

REVISTA

# DESAFIOS

ISSN: 2359-3652

V.12, n.1, ABRIL/2025 – DOI: [http://dx.doi.org/10.20873/pibc\\_2024\\_21081](http://dx.doi.org/10.20873/pibc_2024_21081)

**AVALIAÇÃO DA MELHOR DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHOS DE AGLOMERADOS DE VIDRO MOÍDO NA SUBSTITUIÇÃO DE AREIA NA FABRICAÇÃO DE CONCRETO.**

EVALUATION OF THE BEST SIZE DISTRIBUTION OF GROUND GLASS AGGLOMERATES IN THE REPLACEMENT OF SAND IN THE MANUFACTURE OF CONCRETE.

EVALUACIÓN DE LA MEJOR DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE AGLOMERADOS DE VIDRIO MOLIDO EN LA SUSTITUCIÓN DE ARENA EN LA FABRICACIÓN DE HORMIGÓN.

---

### Iasmim Evangelista da Silva)

Graduando em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia. Universidade Federal do Tocantins-(UFT). E-mail: [iasmim.evangelista@mail.uft.edu.br](mailto:iasmim.evangelista@mail.uft.edu.br) | Orcid.org/0009-0006-3600-4072

### Liriel de Sousa

Graduando em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia. Universidade Federal do Tocantins-(UFT). E-mail: [liriel.sousa@mail.uft.edu.br](mailto:liriel.sousa@mail.uft.edu.br) | Orcid.org/0009-0001-5892-2791

### Juliana Cristina Holzbach

Professora do Curso de Licenciatura em Química EaD. Universidade Federal do Tocantins (UFT). E-mail: [juholzbach@uft.edu.br](mailto:juholzbach@uft.edu.br) | Orcid.org/0000-0003-2489-9359

### Maike de Oliveira Krauser

Professor do Curso de Química Ambiental. Universidade Federal do Tocantins (UFT). E-mail: [maike\\_krauser@mail.uft.edu.br](mailto:maike_krauser@mail.uft.edu.br) | Orcid.org/0000-0001-8102-8248

---

## ABSTRACT:

This study evaluates the use of ground glass as a partial substitute for sand in the production of non-structural concrete. Faced with the environmental challenges generated by civil construction, such as the extraction of natural resources and the inadequate disposal of vitreous waste, the research proposes a sustainable approach to the manufacture of concrete. Laboratory tests were carried out, varying the levels of replacement of sand by glass, with different granulometries, to analyze the mechanical and physical properties and durability of the concrete. The results showed that the granulometry of the glass influences the absorption of water by capillarity and the compressive strength. The smaller particle sizes, combined with gravel, showed greater efficiency in reducing water absorption, while the larger particle sizes showed better performance in terms of compressive strength. It is concluded that the partial replacement of sand by ground glass is a viable alternative, contributing to the mitigation of environmental impacts associated with improper glass disposal and sand extraction.

---

**KEY WORDS:** Vitreous waste; concrete; recycling.

---

---

## **RESUMO:**

*Este estudo avalia a utilização de vidro moído como substituto parcial da areia na produção de concreto não estrutural. Diante dos desafios ambientais gerados pela construção civil, como a extração de recursos naturais e o descarte inadequado de resíduos vítreos, a pesquisa propõe uma abordagem sustentável para a fabricação de concreto. Ensaios laboratoriais foram realizados, variando os níveis de substituição de areia por vidro, com diferentes granulometrias, para analisar as propriedades mecânicas, físicas e durabilidade do concreto. Os resultados mostraram que a granulometria do vidro influencia na absorção de água por capilaridade e na resistência à compressão. As granulometrias menores, combinadas com brita, demonstraram maior eficiência na redução da absorção de água, enquanto as granulometrias maiores apresentaram melhor desempenho em termos de resistência à compressão. Conclui-se que a substituição parcial da areia por vidro moído é uma alternativa viável, contribuindo para a mitigação dos impactos ambientais associados ao descarte inadequado de vidro e à extração de areia.*

**Palavras chaves:** Resíduos vítreos; concreto; reciclagem.

---

## **RESUMEN:**

*Este estudio evalúa el uso de vidrio esmerilado como sustituto parcial de la arena en la producción de hormigón no estructural. Frente a los desafíos ambientales generados por la construcción civil, como la extracción de recursos naturales y la disposición inadecuada de los residuos vítreos, la investigación propone un enfoque sostenible para la fabricación de hormigón. Se realizaron ensayos de laboratorio, variando los niveles de sustitución de arena por vidrio, con diferentes granulometrías, para analizar las propiedades mecánicas, físicas y de durabilidad del hormigón. Los resultados mostraron que la granulometría del vidrio influye en la absorción de agua por capilaridad y en la resistencia a la compresión. Los tamaños de partícula más pequeños, combinados con grava, mostraron una mayor eficiencia en la reducción de la absorción de agua, mientras que los tamaños de partícula más grandes mostraron un mejor rendimiento en términos de resistencia a la compresión. Se concluye que la sustitución parcial de arena por vidrio molido es una alternativa viable, contribuyendo a la mitigación de los impactos ambientales asociados a la disposición inadecuada del vidrio y la extracción de arena.*

**Palabras clave:** Residuos vítreos, hormigón, reciclaje.

---

## INTRODUÇÃO

A cada ano, a população continua a crescer, junto com esse crescimento, o setor da construção civil se expande. Essa atividade desempenha um papel significativo no desenvolvimento do país, porém, exerce uma grande influência na geração de impactos ambientais. Isso se deve à considerável extração de recursos naturais e à produção de resíduos sólidos, tanto em quantidade como em diversidade, principalmente nos grandes centros urbanos (VALDEVIESO; YAMAGUCHI, 2012).

O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil devido às suas propriedades mecânicas, durabilidade e disponibilidade de matéria-prima. É um dos materiais mais consumidos do mundo e tem relação direta com grandes problemas ambientais, incluindo o processo de obtenção de agregados (Correia et al, 2018).

O concreto deve apresentar propriedades adequadas para resistir aos diversos tipos de esforços aos quais as estruturas estão sujeitas. Neste sentido, torna-se essencial buscar alternativas mais sustentáveis para a produção deste material, sem comprometer suas características fundamentais e reduzindo os impactos ambientais. Uma possibilidade viável é a substituição parcial ou total do agregado miúdo por vidro moído, uma vez que o vidro já está sendo estudado para essa finalidade (Correia et al, 2018).

Segundo o Panorama Abravidro, a capacidade de produção de vidro no Brasil em 2023 foi de aproximadamente 7.530 toneladas por dia. Apesar de o vidro ter capacidade de ser reciclado infinitas vezes sem perder suas características, a taxa de reciclagem é de apenas 50% (ABRAVIDRO, 2023). Os resíduos vítreos não possuem uma destinação adequada, devido a alguns empecilhos como a logística de transporte, uma vez que, o volume ocupado por esse material acaba sendo elevado. Assim, os resíduos vítreos acabam indo para aterros sanitários, lixões ou até mesmo para terrenos baldios onde ocupam um volume de espaço abundante e, de acordo com sua caracterização, são materiais não biodegradáveis, o que faz necessário um longo período de tempo para que seja degradado, acarretando em um problema ambiental devido ao seu espaço ocupado fazendo necessária a criação de novos aterros (ABRELPE, 2021).

Com o aumento desse tipo de resíduo destinado principalmente a aterros e lixões, faz-se necessário um estudo para uma solução sustentável, de maneira que seja feito um melhor aproveitamento desse material para que ocorra um aumento no seu valor agregado, o que implica em um aumento da coleta e um destino final adequado. Portanto, este trabalho visa a utilização desse material na indústria civil, na produção de um concreto não estrutural onde será realizada a substituição de aglomerantes como a areia, a fim de aumentar a sua durabilidade e resistência do material produzido, diminuindo assim a utilização

desse aglomerante, que no seu processo de extração acaba ocasionando problemas ambientais como a remoção da cobertura vegetal, enfraquecendo a estabilidade do solo e acarretando a produção de sedimentos impulsionados pela erosão laminar e assim impermeabilizando e reduzindo a fertilidade do solo. Dessa forma suprindo dois problemas ambientais, o descarte inadequado do vidro e o assoreamento causados pela retirada de areia de rios. Serão realizados ensaios laboratoriais para avaliar as propriedades mecânicas, físicas e durabilidade do concreto, variando os níveis de substituição de areia por vidro e suas respectivas granulometrias, em conformidade com os padrões de durabilidade exigidos pelas normas regulamentadoras.

## METODOLOGIA

### Pesquisa bibliográfica

Para o início da pesquisa, foi realizada uma revisão da literatura, analisando artigos científicos, livros e normas brasileiras para aprofundar o conhecimento sobre concreto não estrutural e identificar metodologias e características principais para a confecção dos corpos de prova. Esse processo permitiu determinar a composição da mistura, a proporção dos materiais e as análises a serem realizadas.

### Materiais

Os materiais utilizados na dosagem do compósito foram os seguintes: Cimento Portland CP II-F-32, areia natural quartzosa, vidro triturado provenientes de resíduos residências, água e brita 0. Será apresentado com detalhes as propriedades de cada um dos constituintes.

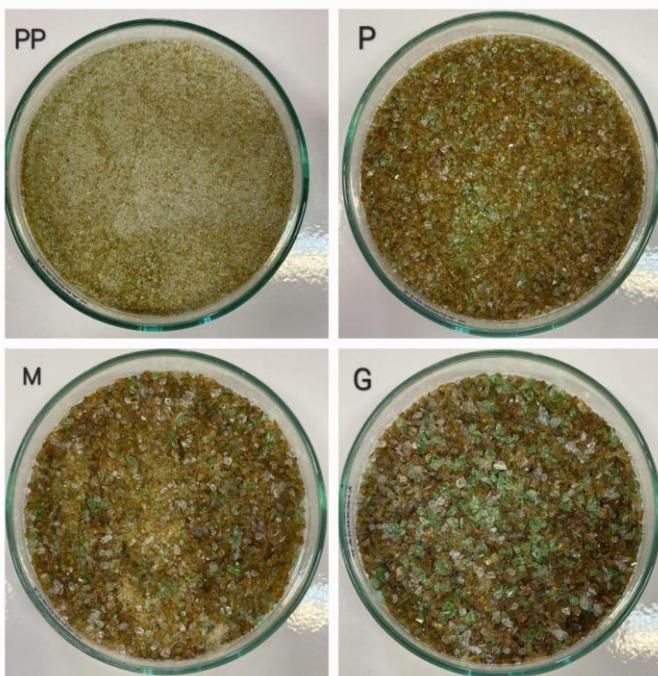
O vidro foi obtido a partir do descarte inadequado de garrafas de bebidas, encontradas em terrenos baldios da cidade de Gurupi-TO, sendo elas embalagens não retornáveis. O vidro foi separado dos outros materiais presentes nas embalagens, como plásticos e papéis, em seguida, as garrafas foram submetidas a uma limpeza para remover resíduos líquidos e rótulos de identificação. Posteriormente as garrafas foram armazenadas para secagem em temperatura ambiente. Após isso, as garrafas foram moídas utilizando uma trituradora de martelos rotativos, marca MoiVidros demonstrada na Figura 1, resultando em quatro granulometrias diferentes, denominadas como, PP, P, M e G como mostrado na Figura 2. O vidro foi armazenado em baldes em um ambiente seco.

**Figura 1 – Trituradora MoiVidros.**



Fonte: Autoral 2024

**Figura 2 – Vidro moído com suas respectivas granulometrias.**



Fonte: Autoral 2024

A areia natural, caracterizada como quartzosa. Foi originada de uma loja de materiais para construção no comércio de Gurupi-TO. Sendo que a mesma apresentava um elevado teor de umidade, e foi reservada em um local seco e protegido.

O cimento foi adquirido em uma loja de materiais para construção no comércio de Gurupi-TO, sendo do tipo Portland, especificamente referido como CP II-F-32. De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), ele é caracterizado como um cimento para Aplicações gerais, tais como concreto simples, armado, concreto de massas, pré-moldados, argamassas, entre outros.

A água utilizada foi proveniente do sistema de tratamento da Universidade Federal do Tocantins (UFT), a qual atende aos padrões estabelecidos para a produção de concreto, sendo classificada como água potável.

A brita 0 utilizada foi adquirida por intermédio dos servidores da Universidade Federal do Tocantins (UFT). Este material foi selecionado e fornecido pela instituição, garantindo assim a procedência e a qualidade necessária para a realização dos testes.

### **Métodos de dosagem**

A formulação do concreto é a etapa crucial no processo de fabricação, pois determina a quantidade precisa de cada material a ser utilizado. Geralmente, cada tipo de concreto tem uma proporção específica já estabelecida, devido à diversidade dos materiais e à complexidade de seu comportamento. As características individuais de cada material, como a capacidade da areia reter alta umidade, influenciam diretamente nessa formulação. Esse processo é conhecido como “traço”, cuja unidade de medida pode ser o peso ou volume, levando em conta as propriedades no estado fresco da mistura endurecida. O objetivo é obter uma massa fácil de manipular, resistente e de baixo custo. Portanto, a formulação do “traço” deve seguir as metodologias estabelecidas nas práticas e estar em conformidade com as normas técnicas vigentes (COSTA, 2005).

Neste trabalho utilizou-se a classificação de volume referido ao litro de cimento, medindo todos os materiais em relação ao volume, pois essa classificação é a mais usual na prática. O concreto a ser desenvolvido é o concreto não estrutural utilizado em etapas das obras que não possui função estrutural, neste tipo de concreto o traço utilizado é de 2:3:3, que consiste em 2 (duas) partes de cimento para 3 (três) partes de areia e 3 (três) partes de brita para os corpos de prova com brita. Já para os corpos de prova sem brita o traço utilizado é de 2:3, que consiste em 2 (duas) partes de cimento para 3(três) partes de areia.

## Corpos de prova

Os moldes dos corpos de prova foram adquiridos online, em uma loja virtual, da marca Aditec. São moldes cilíndricos compostos por duas partes idênticas, fornecidos com 6 travas de polímeros e uma alça de acordo com a Figura 3. As dimensões dos moldes são de 50mm de diâmetro e 150mm de altura, em conformidade com as normas técnicas da ABNT NBR 5738. Para evitar que o concreto grudasse nos moldes e corresse o risco de romper durante a remoção, foi aplicado óleo de soja em toda superfície do molde.

**Figura 3 – Moldes utilizados para os corpos de prova.**



Fonte: Autoral 2024

## Preparo do concreto

Para o preparo do concreto, foi utilizado um dosador volumétrico, para medir os volumes necessários de cimento, areia, vidro, água e brita. Foi produzido concreto para cada uma das quatro granulometrias PP, P, M e G. Além disso, foi elaborado concreto sem adição do vidro e com a combinação de todas as granulometrias. Também foi produzido concreto com a adição de brita. A mistura foi feita manualmente em um recipiente de 25 litros, garantindo uma homogeneidade adequada e uma consistência satisfatória, sendo que o volume de água foi ajustado conforme o necessário. O concreto foi então despejado nos moldes em camadas, agitando-os para remover o ar do interior, a fim de evitar a formação de grandes poros. Após o enchimento dos moldes até determinada altura, eles foram acomodados em uma caixa multiuso e armazenadas dentro do laboratório para secagem. Com aproximadamente 7 dias, os corpos de prova foram desinformados, identificados e guardados em temperatura ambiente. Para

cada granulometria, mistura de todas as granulometrias, sem adição do vidro e para os moldes com adição de brita, foram feitos 3 moldes, totalizando 36 moldes de concreto.

### **Caracterização dos corpos de prova**

Antes da realização dos ensaios, após o período de cura estipulado, foram efetuadas a pesagem e a medição dos corpos de prova. Essas etapas preliminares são fundamentais para a determinação precisa da resistência à compressão axial e da absorção de água por capilaridade. A pesagem permite verificar a massa dos corpos de prova, enquanto a medição garante a exatidão das dimensões, ambas essenciais para os cálculos subsequentes.

### **Ensaios**

Na realização dos ensaios físico-químicos, foram utilizados 3 (três) corpos de provas para cada análise, sendo que os resultados obtidos foram tratados mediante o cálculo da média aritmética. Para a determinação da absorção de água e da resistência do concreto endurecido, foram empregados corpos de prova com dimensões de 5 cm de diâmetro e 15 cm de altura. Os ensaios seguiram rigorosamente os procedimentos estabelecidos pelas normas ABNT NBR 9779 – Absorção de Água por Capilaridade e ABNT NBR 5739 – Compressão Axial.

### **Absorção de água por capilaridade**

O ensaio foi realizado de acordo com a norma ABNT NBR 9779, utilizando os seguintes equipamentos: recipiente, suportes, régua e uma balança. Os corpos de prova, preparados conforme as normas e com o tempo de cura determinado, estavam isentos de óleos ou outros materiais que poderiam ter aderido durante a moldagem.

Para determinar a massa dos corpos de prova, eles foram pesados ao ar em temperatura ambiente. Em seguida, a altura de 5 cm foi marcada na base de cada corpo de prova com um pincel. Isso assegura que, quando os corpos de prova fossem colocados sobre os suportes, o nível de água se mantivesse constante nessa altura durante todo o período de ensaio.

A massa dos corpos de prova foi medida durante o ensaio nos intervalos de 3h, 6h, 24h, 48h e 72h. As pesagens foram realizadas utilizando uma balança, e os corpos de prova foram brevemente enxugados com um pano úmido antes de cada pesagem.

Para determinar a absorção de água por capilaridade utilizou-se a seguinte fórmula:

$$A_t = \frac{(m_t - m_0)}{A} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

$A_t$  = Absorção de água por capilaridade no tempo 72h (g/cm<sup>2</sup>)

$m_t$  = Massa do corpo de prova no tempo 72h (g)

$m_0$  = Massa inicial do corpo de prova (g)

$A$  = Área da superfície de absorção (cm<sup>2</sup>)

### Ensaio de compressão de corpo de prova cilíndricos

O ensaio foi realizado de acordo com a norma da ABNT NBR 5739 para o ensaio de compressão axial, aplicável a corpos de provas cilíndricos. O equipamento utilizado foi uma prensa hidráulica de 100 toneladas da marca Concreto Engenharia, com cursor hidráulico de 180mm. Após a medição da quantidade de massa necessária para realizar a ruptura do corpo de prova, foi calculada a força de ruptura em Mpa.

A fórmula utilizada para calcular a força de ruptura ( $\sigma$ ) é:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde:

$\sigma$  = Resistência à compressão (MPa)

$F$  = Força aplicada no momento da ruptura (N)

$A$  = Área de aplicação da carga (mm<sup>2</sup>)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Homogeneidade

A homogeneização do concreto é crucial para garantir que todos os componentes, como cimento, agregados, água e aditivos, sejam distribuídos uniformemente na mistura, isso assegura consistência nas propriedades do concreto, prevenindo a segregação dos materiais e garantindo sua resistência, durabilidade e desempenho. Com uma homogeneidade e uma consistência adequada foi possível obter os corpos de prova, demonstrado na Figura 4.

**Figura 4** – Corpos de prova com as granulometrias PP, P, M e G, combinação de todas as granulometrias e sem adição do vidro (SV).



Fonte: Autoral 2024

### Absorção de água por capilaridade

Os resultados de absorção de água por capilaridade foram obtidos conforme a norma NBR 9779, com pesagens realizados nos seguintes períodos: 3h, 6h, 24h, 48h e 72h. As massas dos corpos de prova cilíndricos com brita estão descritas na Tabela 1 e apresentadas no Gráfico 1, enquanto as massas dos corpos de prova cilíndricos sem brita estão descritas na Tabela 2 e apresentadas no Gráfico 2.

**Tabela 1** – Ensaio de absorção de água por capilaridade dos corpos de prova cilíndricos com brita.

| Granulometrias | Tempo |       |       |       |       |       |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                | 0h    | 3h    | 6h    | 24h   | 48h   | 72h   |
| Sem vidro (SV) | 3057g | 3059g | 3075g | 3093g | 3107g | 3119g |
| PP             | 3164g | 3173g | 3206g | 3206g | 3209g | 3218g |
| P              | 3322g | 3322g | 3333g | 3334g | 3348g | 3359g |
| M              | 3083g | 3130g | 3169g | 3172g | 3179g | 3187g |
| G              | 3148g | 3148g | 3167g | 3189g | 3195g | 3212g |
| Mistura (MS)   | 3143g | 3143g | 3150g | 3157g | 3162g | 3170g |

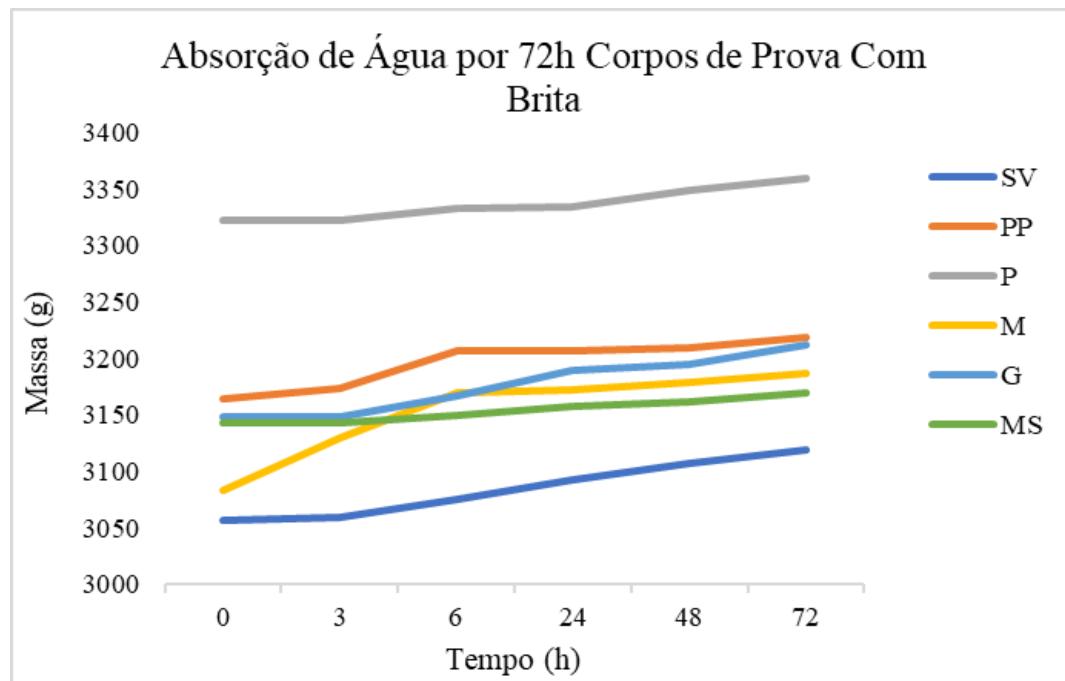
Fonte: Autoral 2024

**Tabela 2** - Ensaio de absorção de água por capilaridade dos corpos de prova cilíndricos sem brita.

| Granulometrias | Tempo |       |       |       |       |       |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                | 0h    | 3h    | 6h    | 24h   | 48h   | 72h   |
| Sem vidro (SV) | 2497g | 2505g | 2512g | 2519g | 2527g | 2535g |
| PP             | 2386g | 2392g | 2396g | 2401g | 2412g | 2420g |
| P              | 2514g | 2524g | 2548g | 2567g | 2592g | 2600g |
| M              | 2521g | 2549g | 2555g | 2581g | 2599g | 2610g |
| G              | 2747g | 2752g | 2784g | 2791g | 2799g | 2815g |
| Mistura (MS)   | 2586g | 2599g | 2607g | 2612g | 2200g | 2630g |

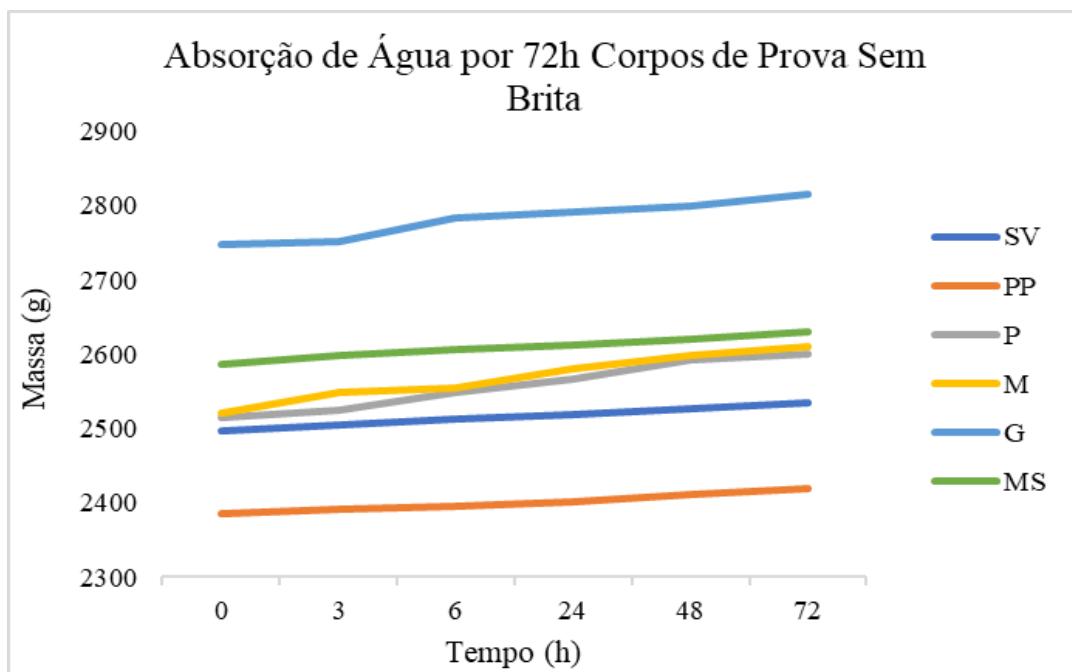
Fonte: Autoral 2024

**Gráfico 1** - Resultado ensaio de absorção de água por 72h corpos de prova cilíndricos com brita.



Fonte: Autoral 2024

**Gráfico 2** - Resultado ensaio de absorção de água por 72h corpos de prova cilíndricos sem brita.



Fonte: Autoral 2024

A partir dos dados obtidos, foram realizados os cálculos para determinar a absorção de água por capilaridade, utilizando a equação 1.

Utilizando os valores das Tabelas 1 e 2, calculamos os seguintes valores de absorção de água, apresentados na Tabela 3 para os corpos de provas cilíndricos com brita e para os corpos de prova cilíndricos sem brita.

**Tabela 3** – Ensaio de absorção de água por capilaridade dos corpos de prova cilíndricos com brita e sem brita.

| Granulometrias | Absorção (g/cm <sup>2</sup> ) |           |
|----------------|-------------------------------|-----------|
|                | Com brita                     | Sem brita |
| Sem vidro (SV) | 3,16                          | 1,94      |
| PP             | 2,75                          | 1,73      |
| P              | 1,88                          | 4,38      |
| M              | 5,3                           | 4,53      |
| G              | 3,26                          | 3,46      |
| Mistura (MS)   | 1,38                          | 2,24      |

Fonte: Autoral 2024

As análises de absorção de água por capilaridade, verificou-se que as granulometrias M e G apresentaram as maiores taxas de absorção nos corpos de

prova com brita, indicando um aumento na absorção de água por capilaridade em concretos com maiores tamanhos de vidro. Para os corpos de prova sem brita, as granulometrias P e M demonstraram a maior absorção de água, sugerindo que a capilaridade aumenta com o uso de vidro de maiores granulometrias, sendo possível observar esse efeito logo nas granulometrias iniciais. Entretanto, a granulometria que mostrou maior eficiência na redução de absorção de água nos corpos de prova com brita foi a P, seguida pela Mistura (MS) de todas as granulometrias. Nos corpos de prova sem brita, a granulometria PP e a Mistura (MS) de todas as granulometrias apresentaram melhores resultados em comparação com a amostra de referência, sendo as mais eficazes, pois um menor coeficiente de absorção de água por capilaridade indica que o concreto está menos suscetível à ação de agentes externos. Embora a absorção capilar não seja considerada um parâmetro de qualidade dos concretos, esses resultados são relevantes.

Ao analisar a Tabela 3, observa-se que, quanto maior a granulometria, maior é o coeficiente de absorção de água. No entanto, nos corpos de prova com a granulometria PP, P e Mistura (MS) (para aqueles com brita) e nos corpos de prova com a granulometria PP, G e Mistura (MS) (para os sem brita), houve uma redução nessa absorção. Essa situação pode ser explicada pela heterogeneidade do sistema que contém granulometria de vidro maior. Quanto maior a homogeneidade do sistema, melhor é o preenchimento dos vazios existentes no concreto devido ao efeito de filer, o que altera a sua microestrutura. Dessa forma, o concreto apresenta poros de menor dimensão, o que impede a lixiviação da água no seu interior. A redução da porosidade resulta em uma menor absorção total de água por capilaridade, enquanto a diminuição do tamanho dos poros leva a uma redução da taxa de absorção (Kunrath, 2016).

Ainda assim, para confirmar esse comportamento do concreto em relação à absorção de água por capilaridade, é necessário realizar um estudo sobre as microestruturas formadas no compósito.

## Compressão axial

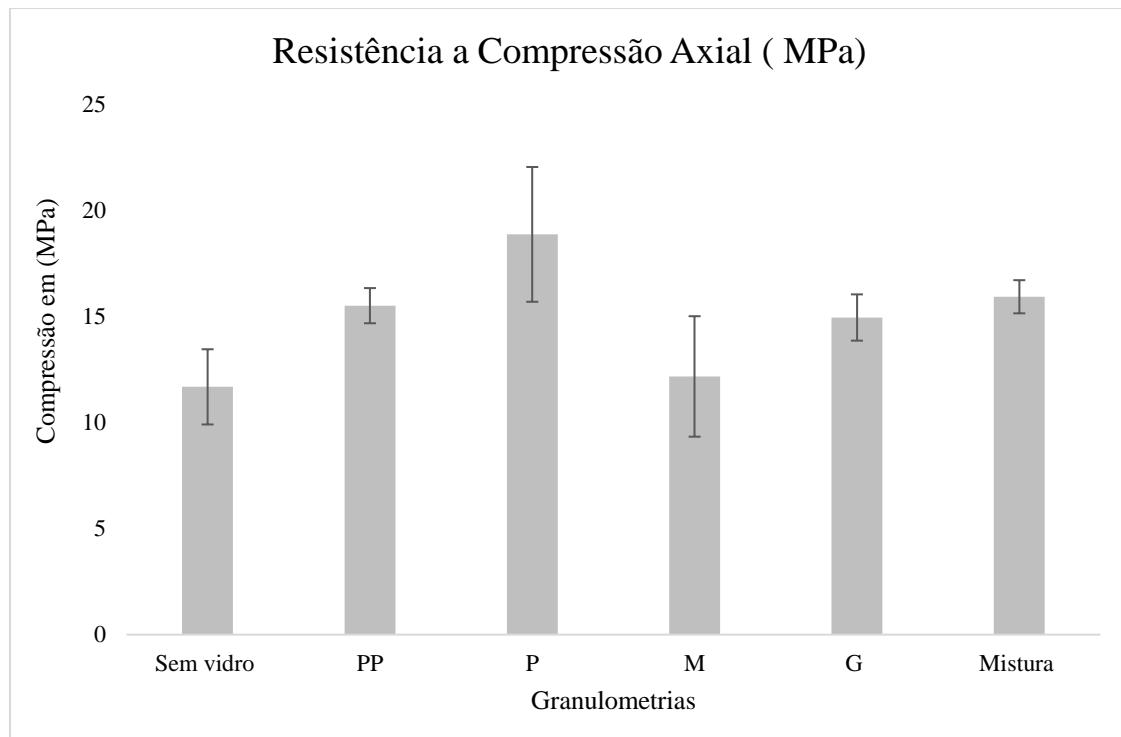
Os resultados de resistência à compressão axial dos corpos de prova com brita podem ser analisados na Tabela 4, enquanto os dos corpos de prova sem brita estão na Tabela 5. No Gráfico 3, observa-se o resultado referente aos corpos de prova com brita, e no Gráfico 4, o resultado dos corpos de prova sem brita.

**Tabela 4 – Resultados de resistência à compressão axial dos corpos de prova com brita.**

| Granulometrias | Resistência à compressão (MPa) |        |        |        |             |
|----------------|--------------------------------|--------|--------|--------|-------------|
|                | CP1                            | CP2    | CP3    | Média  | Des. Padrão |
| Sem vidro      | 10,109                         | 13,603 | 11,332 | 11,681 | 1,773       |
| PP             | 14,552                         | 15,999 | 15,974 | 15,508 | 0,828       |
| P              | 15,200                         | 20,729 | 20,679 | 18,869 | 3,179       |
| M              | 15,450                         | 10,458 | 10,608 | 12,172 | 2,840       |
| G              | 15,887                         | 13,753 | 15,213 | 14,951 | 1,091       |
| Mistura        | 16,611                         | 16,099 | 15,076 | 15,929 | 0,782       |

Fonte: Autoral 2024

**Gráfico 3 – Resistência à compressão (MPa).**



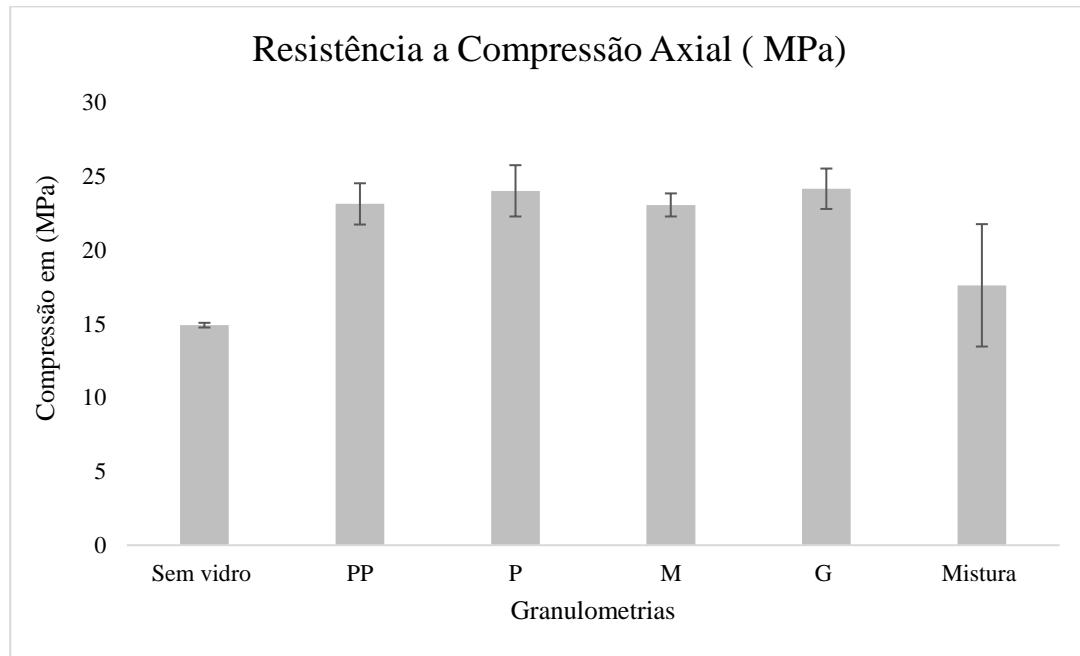
Fonte: Autoral 2024

**Tabela 5** – Resultado de resistência à compressão axial dos corpos de prova sem brita.

| Granulometrias | Resistência à compressão (MPa) |        |        |        |             |
|----------------|--------------------------------|--------|--------|--------|-------------|
|                | CP1                            | CP2    | CP3    | Média  | Des. Padrão |
| Sem vidro      | 15,101                         | 14,839 | 14,814 | 14,918 | 0,159       |
| PP             | 24,573                         | 21,778 | 23,063 | 23,138 | 1,399       |
| P              | 22,214                         | 24,174 | 25,684 | 24,024 | 1,740       |
| M              | 23,537                         | 22,164 | 23,500 | 23,067 | 0,782       |
| G              | 23,437                         | 23,313 | 25,746 | 24,165 | 1,370       |
| Mistura        | 19,893                         | 12,829 | 20,130 | 17,617 | 4,149       |

Fonte: Autoral 2024

**Gráfico 4** – Resistência à compressão (MPa).



Fonte: Autoral 2024

A análise do teste de compressão axial revelou que o corpo de prova da granulometria P, contendo brita, apresentou a maior resistência (MPa) em comparação com o corpo de prova de referência. Além disso, as outras granulometrias (PP, M, G) também mostraram uma resistência maior em relação ao corpo de prova de referência. O concreto com maior desvio padrão foi o da granulometria P, enquanto o concreto com menor desvio padrão foi o da Mistura (MS).

Para o teste de compressão axial dos corpos de prova sem brita, o concreto que obteve a maior resistência foi o da granulometria G, em comparação com o concreto de referência, as outras granulometrias também apresentaram maior resistência em relação ao corpo de prova de referência. O concreto com maior desvio padrão foi o da Mistura (MS), e com menor desvio padrão foi a granulometria M.

De acordo com Martins (2008), o aumento do tamanho das partículas de vidro resulta em uma redução na resistência à compressão do concreto, devido à diferença na força de ligação entre a massa e o agregado. Essa situação pode ser explicada pelo fato de que as forças de ligação entre as partículas de vidro e a massa são mais fracas em comparação com a ligação da massa com partículas de agregados naturais. Essas forças de ligação podem ser esclarecidas pela maior absorção de umidade que os agregados naturais possuem, enquanto o vidro, sendo um material mais inerte, apresenta menor absorção. Portanto, quanto maior a granulometria de vidro no concreto, mais fraca será a ligação entre o agregado e a massa.

No entanto, o presente trabalho mostrou que tanto os corpos de prova com brita quanto os sem brita obtiveram melhores resultados com as diferentes granulometrias em comparação com a amostra de referência. Isso pode ser explicado pela homogeneidade da massa do concreto, pois quando há uma homogeneidade adequada, a resistência à compressão tende a aumentar.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este trabalho desenvolveu um estudo sobre a substituição do agregado miúdo no concreto pelo uso de vidro moído em diferentes granulometrias, analisando suas propriedades físico-mecânicas. Os métodos adotados seguiram as normas da ABNT, garantindo resultados claros e objetivos em comparação com outros estudos. Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que:

- A absorção de água por capilaridade aumentou conforme o tamanho das partículas de vidro, tanto para os corpos de prova com brita quanto para

os sem brita. No entanto, a taxa de absorção foi significativamente menor nos corpos de prova que utilizaram partículas de vidro menores.

- A resistência à compressão axial apresentou melhores resultados na granulometria P para os corpos de prova contendo brita, e na granulometria G para corpos de prova sem brita. Em ambos os casos, os resultados foram superiores aos da amostra de referência.
- Analisando os resultados pode-se concluir que a substituição do agregado miúdo por vidro mostrou-se uma alternativa viável, independentemente da granulometria utilizada. Sendo necessário para as próximas pesquisas avaliar o efeito da homogeneidade da massa assim diminuindo os poros fazendo com que aumente a sua resistência.

### ***Agradecimentos***

Os autores agradecem o apoio financeiro recebido da Fundação de Amparo à Pesquisa do Tocantins (FAPT).

## *Referências Bibliográficas*

Associação Brasileira de Distribuidores e Processadores de Vidro. **Panorama Abravidro edição 2023.** Disponível em :<  
<https://pdf.magtad.com/leitor/136/edicao/25034>>. Acesso em: 18 de agosto de 2024.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil.** 62 p. 2021.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9935: 2011 Agregados-** Terminologia.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11578: 1997 Cimento Portland composto - Especificação - Estudo de Especificações de Cimentos.** Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: 2003 Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova - Procedimento.** Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: 2019 Agregados para concreto - Especificação - Estudo de Especificações de Agregados para concreto.** Rio de janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: 2007 Concreto-Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos – Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7222: 2011 Concreto e argamassa - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de provas cilíndricos – Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9779: 2012 Argamassa e concreto endurecido - Determinação da absorção de água por capilaridade – Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: 2004**

**Resíduos sólidos - Classificação.** Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248:**

**2003 Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 2003.

CORREIA, J. V. F. B.; FRAGA, Y. S. B.; RIBEIRO, R. C. S. C.; LIMA, M. M..

Influência da substituição da areia natural pelo vidro no desempenho mecânico

do concreto. **Engineering Sciences**, v.6, n.1, p.1-9, 2018

Chaves B. C. Avaliação das propriedades mecânicas de compósito cimentício fabricado com a utilização da escória de ligas FeSiMn. **Trabalho de conclusão de curso.** Engenharia mecânica (PPMEC) São João del-Rei, 2016.

COSTA, M. J. Avaliação do uso de areia artificial em concreto de cimento portland: Aplicabilidade de um método de dosagem. **Trabalho de conclusão de curso.** Engenharia Civil-UNIJUÍ, (2005).

MARTINS, Ianne Sousa. Análise da substituição parcial do agregado miúdo (areia) por vidro moído no concreto convencional. 2018. 70 f. **Trabalho de conclusão de Curso.** Curso de Engenharia Civil, Unievangélica, Anápolis, 2018.

MARTINS P. B. M. Influência da granulometria agregado miúdo na trabalhabilidade do concreto. **Trabalho de conclusão de Curso.** Engenharia Civil – Faculdade Feira de Santana. Feira de Santana, 2008.

Kunrath, J., Camargo, J. y Zimmer, A. **A Permeabilidade em Blocos de Concreto.** Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, 2016.

TEODORO S. B. Avaliação do uso da areia de britagem na composição do concreto estrutural. **Trabalho de conclusão de Curso.** Engenharia civil - Juiz de Fora, 2013.

VALDEVIESO, Ana Carolina da Costa; YAMAGUCHI, Natália Ueda. **Produção de concreto sustentável: substituição parcial da areia por vidro moído,** 2021.