A tabela 1 descreve a quantidade de material utilizado para a moldagem dos traços produzidos, considerando o volume de 4 corpos de prova cilíndricos de acordo com a ABNT NBR 5738:2015, com 10 centímetros de diâmetro na base e altura de 20 centímetros.

Tabela 1 - Quantitativo de material para cada amostra

| Dosagem de cada traço a ser testado (kg) |         |       |       |      |              |             |         |
|--|---------|-------|-------|------|--------------|-------------|---------|
|  | Cimento | Areia | Brita | A/C  | Sílica Ativa | Aditivo (g) | Granito |
| Ref.                                     | 2,00    | 4,00  | 7,30  | 0,35 | 0,15         | 0,20        | 0,00    |
| Amostra 1                                | 2,00    | 3,60  | 7,30  | 0,35 | 0,15         | 0,20        | 0,40    |
| Amostra 2                                | 2,00    | 3,20  | 7,30  | 0,35 | 0,15         | 0,20        | 0,80    |
| Amostra 3                                | 2,00    | 2,80  | 7,30  | 0,35 | 0,15         | 0,20        | 1,20    |

Fonte: O autor (2025).

### 3.1 Caracterização dos materiais utilizados

Foi coletado uma amostra do material utilizado com aproximadamente 2,5kg em uma marmoraria localizada no município de Campanha – MG, apresentando-se inicialmente na forma de lama residual proveniente do processo de beneficiamento de rochas ornamentais. Posteriormente, o resíduo foi submetido a um processo de secagem em estufa, mantida a uma temperatura controlada de  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , até apresentar massa constante. Todo o procedimento foi realizado no Laboratório de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas (UNIS), assegurando condições padronizadas e controle adequado durante a preparação do material.

Após a completa secagem do material em estufa, foi iniciado o processo de destorroamento, etapa necessária para posterior avaliação, pesagem e dosagem do resíduo. O material foi peneirado na malha de  $75\text{ }\mu\text{m}$ , com o objetivo de reter possíveis impurezas ou partículas contaminantes presentes na amostra. Durante o procedimento, não foram observados materiais contaminantes, tampouco partículas com granulometria superior à da peneira utilizada.

O cimento utilizado para a moldagem dos corpos de prova destinados aos ensaios de resistência à tração axial foi do tipo CP V-ARI (Cimento Portland de Alta Resistência Inicial), fornecido pela instituição de ensino UNIS. Para a realização dos ensaios de avaliação do comportamento pozolânico do material, empregou-se o cimento CP II-F (Cimento Portland Composto com Filler Calcário), adquirido em uma distribuidora localizada no município de Campanha – MG.

O agregado miúdo, classificado como areia média, e o agregado graúdo utilizados na moldagem dos corpos de prova foram fornecidos pela instituição de ensino UNIS, atendendo aos requisitos de qualidade e padronização exigidos para os ensaios laboratoriais. Ambos foram peneirados e classificados segundo sua granulometria, conforme a ABNT NBR 7211:2022 e a ABNT NBR 17054:2022, permitindo a separação das partículas em diferentes frações e a construção das curvas granulométricas correspondentes. Esse procedimento possibilitou avaliar a distribuição dos tamanhos das partículas e otimizar a compacidade das misturas, assegurando maior precisão e representatividade nos resultados experimentais.

Além da análise granulométrica, foram realizados ensaios para determinação das principais propriedades físicas dos agregados, essenciais à produção do concreto de alto desempenho (CAD). A massa específica e a massa unitária foram determinadas conforme a ABNT NBR 16916:2021, enquanto o teor de material pulverulento foi avaliado segundo a NM 44:1995. A execução desses ensaios garantiu a caracterização completa dos agregados, assegurando a qualidade dos materiais e a confiabilidade das misturas de concreto utilizadas nos ensaios de resistência à tração axial.

A amostra de adição (sílica ativa), bem como o aditivo plastificante de terceira geração à base de policarboxilatos, foram fornecidos pela empresa CONPREM – Concreto Pré-Moldado, unidade de Campanha – MG, por meio de doação. Ressalta-se que a empresa já utiliza esses materiais na produção de seus concretos, o que assegura a eficácia e a aplicabilidade prática dos aditivos. No presente estudo, esses produtos foram empregados na formulação do concreto de alto desempenho (CAD), com o objetivo de otimizar as propriedades reológicas e mecânicas da mistura, garantindo maior trabalhabilidade, densidade, compacidade e resistência mecânica do concreto produzido.

### **3.1.2 Classificação pozolânica**

A determinação da atividade pozolânica do pó de granito, proveniente do beneficiamento de rochas ornamentais, foi realizada por meio do método físico conforme os procedimentos da ABNT NBR 5752:2014. Foram moldados seis corpos de prova cilíndricos, com 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura, sendo três da amostra A, composta por 100% de cimento CP II-F 32, areia normal e água, e três da amostra B, com substituição de 25% do volume de cimento por pó de granito, sem adição de plastificantes. Segundo a norma, a comprovação da atividade pozolânica ocorre quando as amostras com substituição atingem no mínimo 75% da resistência à compressão da amostra de referência após 28 dias de cura. As argamassas foram preparadas em misturador mecânico, garantindo homogeneidade e distribuição uniforme das partículas. Após o processo de moldagem, os corpos de prova foram mantidos em repouso por 24 horas, desmoldados e submetidos à cura úmida até a realização dos ensaios de resistência.

A areia utilizada foi fornecida pela instituição de ensino UNIS, devidamente armazenada para preservação de suas propriedades físicas até o uso. A argamassa foi homogeneizada com o cimento, a água e o pó de granito, assegurando a uniformidade da mistura e a confiabilidade dos resultados. Após o período de cura, os corpos de prova

foram ensaiados à compressão axial, e os resultados obtidos permitiram avaliar a influência da adição de pó de granito no desenvolvimento da resistência mecânica, verificando sua contribuição potencial como material pozolânico e seu efeito no desempenho das argamassas analisadas.

### **3.1.3 Dosagem dos Traços de Concreto**

Foram moldados quatro traços de concreto, sendo um traço de referência composto por 100% de areia natural e três com substituições parciais por pó de granito, nas proporções de 10%, 20% e 30%. As dosagens foram realizadas pelo método empírico e ajustadas para possibilitar a comparação entre os traços, identificando o teor de substituição que proporcionasse melhor equilíbrio entre trabalhabilidade, compacidade e resistência. As misturas foram preparadas em betoneira no Laboratório de Materiais do UNIS, adotando-se relações água/cimento de 0,45; 0,50; 0,55 e 0,60, respectivamente, de forma a manter o abatimento do concreto dentro do intervalo de  $70 \pm 10$  mm, conforme a ABNT NBR 16889:2020. Após a moldagem, os corpos de prova permaneceram 24 horas em repouso em condições controladas e, posteriormente, foram submetidos à cura úmida em câmara saturada com cal até o momento dos ensaios, garantindo o desenvolvimento adequado da resistência mecânica.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os ensaios de resistência à compressão axial foram realizados após 7 e 28 dias de cura, seguindo os procedimentos da ABNT NBR 5739:2018. Essa etapa teve como objetivo avaliar o desempenho mecânico dos concretos e a influência da substituição parcial da areia natural pelo pó de granito no comportamento estrutural do material. A execução dos testes em diferentes idades permitiu analisar a evolução da resistência ao longo do tempo, assegurando a confiabilidade dos resultados obtidos. As análises comparativas entre os traços possibilitaram compreender o efeito das variações de composição sobre as propriedades do concreto, com ênfase na resistência à compressão e na eficiência das adições propostas.

A análise dos dados teve como objetivo avaliar a influência das substituições parciais de areia natural por pó de granito nas propriedades mecânicas do concreto. Os resultados obtidos foram organizados em tabelas e gráficos, permitindo uma comparação

direta entre o traço de referência e os traços com 10%, 20% e 30% de substituição. Os ensaios de resistência à compressão axial foram conduzidos conforme a ABNT NBR 5739:2018, aplicando-se carga axial crescente até a ruptura dos corpos de prova em prensa hidráulica calibrada. As cargas máximas registradas, expressas em toneladas-força (tf), serviram de base para o cálculo da resistência característica à compressão ( $f_{ck}$ ) em megapascal (MPa), conforme a expressão:

Cálculo da resistência a compressão conforme ABNT 5939:2018:

$$f_c = \frac{4F}{\pi * D^2}$$

$f_c$  é a resistência à compressão, expressa em megapascal (Mpa);

$F$  é a força máxima alcançada, expressa em newtons (N);

$D$  é o diâmetro do corpo de prova, expresso em milímetros (mm).

#### 4.1 Resultados dos ensaios a compressão

A tabela 2 a seguir apresenta os resultados obtidos experimentalmente, permitindo observar as variações de desempenho entre o traço de referência e os traços modificados com diferentes teores de substituição. A análise comparativa desses dados possibilita compreender de que forma a adição do resíduo influenciou a resistência mecânica e a eficiência estrutural do concreto produzido.

Tabela 2 - Comparativo das resistências

| <b>Resistencia a compressão 7 dias (MPa)</b> |              |              |              |              |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Percentual de substituição</b>            | <b>0%</b>    | <b>10%</b>   | <b>20%</b>   | <b>30%</b>   |
| <b>Amostra 1</b>                             | <b>27,90</b> | <b>27,25</b> | <b>39,94</b> | <b>42,56</b> |
| <b>Amostra 2</b>                             | <b>29,17</b> | <b>27,09</b> | <b>39,78</b> | <b>43,86</b> |

Fonte: O autor (2025).

Durante os ensaios, foram também identificados os tipos de ruptura conforme o Anexo A da ABNT NBR 5739:2018. Observou-se predominância do tipo E — ruptura cisalhada, caracterizada por planos inclinados de fratura — nas amostras com 7 dias de

cura, indicando boa aderência interna e distribuição uniforme de tensões. Para a amostra 1, registraram-se rupturas do tipo G (0%), E (10% e 20%) e E novamente (30%). Já na amostra 2, verificaram-se rupturas do tipo E (0%), F (10%), E (20%) e F (30%). Esses resultados demonstram variações no comportamento das misturas conforme o teor de substituição, permitindo compreender de que forma o pó de granito influenciou o desempenho mecânico e a eficiência estrutural do concreto.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente trabalho avaliou a viabilidade técnica e ambiental do uso do pó de granito como substituto parcial da areia natural na produção de concreto de alto desempenho (CAD) destinado à indústria de pré-moldados, além de investigar sua possível atividade pozzolânica. Os ensaios laboratoriais, realizados no Centro Universitário do Sul de Minas (UNIS), incluíram a caracterização dos materiais, a preparação dos traços e a análise do comportamento mecânico do concreto com diferentes teores de substituição. Os resultados demonstraram que o pó de granito apresenta características adequadas para uso em concretos estruturais, atuando como material de enchimento e melhorando a compacidade e a resistência.

Nos ensaios de compressão aos 7 dias, o traço com 10% de substituição apresentou desempenho semelhante ao de referência, enquanto os traços com 20% e 30% obtiveram maiores resistências, evidenciando a contribuição positiva do resíduo. Além dos benefícios técnicos, o estudo destaca o potencial sustentável do pó de granito, por promover o reaproveitamento de resíduos e reduzir a exploração de recursos naturais. Recomenda-se, para pesquisas futuras, a ampliação do estudo com novos teores de adição, análises de durabilidade e desempenho em escala real, além da investigação microestrutural e da viabilidade econômica, visando consolidar o uso do pó de granito como alternativa técnica, ambiental e financeiramente viável na construção civil.

## **ABSTRACT**

This study addresses the use of granite powder as a partial replacement for natural sand in the production of high-performance concrete (HPC) intended for the precast industry. The research is part of the ongoing pursuit of sustainable alternatives in civil construction, given that the processing of ornamental stones generates large volumes of

fine residues, whose improper disposal causes significant environmental impacts. Thus, incorporating this waste into concrete emerges as a viable solution for material reuse and the preservation of natural resources. The main objective is to evaluate the technical feasibility of partially replacing natural sand with granite powder, analyzing its effects on the physical and mechanical properties of concrete. The experimental methodology was developed at the Civil Engineering Laboratory of Centro Universitário do Sul de Minas (UNIS), where cylindrical specimens were molded and subjected to axial compression strength tests at 7 and 28 days of curing, following ABNT standards. Additional tests were conducted for material characterization and to determine the pozzolanic activity of the granite powder, in accordance with ABNT NBR 5752:2014. The results indicated that granite powder exhibits suitable characteristics for its use as a partial replacement for fine aggregate, with intermediate replacement levels showing good compactness and satisfactory strength. Therefore, the study confirms the potential of granite powder as a sustainable alternative for producing high-performance concrete.

Keywords: High-performance concrete, Granite powder, Sustainability, Precast, Mechanical strength.

## **REFERÊNCIAS**

ALVES, Moisés Silva. **Estudo das características e da viabilidade do uso de resíduos gerados no polimento de rochas graníticas como adição em concretos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

ASSOCIAÇÃO MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO. **NM 44:1995 — Agregados — Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis.** MERCOSUR, 1996. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738:2015 – Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739:2015 – Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5752:2014 – Materiais pozolânicos - Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias.** Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211:2022 – Agregados para concreto - Requisitos.** Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7214:2015 – Areia normal para ensaio de cimento - Especificação.** Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215:2025 – Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7218:2025 – Agregados - Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis.** Rio de Janeiro, 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062:2017 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado.** Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11579:2012 – Cimento Portland - Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº 200).** Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11582:2016 – Cimento Portland - Determinação da expansibilidade Le Chatelier.** Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11709:2015 – Dormente de concreto - Projeto, materiais e componentes.** Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768:2019 – Aditivos químicos para concreto de cimento Portland Parte 1 Requisitos.** Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12653:2014 – Materiais pozolânicos – Requisitos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16607:2018 – Cimento Portland - Determinação dos tempos de pega.** Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697:2018 – Cimento Portland - Requisitos.** Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16889:2020 – Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16916:2021 – Agregado miúdo - Determinação da densidade e da absorção de água.** Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16917:2021 – Agregado graúdo - Determinação da densidade e da absorção de água.** Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16973:2021 – Agregados - Determinação do material fino que passa pela peneira de 75 µm por lavagem.** Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17054:2021 – Agregados - Determinação da composição granulométrica - Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 2021.

CARDOSO, Danilo Mendes. **Análise da influência da utilização do pó de granito nas propriedades do concreto autoadensável.** Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA), Palmas, 2019.

GONÇALVES, Admilson Ferreira. **Estudo do comportamento mecânico de dormentes de concreto protendido.** Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2000.

LIMA, Eros Henrique de Souza. **Patologias em dormentes de concreto protendido: estudo de caso de uma ferrovia brasileira.** UFPE, 2022.

MEHTA, P. Kumar.; MONTEIRO, Paulo. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 2. ed. São Paulo, 2014.

NABAIS, Rui José da Silva. **Manual Básico de Engenharia Ferroviária**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

OLIVEIRA, R. P. de. Elementos Pré-Moldados: Fabricação e Aplicação de Blocos de concreto Pré-Moldados em Alvenaria Estrutural. **ETIS - Journal of Engineering, Technology, Innovation and Sustainability**, v. 4, n. 1, p. 5-39, 2022. Disponível em: <https://revistas.unievangelica.edu.br/index.php/etis/article/view/3438>. Acesso em: 30 ago.2025.

PR GRUPO PARANÁ. **Existem granitos e mármore brasileiros? Conheça jazidas do país**. 3 mai. 2021. Disponível em: <https://prgrupoparana.com/existem-granitos-e-marmores-brasileiros-conheca-jazidas-do-pais/>. Acesso em: 23/08/2025.

RECENA, Fernando Antônio Piazza. **Dosagem e controle da qualidade de concretos convencionais de cimento portland**. 4. ed. Porto Alegre, RS: ediPUCRS, 2017. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 06 out 2025.

SALE Prefabricados. **Estrutura multipavimento**. 2025. Disponível em: <https://www.salemaprefabricados.com.br/estrutura-multipavimento>. Acesso em: 30 set. 2025.

SILVA, Celiane Mendes *et al.* **Concreto de alto desempenho: composição, produção e propriedades**. Ponta Grossa, Atena Editora, 2022. 55 p.

SILVA, Nathalia Luisa França; FERREIRA, Luis Felipe; CRIST, Eduardo Felipe; CAETANO, João Vitor; PROENÇA, Melissa Pastorini. **Sistemas construtivos: pré-moldados e modulares**. Iguazu Science, São Miguel do Iguazu, v. 2, n. 6, p. 57-63, dez. 2024. Disponível em: <https://iguazu.uniguacu.com.br/index.php/iguazu/article/view/139/116> Acesso em: 29 set. 2025.

TEIXEIRA, Nuno Miguel Guedes. **Sistemas de Transporte Ferroviário: Evolução e Perspetivas de Desenvolvimento**. Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2016.