



*Mestrado Profissional em Materiais*  
*Materiais Metálicos, Cerâmicos, Poliméricos e Compósitos*

**ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE POLIETILENO DE BAIXA  
DENSIDADE MICRONIZADO EM CONCRETO PARA  
APLICAÇÃO EM PISOS INTERTRAVADOS**

Aluna: Deane Soares Salgado

Orientador: Prof. Dr. Sergio Roberto Montoro

Coorientador: Prof. Dr. Ricardo de Freitas Cabral

## **SUMÁRIO**

1 INTRODUÇÃO

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3 MATERIAIS E MÉTODOS

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5 CONCLUSÃO

6 TRABALHOS FUTUROS

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

- A preocupação com o meio ambiente
- O setor da construção civil
- Fabricação de pisos intertravados



Fonte: <https://inovaconcreto.com.br/blog/piso-intertravado-saiba-como-usar/>

# **1 INTRODUÇÃO**

## **1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

Esse estudo pretende demonstrar a possibilidade de contribuir para a preservação ambiental e redução do consumo de areia, através da incorporação de resíduos de polietileno na fabricação de pisos intertravados em conformidade com as Normas da ABNT e da Ciência dos Materiais.

# **1 INTRODUÇÃO**

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral é avaliar a viabilidade técnica de utilização dos pavers com incorporação de polietileno de baixa densidade, para uso em pisos intertravados. Para isso será utilizado partículas micronizadas de polietileno.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.2 OBJETIVOS EPECÍFICOS

- Identificar e analisar a viabilidade de se utilizar polietileno de baixa densidade; na fabricação de *pavers*, reduzindo o consumo de areia, que é muito utilizada na construção civil;
- Verificar os principais coeficientes que podem influenciar nas respostas variáveis na fabricação de *pavers* em relação à resistência, absorção de água, dentre outras;
- Demonstrar a possibilidade de se utilizar resíduos de plástico, amenizando o impacto ambiental.

# **1 INTRODUÇÃO**

## **1.3 JUSTIFICATIVA**

O excesso de utilização de plástico, gera maior quantidade de resíduos. Mediante o contexto de sustentabilidade ambiental, torna-se necessário buscar meios ou medidas que visem minimizar o impacto desses resíduos no meio ambiente.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 POLÍMEROS

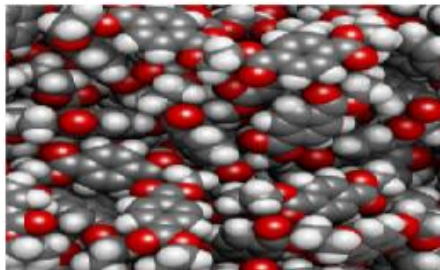
Mero



Macromolécula



Polímero



Fonte: Adaptado de Padilha (1997).

São macromoléculas que se originam de ligações intramoleculares.

✓ Podem ser:

Naturais



Fonte: <http://www.corneta.com.br/br/produto/osdescricao.php?ids=6&idp=277>

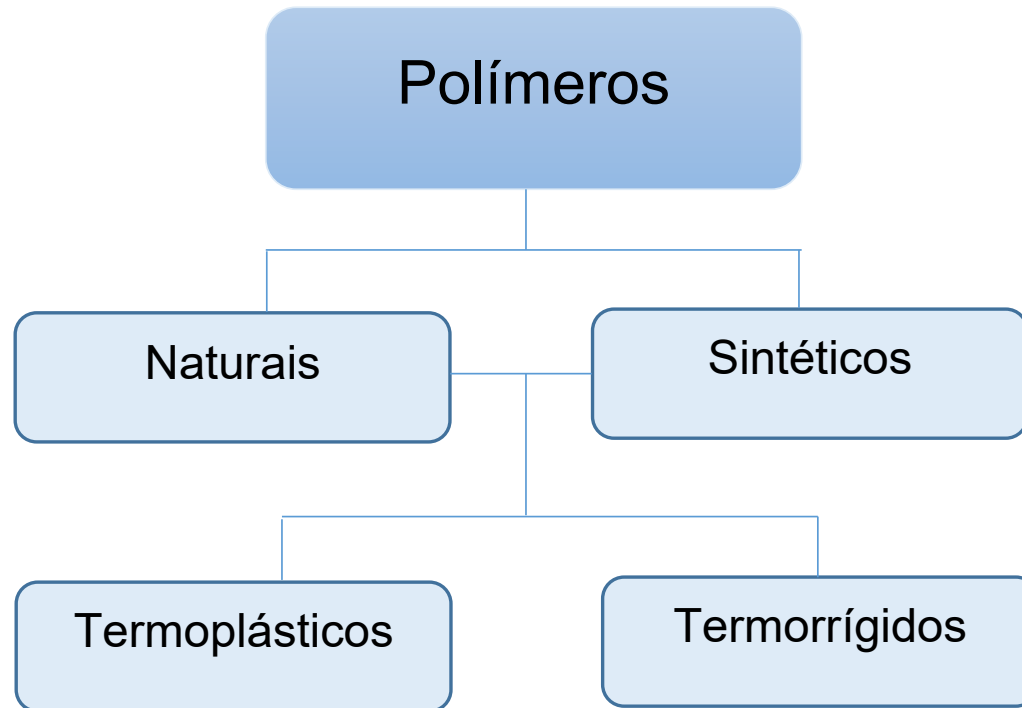
Sintéticos



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/polimeros.htm>.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 POLÍMEROS



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 POLÍMEROS

#### 2.1.1 POLIETILENO

#### Classificação dos tipos de polietileno – ASTM 4976

Tipos	Siglas
I Polietileno de Baixa Densidade	PEBD ou LDPE
II Polietileno Linear de Baixa Densidade	PELBD ou LLDPE
III Polietileno de Alta Densidade	PEAD ou HDPE
IV Polietileno de Ultra Alto Peso Molecular	PEUAPM ou UHMWPE
V Polietileno de Ultra Baixa Densidade	PEUBD ou ULDPE

Fonte: Adaptado de ASTM 4976.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 POLÍMEROS**

#### **2.1.1 POLIETILENO**

##### **2.1.1.1 POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD)**

Suas principais propriedades:

- Boa resistência química, processabilidade e estabilidade térmica
- Elevada resistência a impactos
- Translucidez e transparência
- Alta tenacidade e flexibilidade
- Grande viscosidade
- Boa propriedade elétrica

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 POLÍMEROS

#### 2.1.1 POLIETILENO

##### 2.1.1.1 POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD)

Algumas aplicações do PEBD: sacolas de todo tipo, filmes plásticos, garrafas térmicas, frascos de cosméticos, mangueiras, entre outros.



## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.2 RESÍDUOS**

Resíduos sólidos são os materiais descartados, os quais podem ser reciclados e parcialmente utilizados.

#### **2.2.1 RECICLAGEM**

É todo processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, visando transformar em insumos ou novos produtos.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.3 CONCRETO**

É um composto com características que dependem da proporção, propriedades e interação de seus componentes.

Componentes do concreto:

- Cimento
- Água
- Areia
- Brita

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.4 PAVIMENTAÇÃO INTERTRAVADA

- Revestimento em blocos
- Alta durabilidade e resistência
- Intertravamento → Os blocos não se deslocam de forma individual.



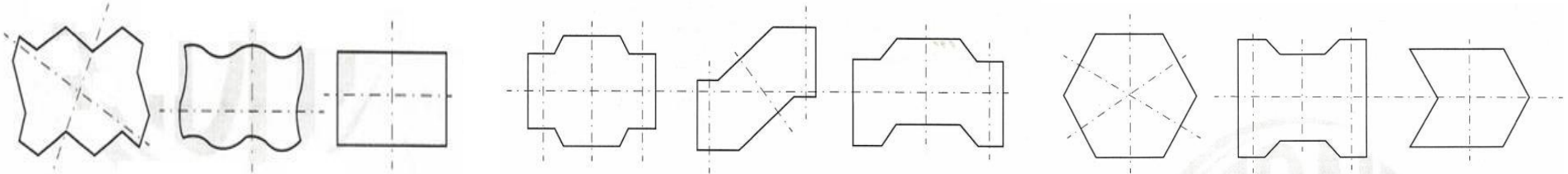
Fonte: ABCP, 2010

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.4 PAVIMENTAÇÃO INTERTRAVADA

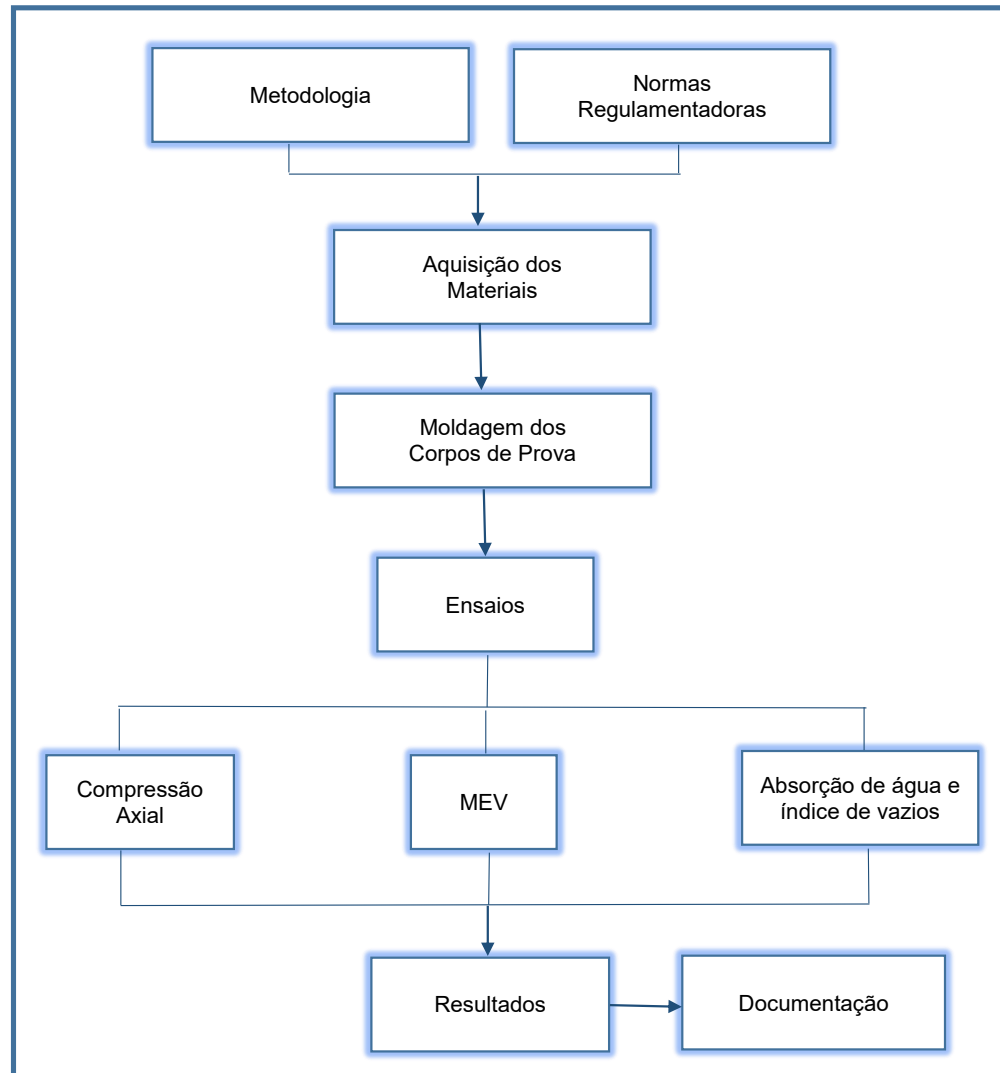
#### 2.4.1 BLOCOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO

- Facilidade de assentamento
- Agilidade na liberação do tráfego
- Praticidade de manutenção
- Permeabilidade



Fonte: NBR 9781:2013.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS



## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

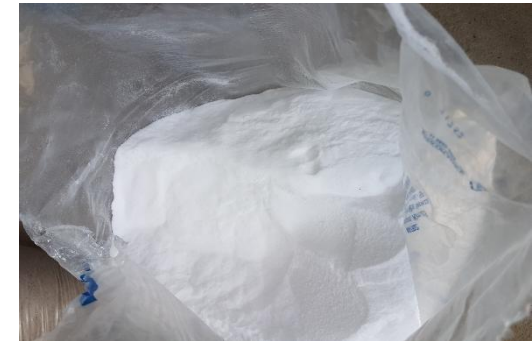
### 3.1 MATERIAIS



Cimento



Areia média



PEBD micronizado



Brita 1



Água



Aditivo

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.2 MÉTODOS

#### 3.2.1 GRANULOMETRIA



NBR NM 248: 2003



### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.2 MÉTODOS

##### 3.2.2 CORPOS DE PROVA

NBR 5738:2016



Tipo de CDP's	Ensaio	Qtd. CDP's	Datas de Rompimento	Nº receitas (0%, 10%, 20% e 30%)	Qtd. Total
Cilíndrico (10 x 20cm)	Compressão Axial	5	4 (7, 14, 21 e 28 dias)	4	80 CDP's
Cilíndrico (10 x 20cm)	Absorção de água e índice de vazios	2	1 (28 dias)	4	8 CDP's

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.2 MÉTODOS

#### 3.2.2 CORPOS DE PROVA

Utilizou-se o traço 1 : 2 : 2

Adição PEBD (%)	Cimento (L)	Areia (L)	PEBD (L)	Brita (L)	Água (L)	Aditivo (L)
Referência (0%)	8	16	0	16	4	0,2
10%	8	14,4	1,6	16	4,5	0,2
20%	8	12,8	3,2	16	4,75	0,2
30%	8	11,2	4,8	16	5	0,2

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.2 MÉTODOS

#### 3.2.3 MISTURA DO CONCRETO



*Slump Test*  
NBR NM 67:1998



NBR NM 5738:2016

## **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.2 MÉTODOS**

#### **3.2.4 ENSAIOS MECÂNICOS**

##### **3.2.4.1 COMPRESSÃO AXIAL**

NBR NM 5739:2018



## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.2 MÉTODOS

#### 3.2.5 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E ÍNDICE DE VAZIOS



NBR NM 9778:2009

$$A_{a\%} = \frac{M_{sat} - M_s}{M_s} \times 100$$

$$I_{v\%} = \frac{M_{sat} - M_s}{M_{sat} - M_i} \times 100$$

## **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.2 MÉTODOS**

#### **3.2.6 ANÁLISE MEV**



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 GRANULOMETRIA DA AREIA

NBR 7211:2009 → Areia Média

Peneiras	% Retido	
	Retido	Acumulado
12,5mm	-	-
9,5mm	-	-
6,3mm	-	-
4,75mm	-	-
2,36mm	1,9	1,9
1,18mm	12,4	14,3
600µm	54,3	68,6
300µm	23,1	91,7
150µm	7,2	98,9
75µm	-	-
Fundo	1,1	100,0

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.2 GRANULOMETRIA DA BRITA

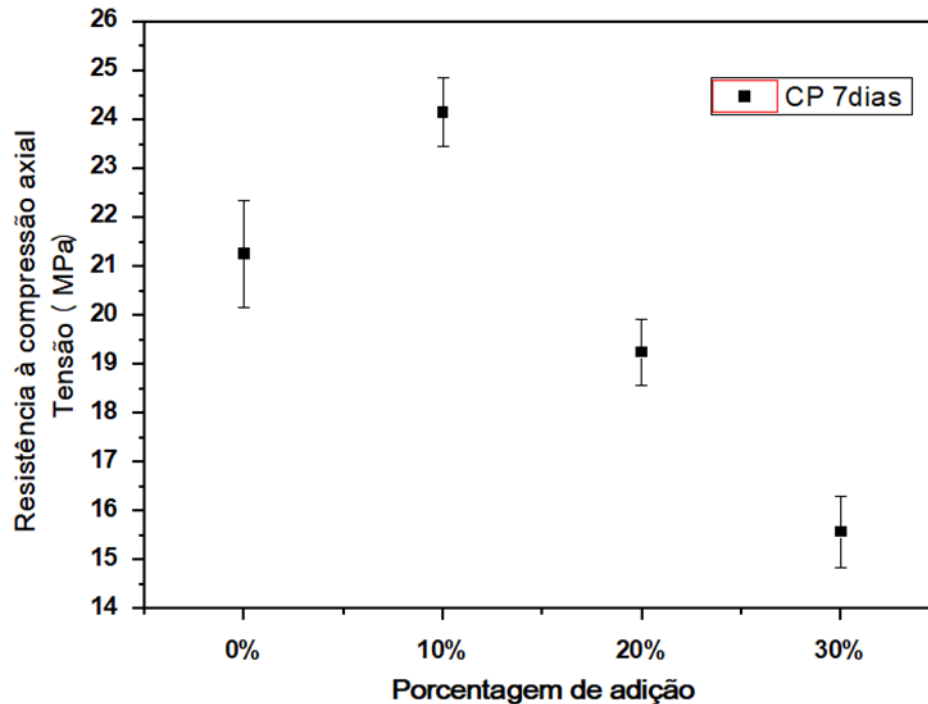
NBR 7225:1993 → Brita 1

Peneiras	% Retido	
	Retido	Acumulado
25,0mm	-	-
19,0mm	9,1	9,1
12,5mm	66,8	75,9
9,5mm	21,5	97,4
6,3mm	2,5	99,9
Fundo	0,1	100,0

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.3 CARACTERIZAÇÕES DOS CDP's

#### 4.3.1 COMPRESSÃO AXIAL

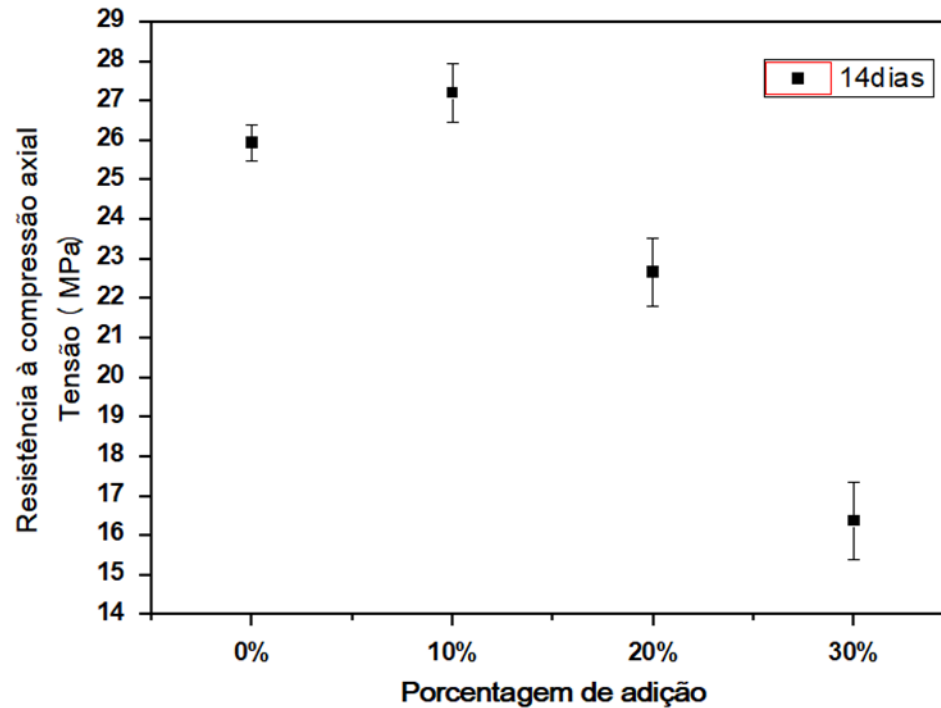


7 dias	Tensão (MPa)
0%	21,26 ± 1,09
10%	24,16 ± 0,71
20%	19,25 ± 0,67
30%	15,58 ± 0,73

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.3 CARACTERIZAÇÕES DOS CDP's

#### 4.3.1 COMPRESSÃO AXIAL

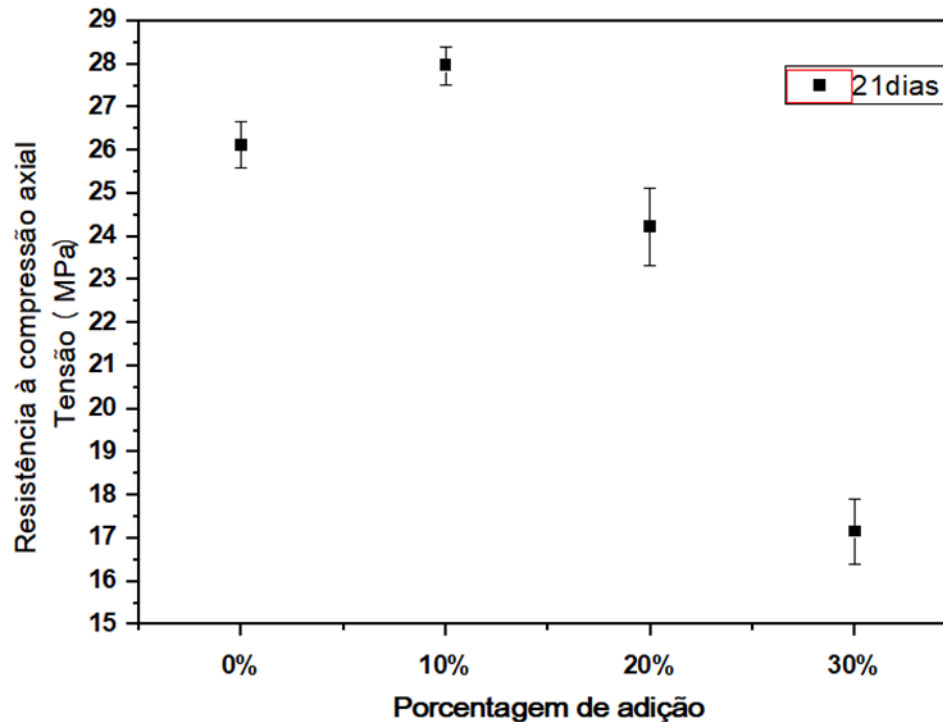


14 dias	Tensão (MPa)
0%	25,95 ± 0,46
10%	27,21 ± 0,73
20%	22,66 ± 0,86
30%	16,38 ± 0,97

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.3 CARACTERIZAÇÕES DOS CDP's

#### 4.3.1 COMPRESSÃO AXIAL

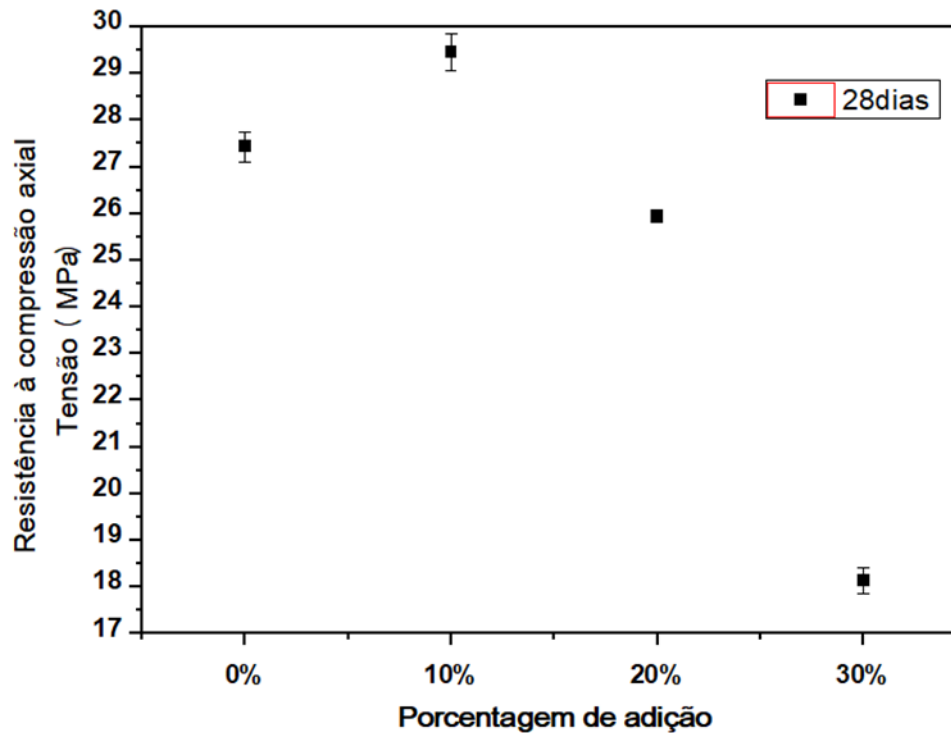


21 dias	Tensão (MPa)
0%	26,13 ± 0,54
10%	27,97 ± 0,44
20%	24,23 ± 0,90
30%	17,16 ± 0,75

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.3 CARACTERIZAÇÕES DOS CDP's

#### 4.3.1 COMPRESSÃO AXIAL

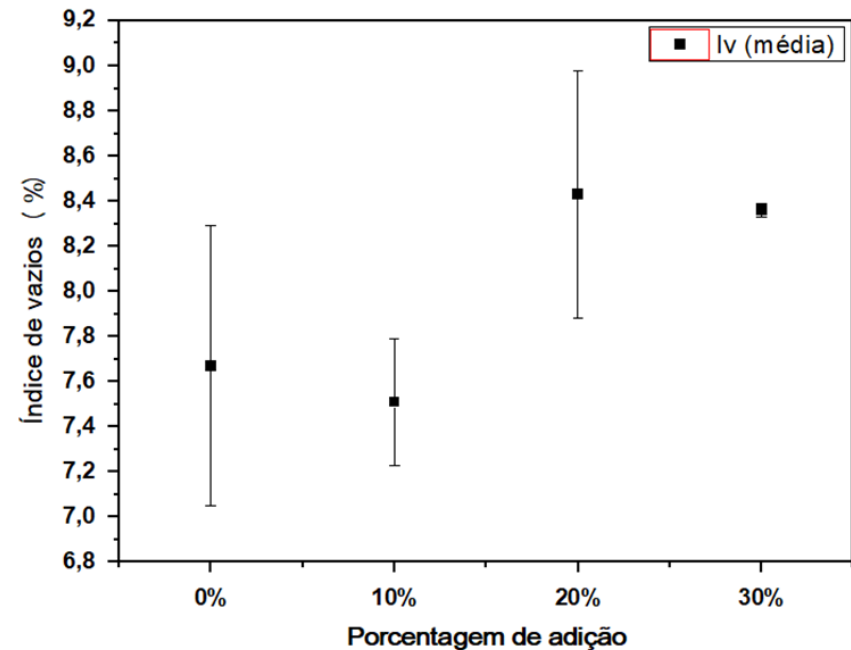
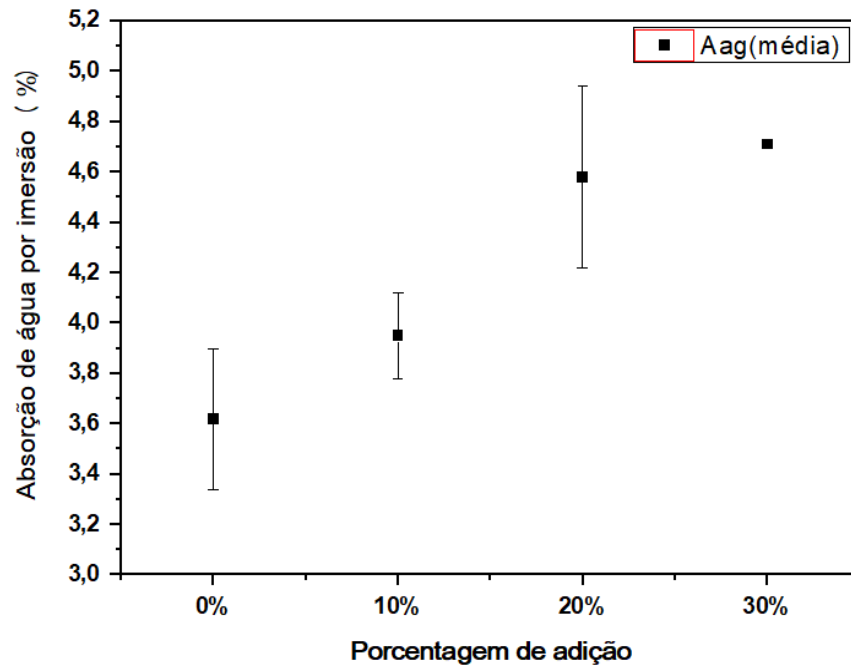


28 dias	Tensão (MPa)
0%	27,43 ± 0,33
10%	29,46 ± 0,40
20%	25,94 ± 0,13
30%	18,14 ± 0,27

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.3 CARACTERIZAÇÕES DOS CDP's

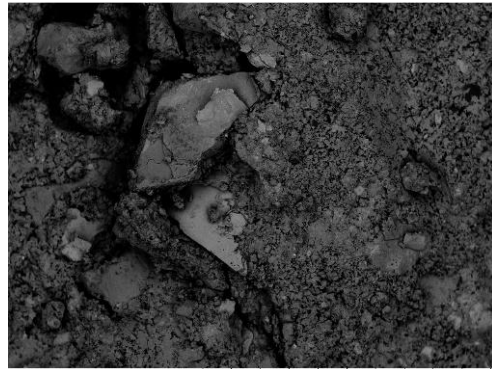
#### 4.3.2 ABSORÇÃO DE ÁGUA POR IMERSÃO E ÍNDICE DE VAZIOS



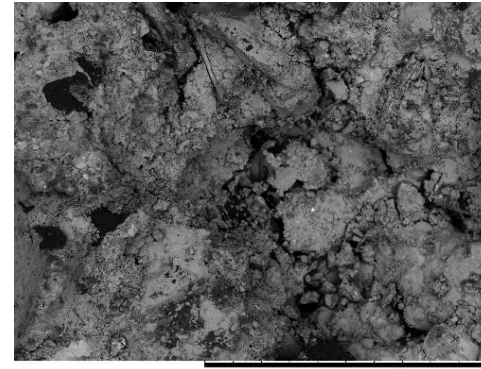
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.3 CARACTERIZAÇÕES DOS CDP's

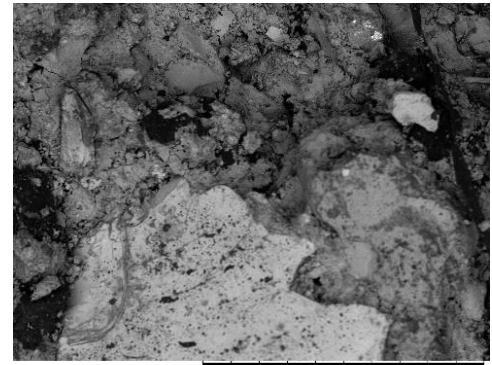
#### 4.3.3 MEV



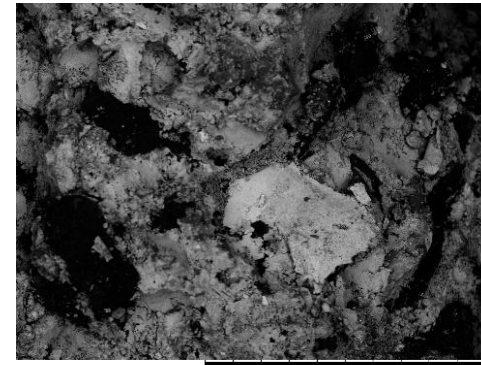
0  
**(a) Concreto 0% PEBD - ampliação 100x**



1  
**(b) Concreto 10% PEBD - ampliação 100x**



2  
**(c) Concreto 20% PEBD - ampliação 100x**



3  
**(d) Concreto 30% PEBD - ampliação 100x**

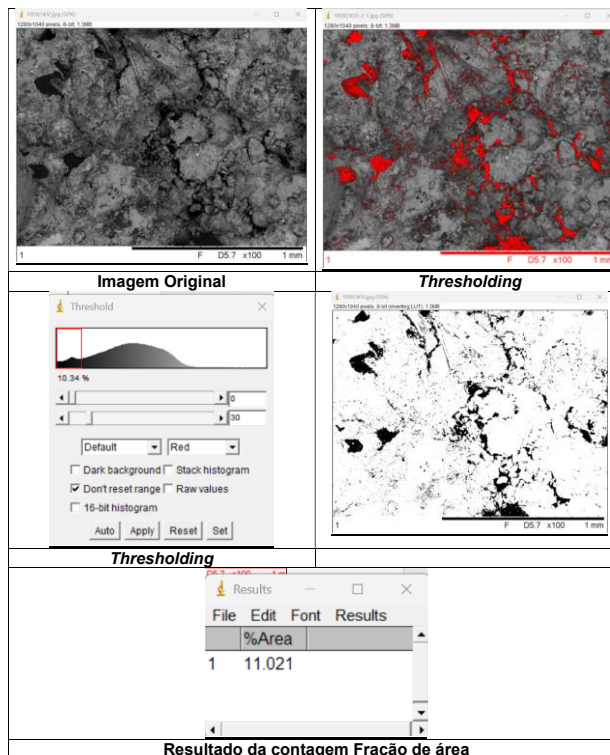
### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.3 CARACTERIZAÇÕES DOS CDP's

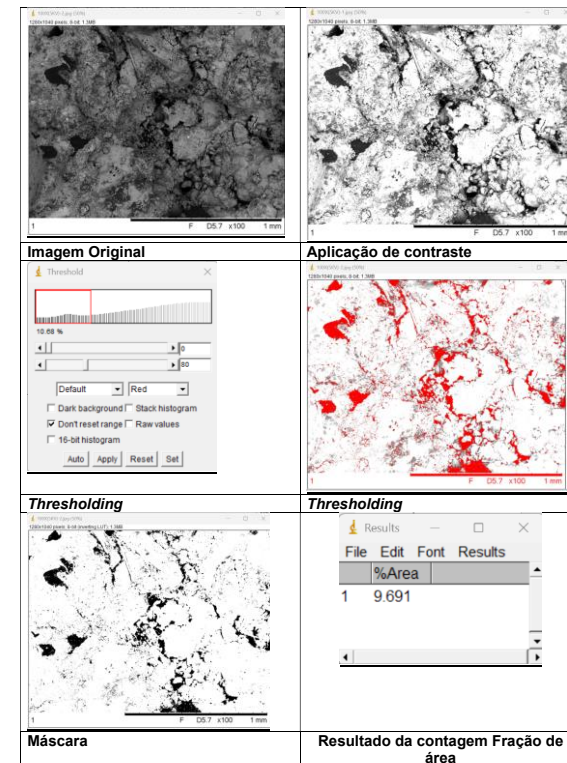
##### 4.3.3 MEV

Amostra com 10% de PEBD

ImageJ método de limiares



ImageJ método de contraste



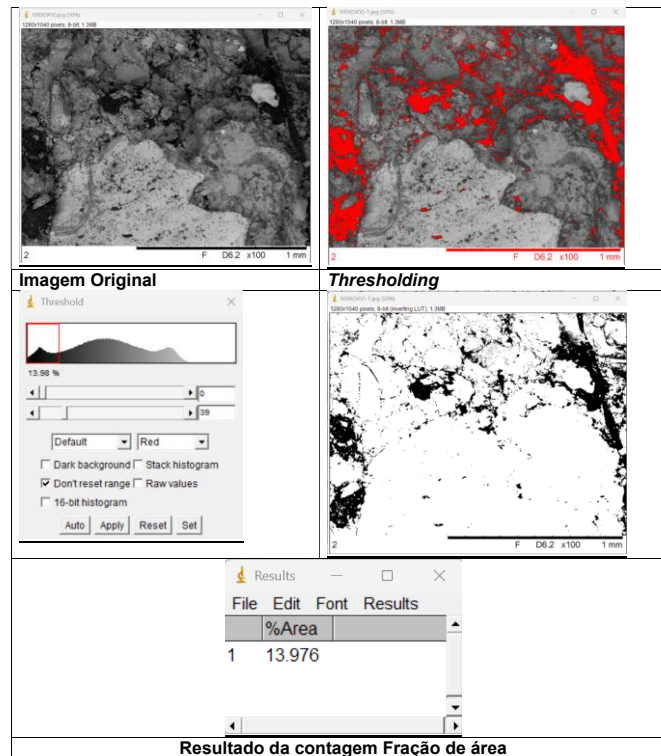
### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.3 CARACTERIZAÇÕES DOS CDP's

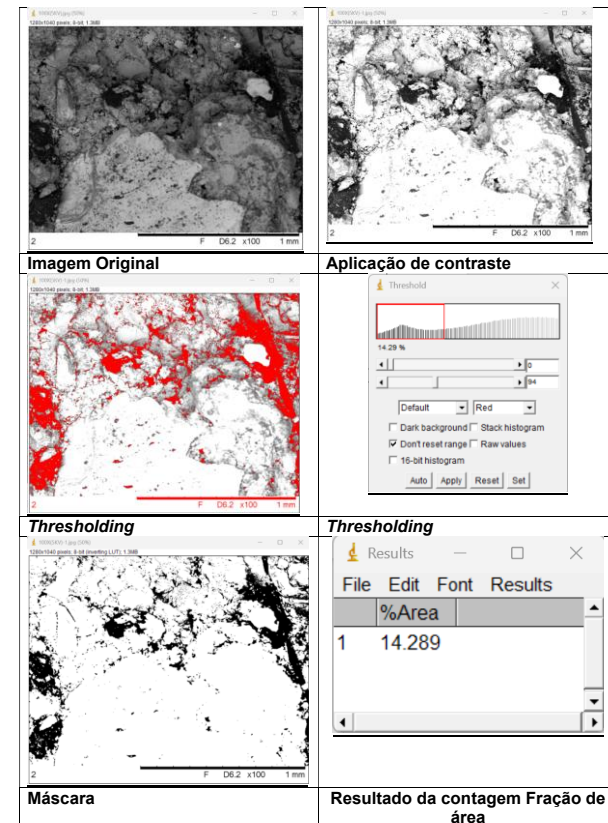
##### 4.3.3 MEV

Amostra com 20% de PEBD

ImageJ método de limiares



ImageJ método de contraste



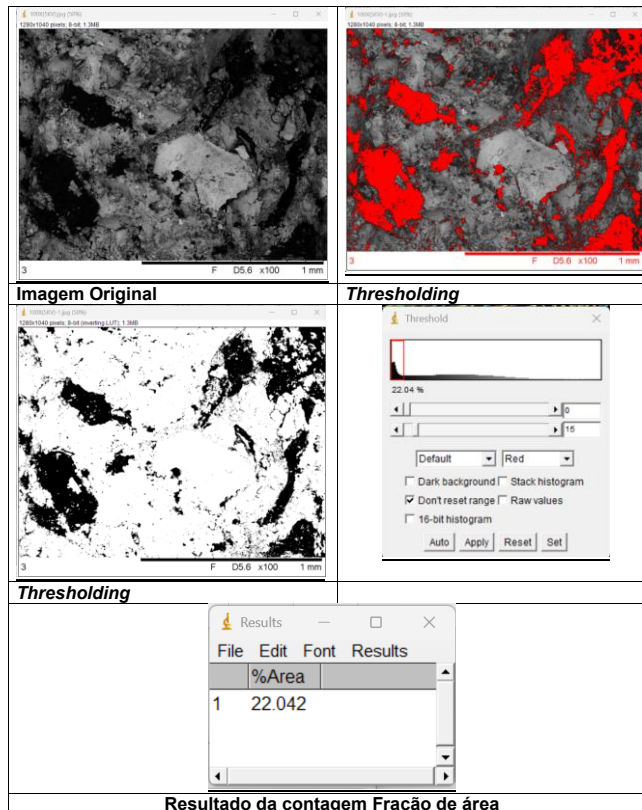
### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.3 CARACTERIZAÇÕES DOS CDP's

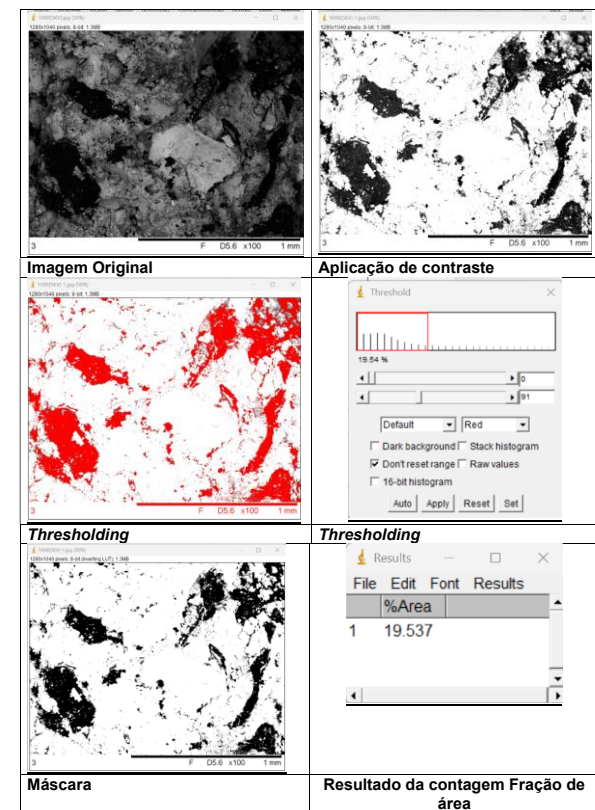
##### 4.3.3 MEV

Amostra com 30% de PEBD

ImageJ método de limiares



ImageJ método de contraste



## **5 CONCLUSÃO**

- Os CDP's com 10% de PEBD tiveram um aumento em sua resistência final de 7% em relação ao referencial.
- Os CDP's não atingiram o mínimo exigido pela norma NBR 9781/2013, que é de 35 MPa.
- Todos CDP's ficaram dentro do exigido pela norma NBR 9781/2013, para o teor de absorção de água, que é no máximo 6%.
- Quanto maior a substituição do PEBD, mais leve fica o produto e tende a ter maior índice de vazios.
- A amostra referência analisada no MEV, apresentou uma microestrutura heterogênea e porosa, típica dos materiais cimentícios.
- Em relação as amostras com adição de PEBD, ficou constatado que quanto maior a quantidade de PEBD, a microestrutura ficou mais fragmentada e mais porosa.

## **5 CONCLUSÃO**

- A partir das análises do ImageJ, somente os valores da amostra com 10% de PEBD ficaram mais próximos do esperado.
- Conclui-se que o uso de 10% de PEBD micronizado, apresenta potencial para aplicações em concreto oferecendo um equilíbrio entre resistência, absorção de água e leveza. No entanto, as formulações com teores mais elevados de PEBD mostram limitações significativas em termos de resistência mecânica e microestrutura, restringindo suas possibilidades de aplicação em contextos que demandam alta performance estrutural.
- Novas investigações são recomendadas para refinar o uso do PEBD, explorar combinações com outros aditivos e avaliar o desempenho em diferentes condições de aplicação.

## **6 TRABALHOS FUTUROS**

- Exploração de Diferentes Proporções e Métodos de Incorporação de PEBD
- Uso de Aditivos e Modificadores Químicos
- Análise do Comportamento a Longo Prazo
- Aplicações em Elementos Não Estruturais
- Estudo do Impacto Ambiental
- Desempenho em Condições Extremas
- Desenvolvimento de Novas Técnicas de Caracterização
- Estudo da Compatibilidade com Outros Resíduos
- Escalabilidade e Análise Econômica
- Desempenho em Outras Normas e Aplicações Internacionais

**Obrigada!**