



**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA  
PRO-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E EXTENSÃO  
MESTRADO PROFISSIONAL EM MATERIAIS**



# **CONFECÇÃO DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE CERÂMICA**

**SIDNEI REZENDE QUEIROZ**

**Orientador: Prof. Dr. Roberto Oliveira Magnago**

**VOLTA REDONDA - 2021.**

# INTRODUÇÃO

Em busca do desenvolvimento sustentável, a reutilização de resíduos recicláveis originados de obras, indústrias e domicílios brasileiros vem sendo estudada, na intenção de reduzir a utilização de materiais não renováveis tradicionalmente utilizados na construção civil, tais como areia, brita e cimento.

# Objetivo

Para análise, teve como objetivos principais avaliar as alterações nas propriedades físicas do concreto endurecido:

- Resistência mecânica à compressão;
- Análise de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Difração de Raios-X (DRX);

# Justificativa

A elaboração deste sistema permite viabilizar edificações ecologicamente corretas, uma vez que as vigas de concreto podem ser produzidas minimizando a utilização de recursos naturais.

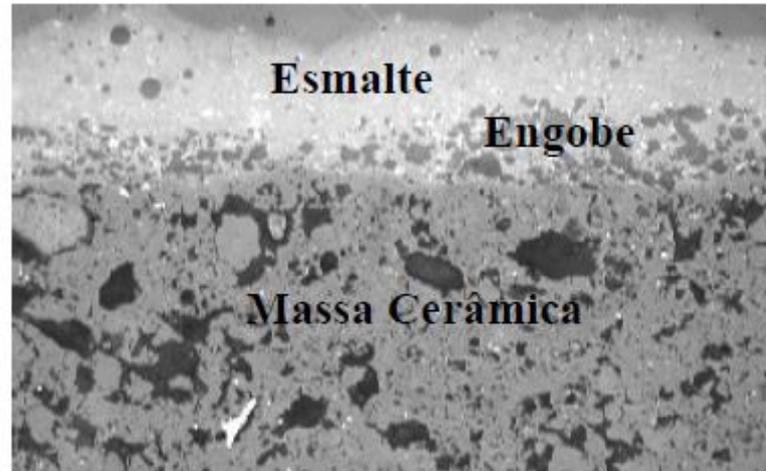
# Revisão Bibliográfica

## Cerâmica

- Histórico
- Indústria Cerâmica de Revestimento
- Classificação das Cerâmicas

Tipologia	Absorção (%)	Grupo Absorção	Resistência	Absorção
Porcelanato	até 0,5	BIa	Alta	Baixa
Grês	0,5-3,0	BIb	Alta	Baixa
Semi-grês	3,0-6,0	BIIa	Média	Média
Semi-porosa	6,0-10,0	BIIb	Baixa	Alta
Porosa	acima de 10,0	BIII	Baixa	Alta

# Revisão Bibliográfica



Micrografia dos constituintes do revestimento cerâmico esmaltado

➤ **Processo Produtivo (Fabricação)**

# Revisão Bibliográfica

## Concreto

TIPO	APLICAÇÃO
Rolado	Barragens, pavimentação.
Bombeado	Obras de difícil acesso.
Resfriado	Peças de elevado volume como bases ou blocos.
Projetado	Reparo ou reforço estrutural, revestimento de túneis.
Alta Resistência Inicial	Estruturas convencionais ou protendidas, pré-fabricados (estruturas, tubos, etc.).
Fluido	Peças delgadas, elevada taxa de armadura.
Pesado	Barreira à radiação.
Leve	Elementos de vedação.
Leve estrutural	Peças estruturais, enchimento de pisos e lajes.
Pavimentos Rígidos	Pavimentos rodoviários e urbanos, pisos industriais e pátios de estocagem.
Alto Desempenho CAD	Elevada resistência (mecânica, física e química). Pré-fabricados e peças protendidas.
Convencional	Uso corrente da construção civil.
Submerso	Plataformas marítimas
Grout	Agregados de diâmetro máx. de 4,8 mm

Tipos de concreto segundo a ABESC .

# Revisão Bibliográfica

## Cimento Portland

O cimento *Portland* é um aglomerante hidráulico usado como ingrediente base de concreto e argamassa.

# Revisão Bibliográfica

## Agregados

Os agregados são classificados em graúdos, com granulometria que varia entre 152 mm e 4,8 mm, ou miúdos, definidos por areia de origem natural ou derivada da britagem de rochas estáveis ou mistas (origem sintética), com granulometria entre 4,8 mm e 75 mm.

# MATERIAIS E MÉTODOS

Primeiramente os materiais foram separados e misturados em betoneira para a obtenção de quatro traços de concreto, com 0%, 10%, 20% e 30% de adição de cerâmica. Depois, foram colocados em molde para a execução do *slump test*, seguido do término da moldagem e secagem.

# MATERIAIS E MÉTODOS

- Materiais utilizados

Para a confecção dos traços de concreto para o estudo em questão, foram utilizados areia média, cimento *Portland* CP III, brita 1 e água.

Cacos de porcelanato oriundos de resíduos de obras foram utilizados como adição de cerâmica.

# MATERIAIS E MÉTODOS



Cimento *Portland* CP III utilizado como material no presente trabalho.



Areia média utilizada como material no presente trabalho.



Cacos de porcelanato utilizados no presente trabalho.

# MATERIAIS E MÉTODOS

- Traços de concreto analisados

Traço	Adição (%)	Materiais (L)				
		Areia	Cimento	Brita	Cerâmica	Água
1	0	12,0	6,0	12,0	0,0	3,3
2	10	12,0	6,0	10,8	1,2	3,3
3	20	12,0	6,0	9,6	2,4	3,3
4	30	12,0	6,0	7,2	3,6	3,3

# MATERIAIS E MÉTODOS

- Preparação dos corpos de prova



(a)



(b)

(a) Betoneira antes da inserção dos materiais; (b) Betoneira em movimento, já com os materiais adicionados.

# MATERIAIS E MÉTODOS

- Slump Test



Cone de Abrans para *Slump* Test.



Imagem da medição do *Slump* Test .

# MATERIAIS E MÉTODOS

- Moldagem dos CPs

Os ensaios foram realizados em 7, 14, 21 e 28 dias de cura.

Corpos de prova logo após preenchimento do molde.



Corpos de prova imersos em água na câmara de cura.

# MATERIAIS E MÉTODOS

- . Ensaio de Compressão Axial

Os ensaios de compressão foram realizados em prensa hidráulica EMIC, modelo PC150C, cuja carga máxima suportada era de 150000 kgf, com ausência de choque e presença de aceleração de  $0,05 \pm 0,02$  MPa/s.



Prensa hidráulica EMIC.



Corpo de prova após o ensaio de compressão.

# MATERIAIS E MÉTODOS

- Análise microscópica em MEV

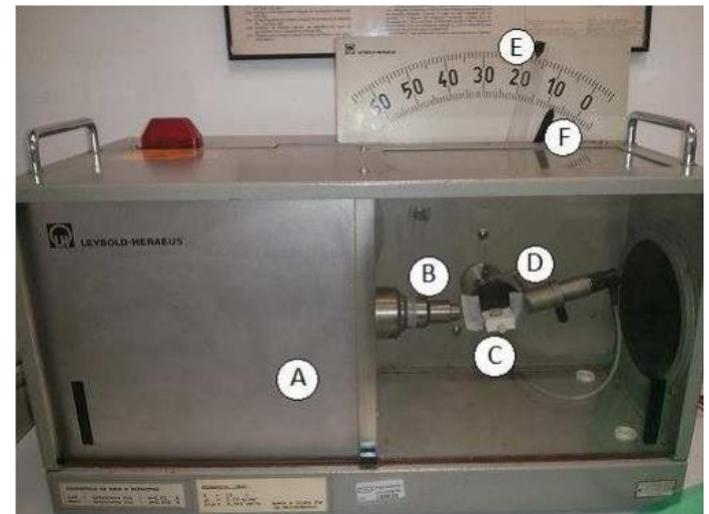
Para esta análise foi utilizado o microscópio eletrônico de varredura da marca HITACHI e modelo TM 3000, com uso de detector de elétrons secundários.



# MATERIAIS E MÉTODOS

- Difração de Raios-X (DRX)

A difração de raios-X é utilizada para a identificação das fases presentes, juntamente com as micrografias obtidas em MEV.



Difratômetro: (A) Câmara que contém o tubo de raios-X; (B) Colimador para estreitar o feixe; (C) Amostra; (D) Detector de radiação; (E) Indicador do ângulo do detector; (F) Indicador do ângulo da amostra.

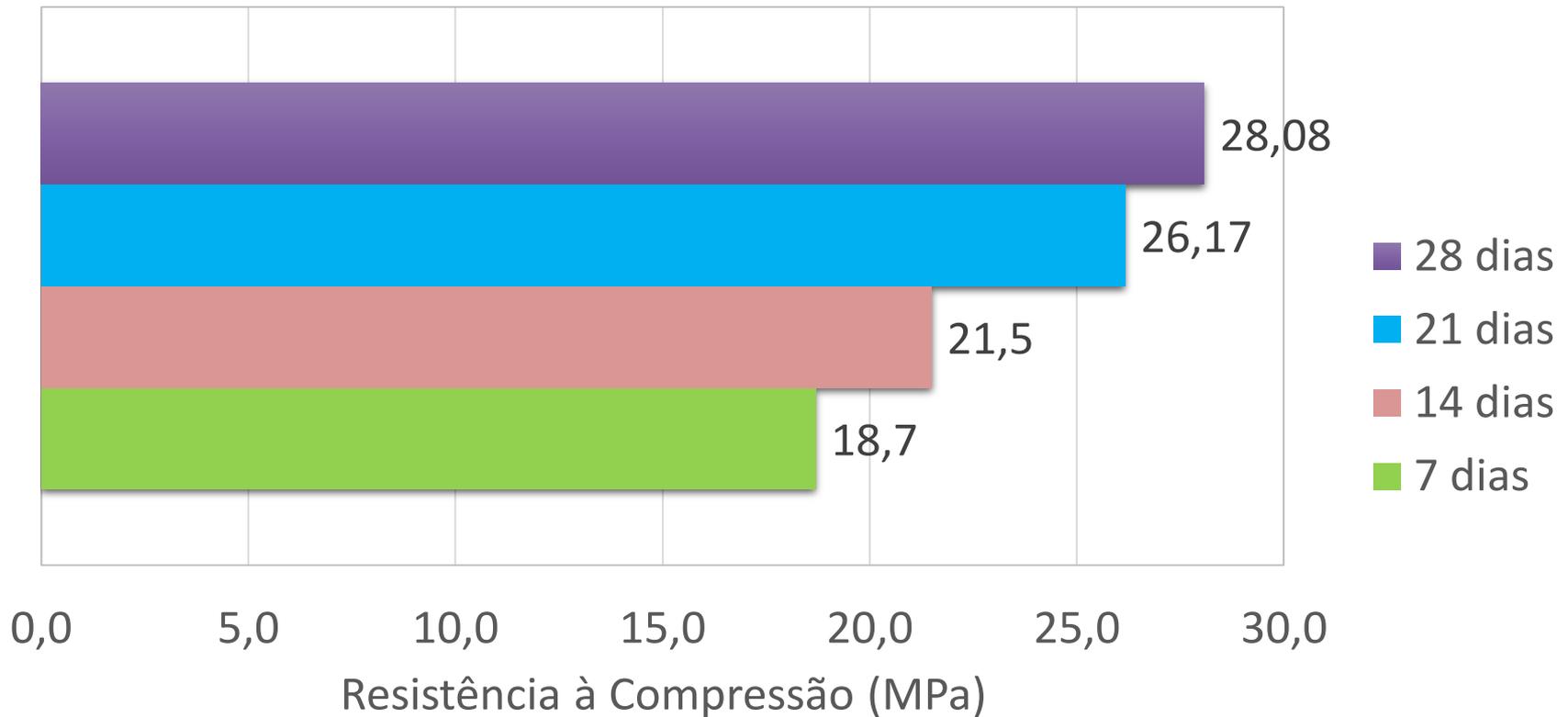
# RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Testes de compressão axial



# RESULTADOS E DISCUSSÃO

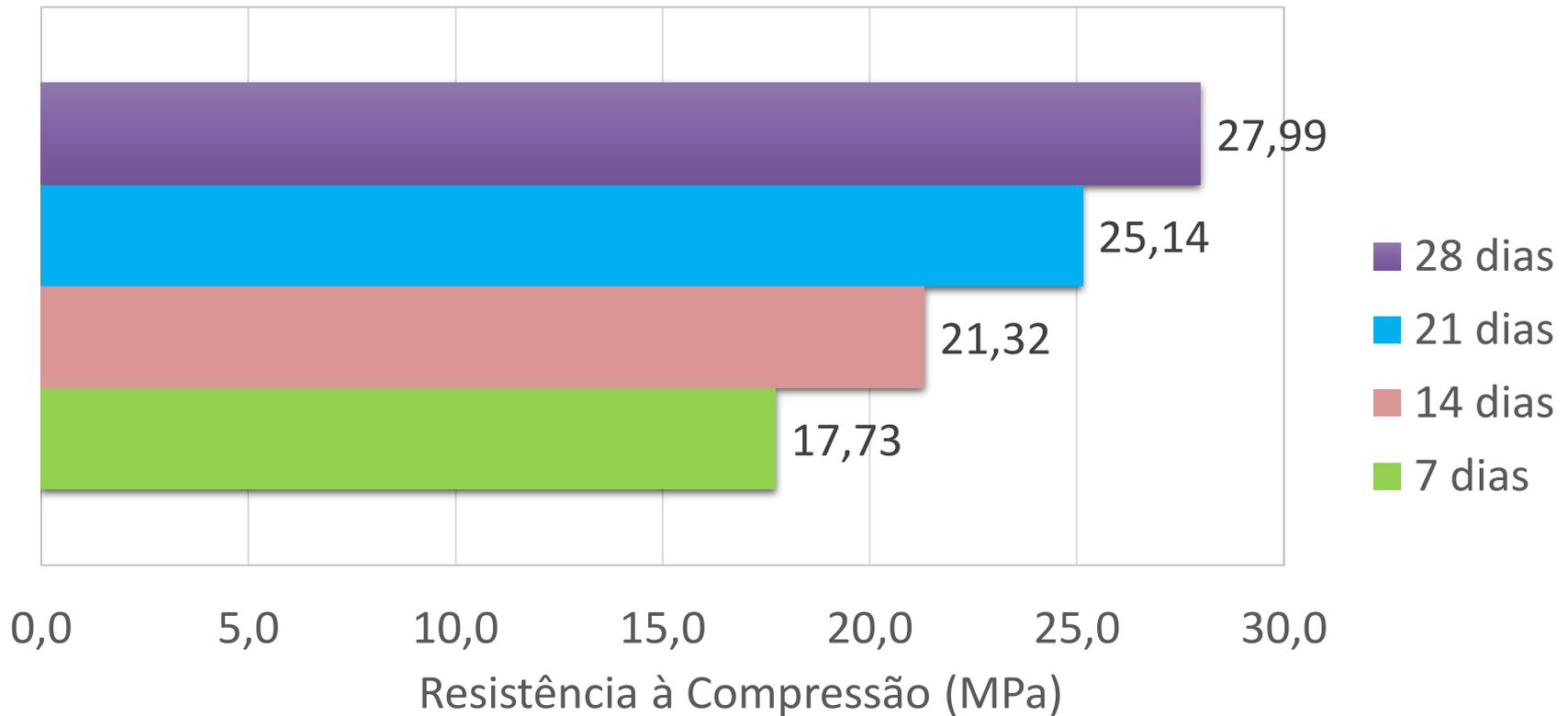
## Referência (sem adição)



Resultados de resistência à compressão do concreto de referência, sem adição de cerâmica.

# RESULTADOS E DISCUSSÃO

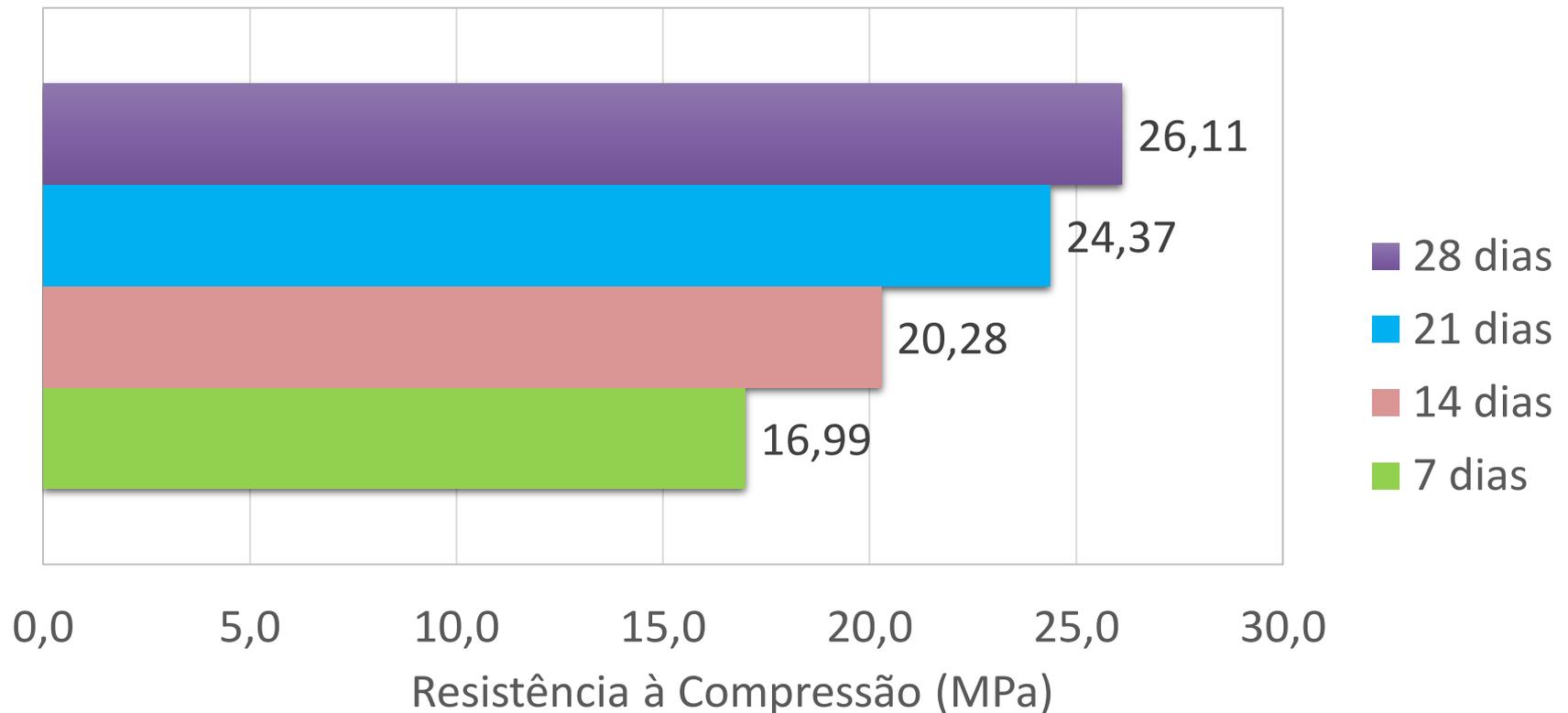
10% de adição



Resultados de resistência à compressão do concreto com adição de 10% de cerâmica.

# RESULTADOS E DISCUSSÃO

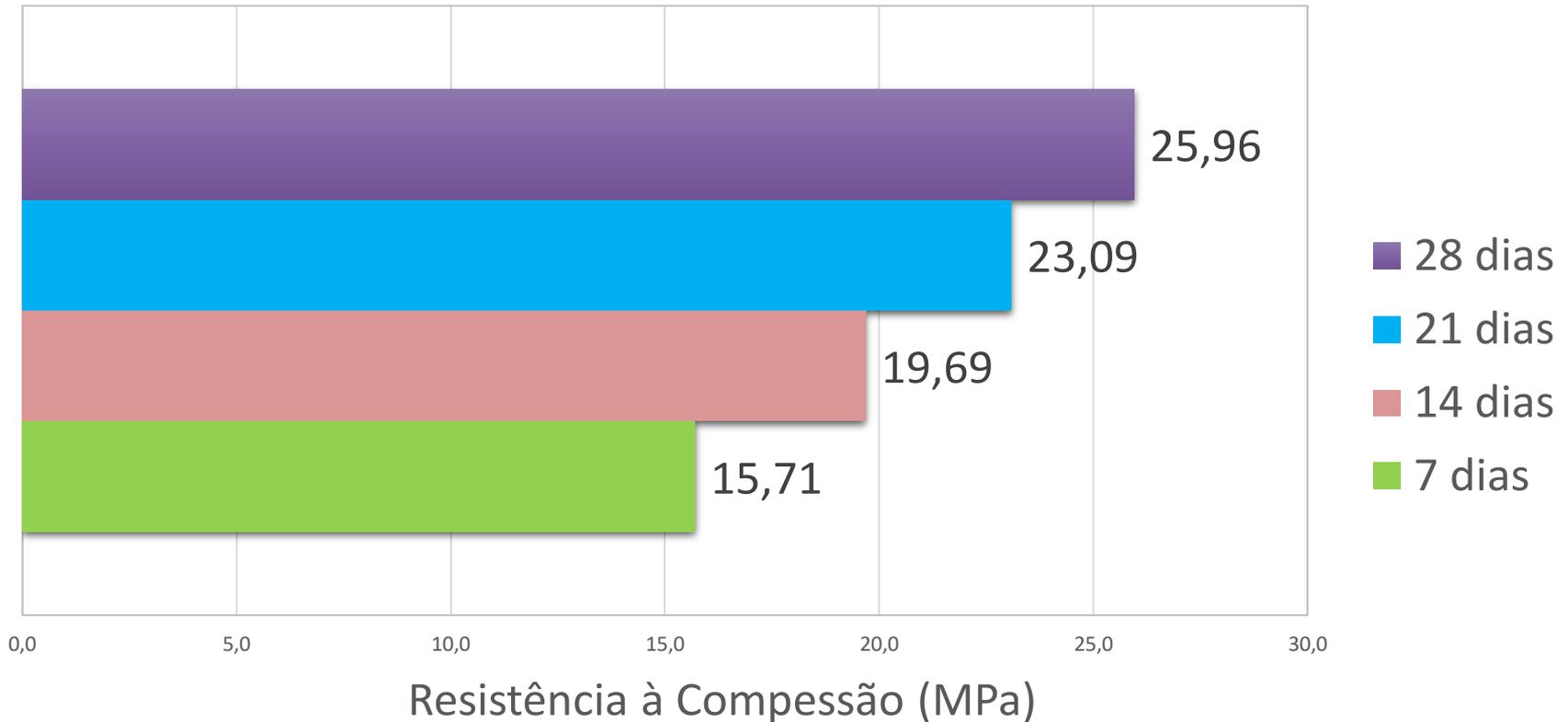
20% de adição



Resultados de resistência à compressão do concreto com adição de 20% de cerâmica.

# RESULTADOS E DISCUSSÃO

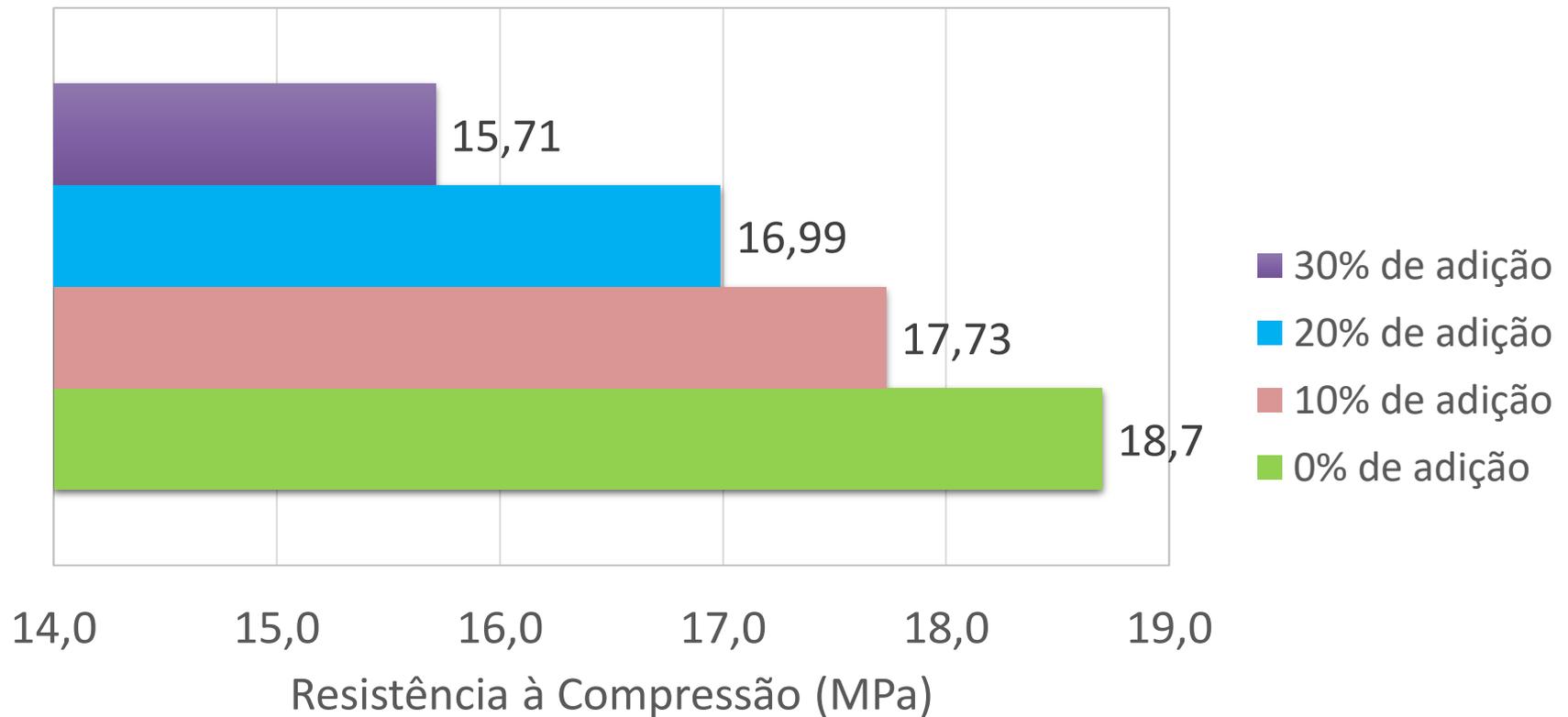
30% de adição



Resultados de resistência à compressão do concreto com adição de 30% de cerâmica.

# RESULTADOS E DISCUSSÃO

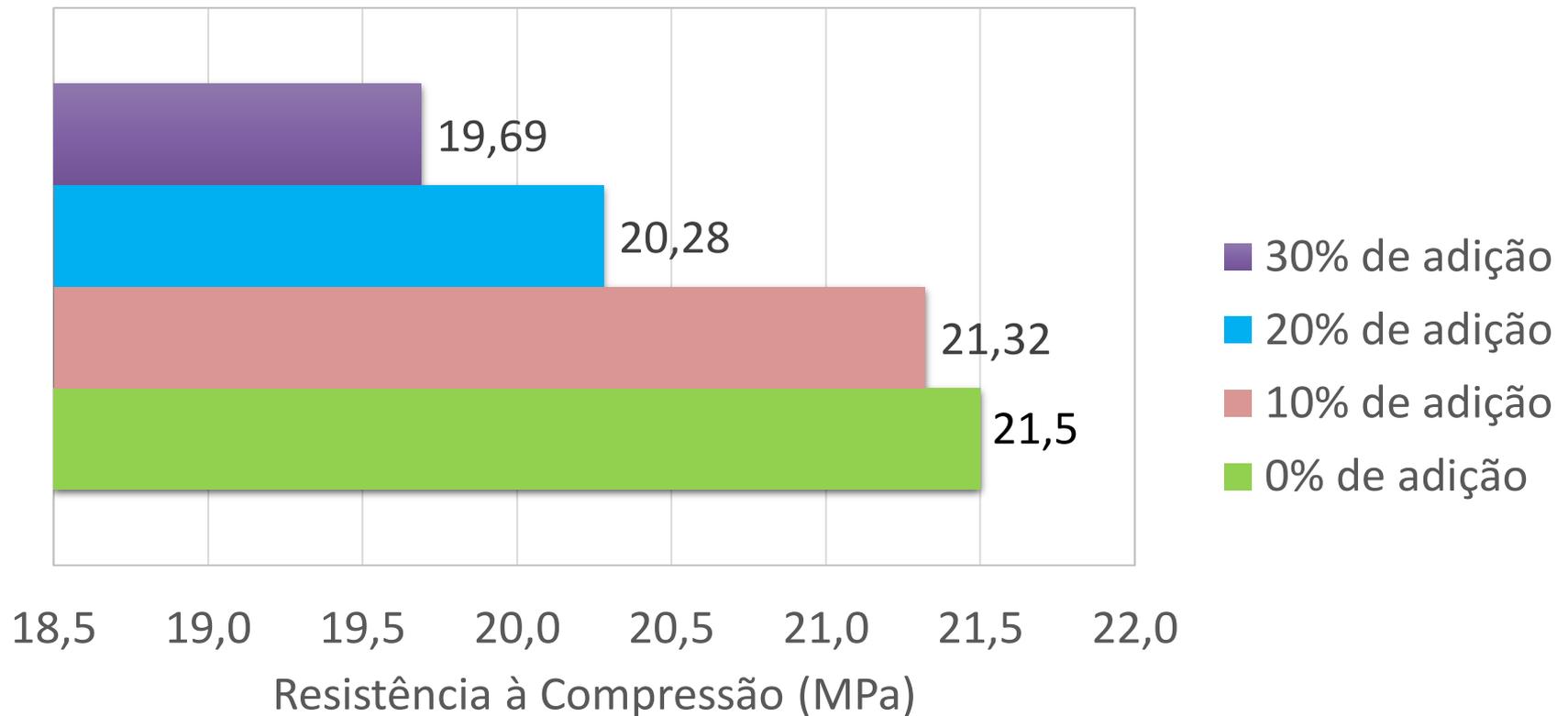
## 7 dias de cura



Comparação dos resultados de resistência à compressão dos traços analisados, para 7 dias de cura.

# RESULTADOS E DISCUSSÃO

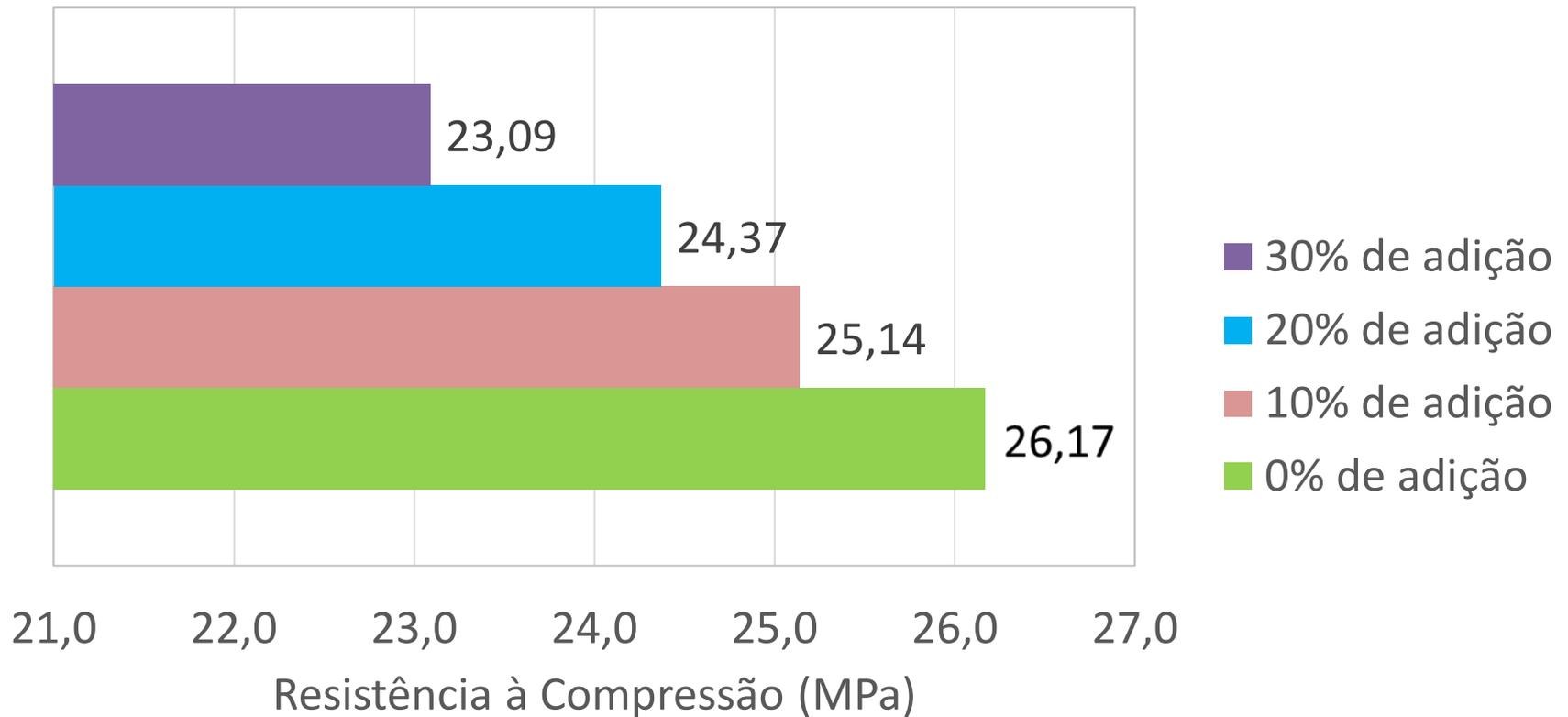
14 dias de cura



Resultados de resistência à compressão das amostras para 14 dias de cura.

# RESULTADOS E DISCUSSÃO

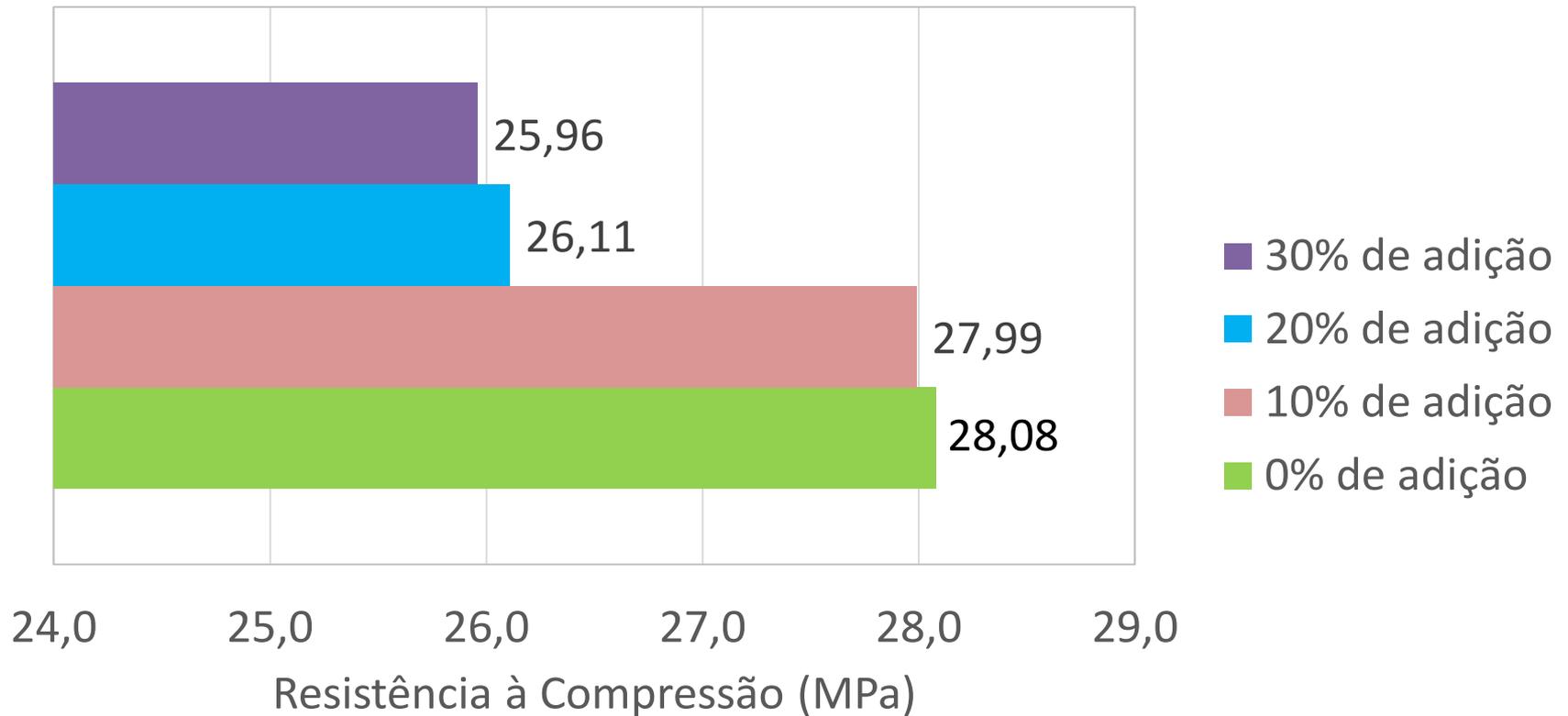
## 21 dias de cura



Resultados de resistência à compressão das amostras para 21 dias de cura.

# RESULTADOS E DISCUSSÃO

28 dias de cura



Resultados de resistência à compressão das amostras para 28 dias de cura.

# RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Análise microscópica
  - 28 dias de idade.
  - Amostras com 10%, 20% e 30% de adição.
  - Aumentos de 200x, 500x e 2000x

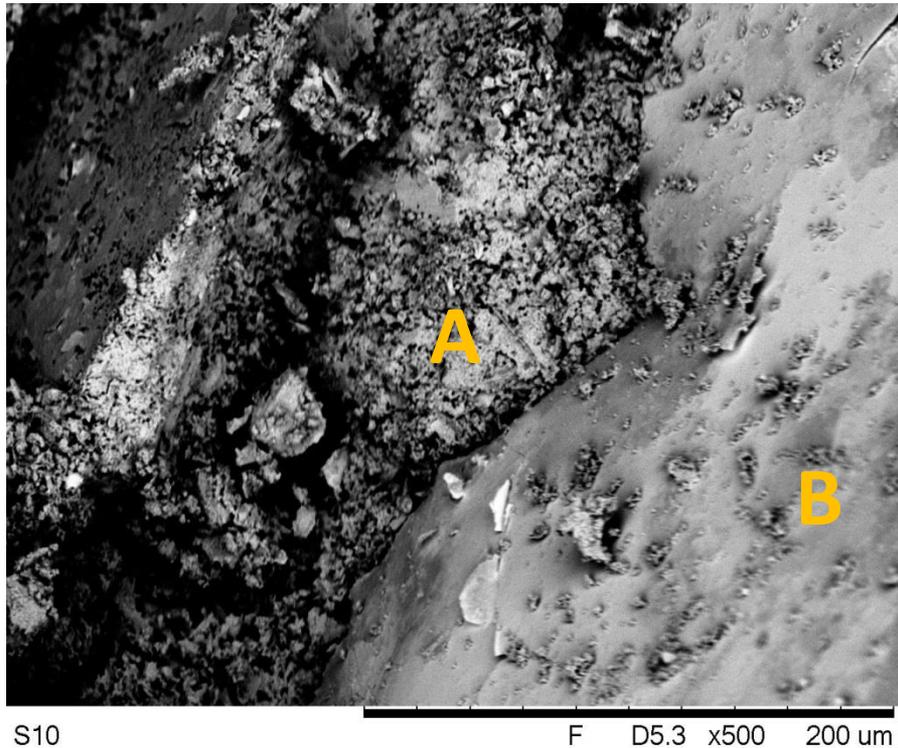
# RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Análise a amostra com 10% de adição de cerâmica.

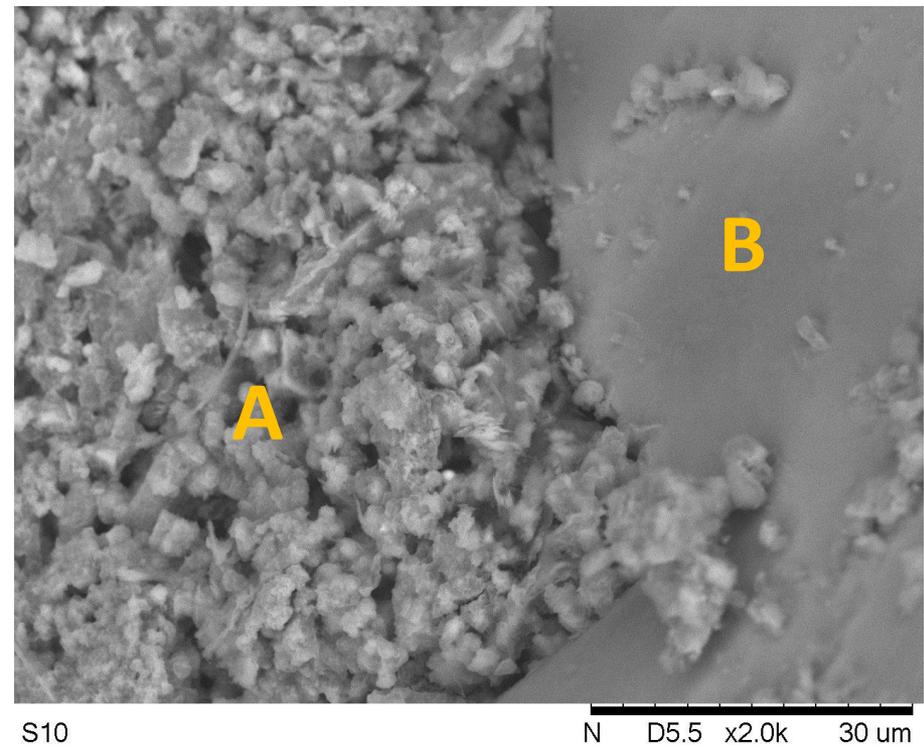


Micrografia obtida com aumento de 200x para amostra com 10% de adição de cerâmica e 28 dias de cura.

# RESULTADOS E DISCUSSÃO



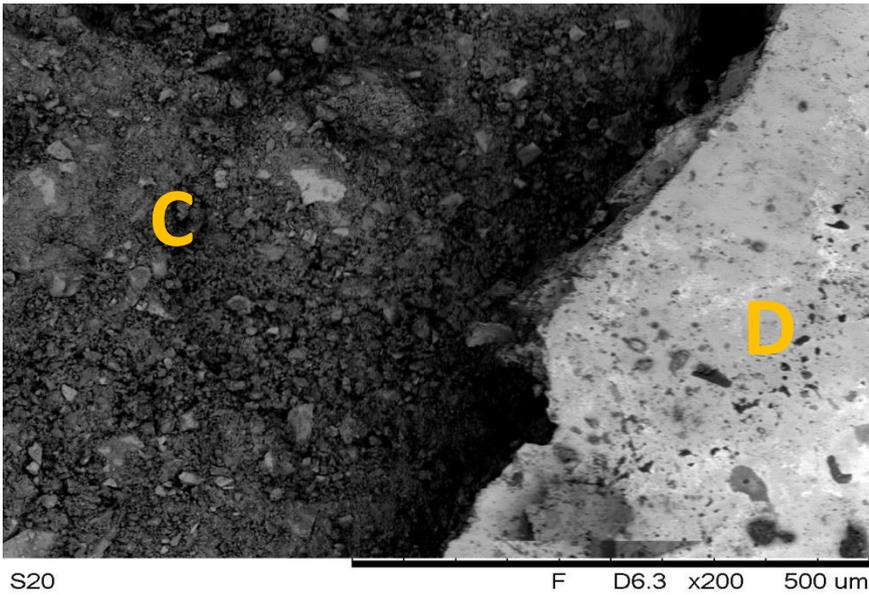
Micrografia obtida com aumento de 500x para amostra com 10% de adição de cerâmica e 28 dias de cura.



Micrografia obtida com aumento de 2000x para amostra com 10% de adição de cerâmica e 28 dias de cura.

# RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Micrografias da amostra com 20% de adição de cerâmica



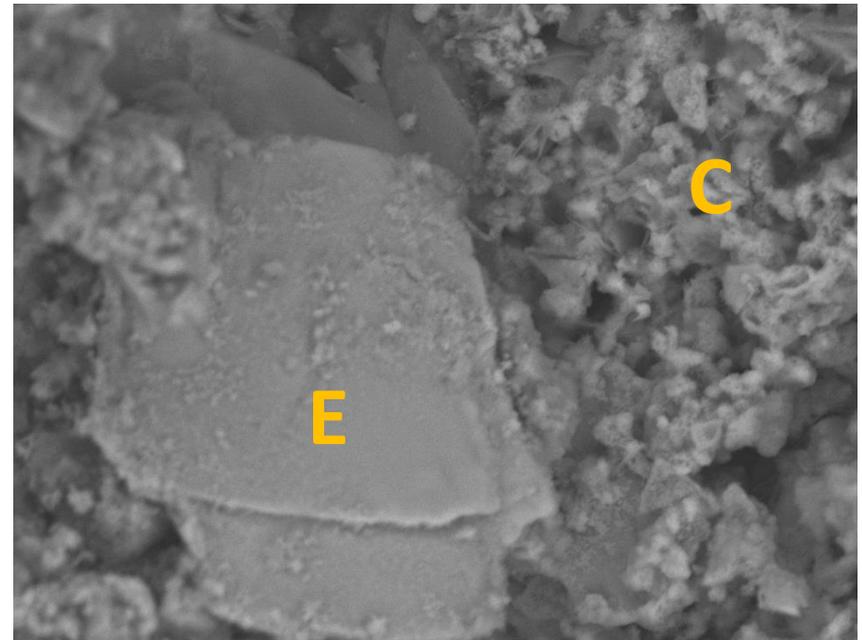
Micrografia obtida com aumento de 200x para amostra com 20% de adição de cerâmica e 28 dias de cura.

# RESULTADOS E DISCUSSÃO



S20 F D6.3 x500 200 um

Micrografia obtida com aumento de 500x para amostra com 20% de adição de cerâmica e 28 dias de cura.

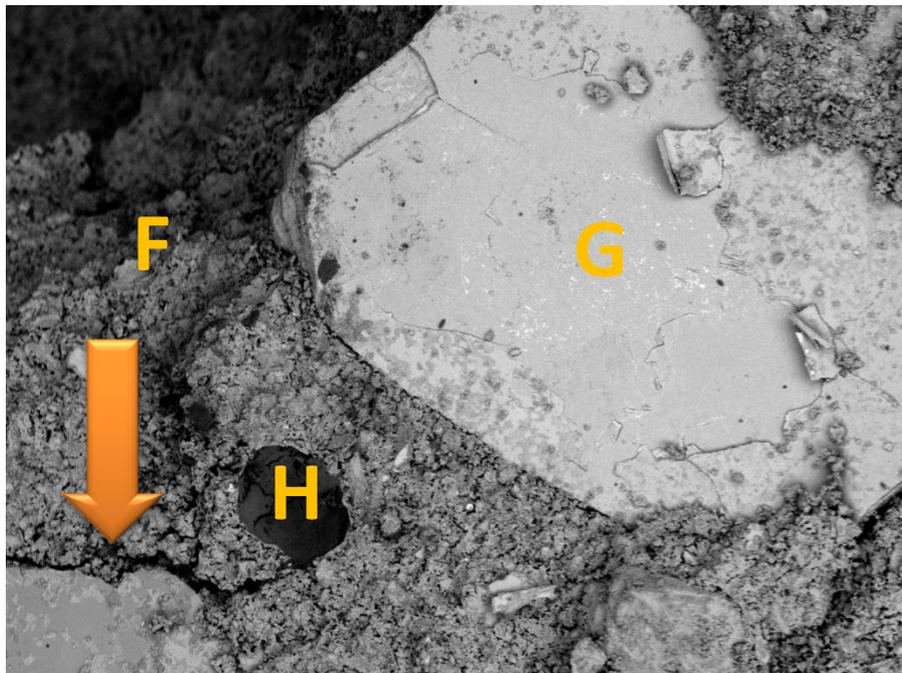


S20 N D6.1 x2.0k 30 um

Micrografia obtida com aumento de 2000x para amostra com 20% de adição de cerâmica e 28 dias de cura.

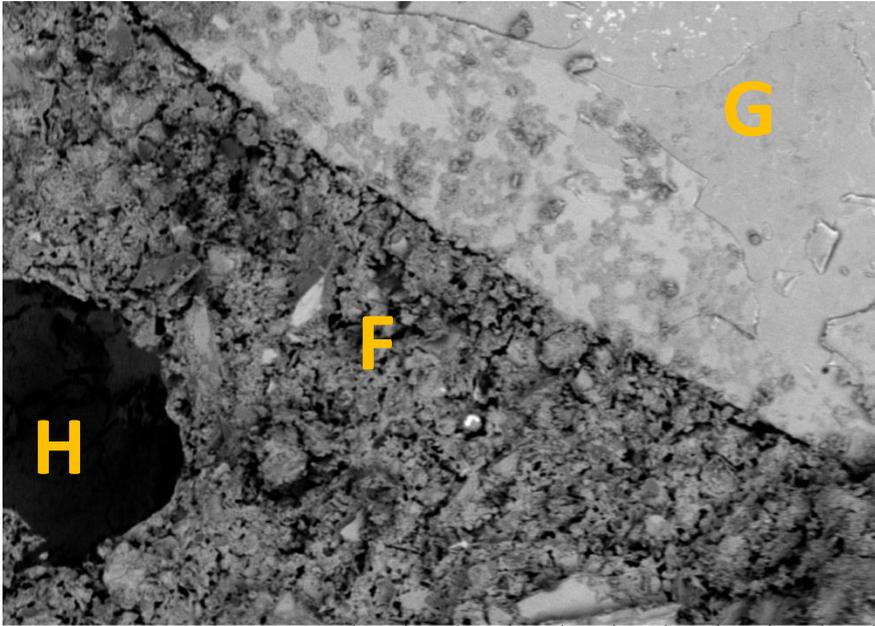
# RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Micrografias da amostra com 30% de adição de cerâmica.



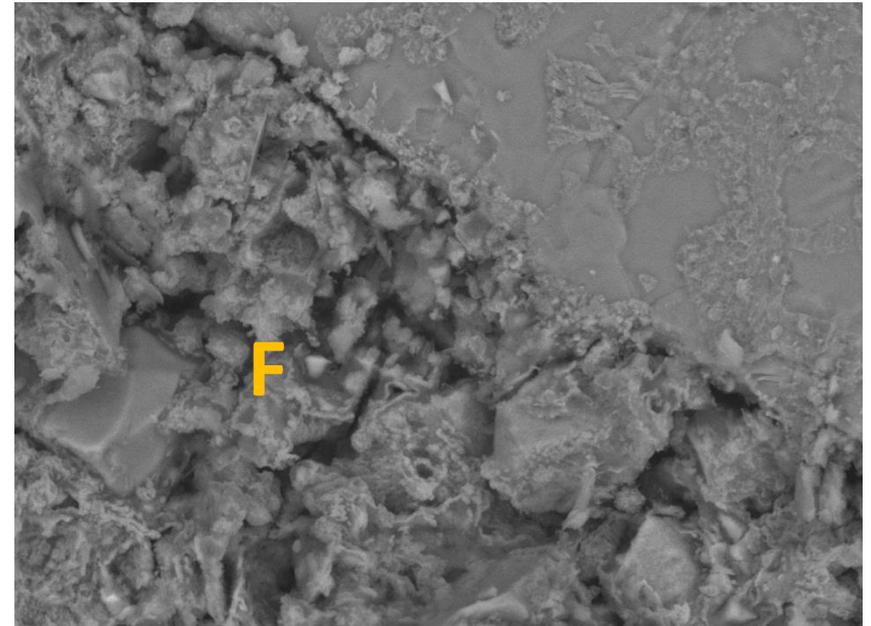
Micrografia obtida com aumento de 200x para amostra com 30% de adição de cerâmica e 28 dias de cura.

# RESULTADOS E DISCUSSÃO



S30 F D6.4 x500 200 um

Micrografia obtida com aumento de 500x para amostra com 30% de adição de cerâmica e 28 dias de cura.

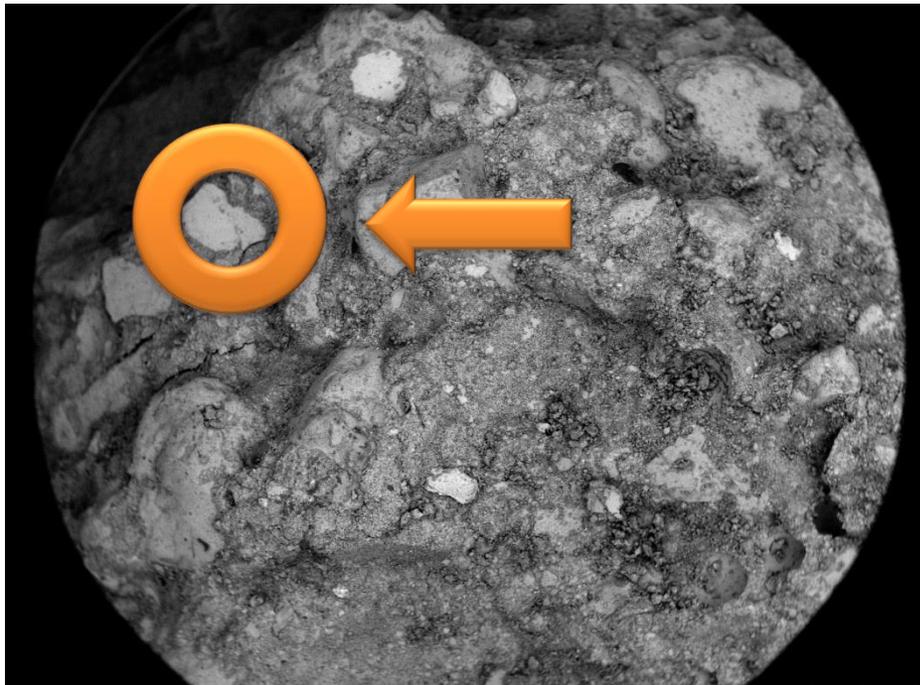


S30 N D6.6 x2.0k 30 um

Micrografia obtida com aumento de 2000x para amostra com 30% de adição de cerâmica e 28 dias de cura.

# RESULTADOS E DISCUSSÃO

A região G, de acordo com a indicação existente na vista geral da superfície de fratura, podemos perceber que se trata de um agregado de porcelanato.



Micrografia da superfície de fratura total da amostra com 30% de adição de cerâmica e 28 dias de cura, com aumento de 25x.

# TRABALHOS FUTUROS

Com base nas discussões realizadas verifica-se a necessidade de estudos no que diz respeito à realização de novos traços com adição de porcelanato com 40%, 50% e 60%, para gerarem melhores resultados quanto a resistência à compressão axial, a microscopia eletrônica por varredura, sobretudo, para técnica de DRX, visto que, as amostras de 10% e 30% foram contaminadas, a fim de melhorar a estatística obtida no presente trabalho.

# CONCLUSÃO

A criação de uma nova composição de concreto com adição de resíduos de porcelanato em substituição ao agregado miúdo é de grande relevância no uso da Construção Civil, visto que, mediante aos testes realizados verificou-se que suas propriedades mecânicas estão de acordo com os parâmetros exigidos na Engenharia Civil, comprovando sua efetividade, além de permitir a viabilização na construção de edificações ecologicamente corretas e reduzir o custo final da obra.

Foi possível concluir que é possível ser feita uma nova composição de concreto com adição de resíduos de porcelanato em substituição ao agregado miúdo, dentro do padrão e do limite aceitável.