



FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA



Mestrado Profissional em Materiais

Wesley Rossi Pimenta

APRESENTAÇÃO DO PRODUTO

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE CONCRETO COM INSERÇÃO DE RESÍDUOS DE
ISOLADORES ELÉTRICOS**

Orientadora: Prof.^a Dr.^a: Cirlene Fourquet Bandeira

2022



MATERIAIS

Isoladores Elétricos de Porcelana;

Agregado Graúdo natural;

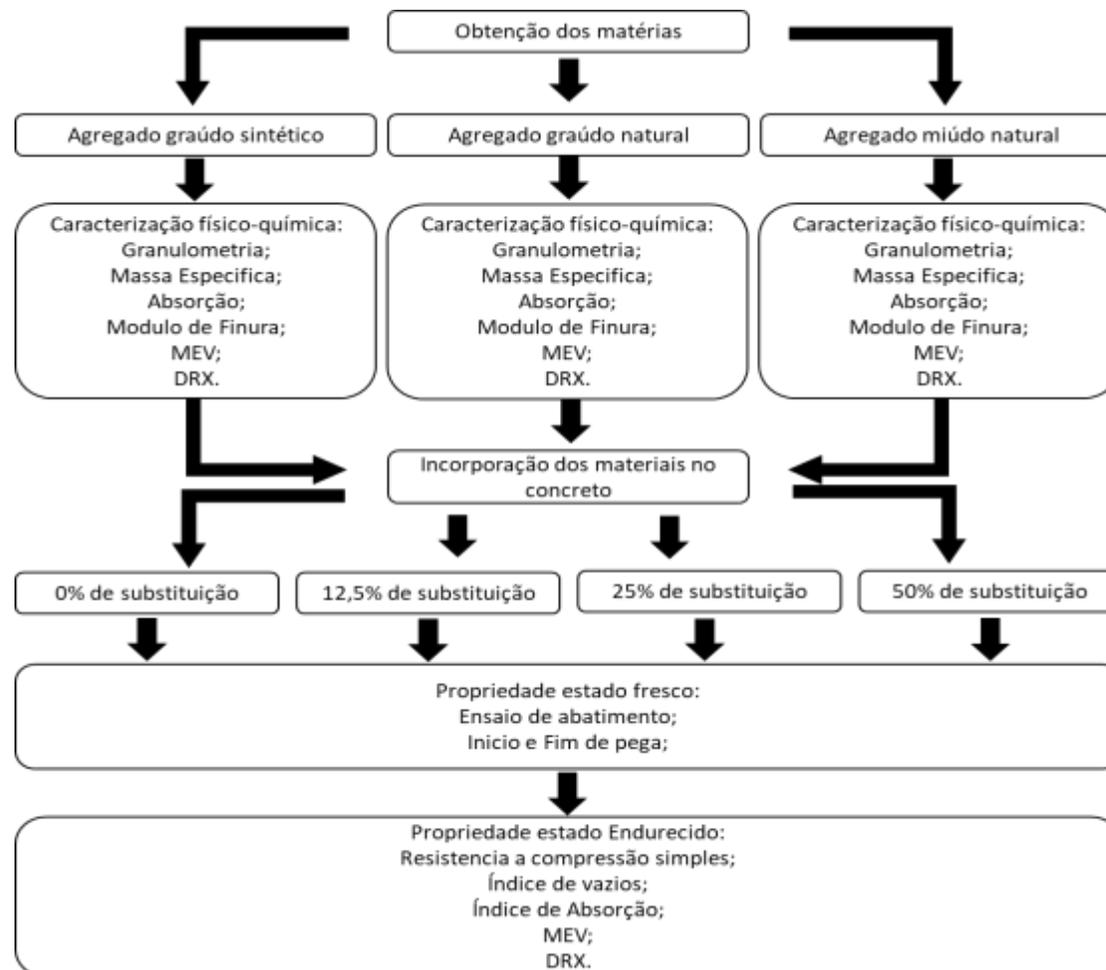
Agregado Miúdo natural;

Cimento CP-B.





MÉTODOS





MÉTODOS

Determinação do Traço

A determinação do traço foi definida em 1: 2: 2,5: 0,50 (Cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água) respectivamente.

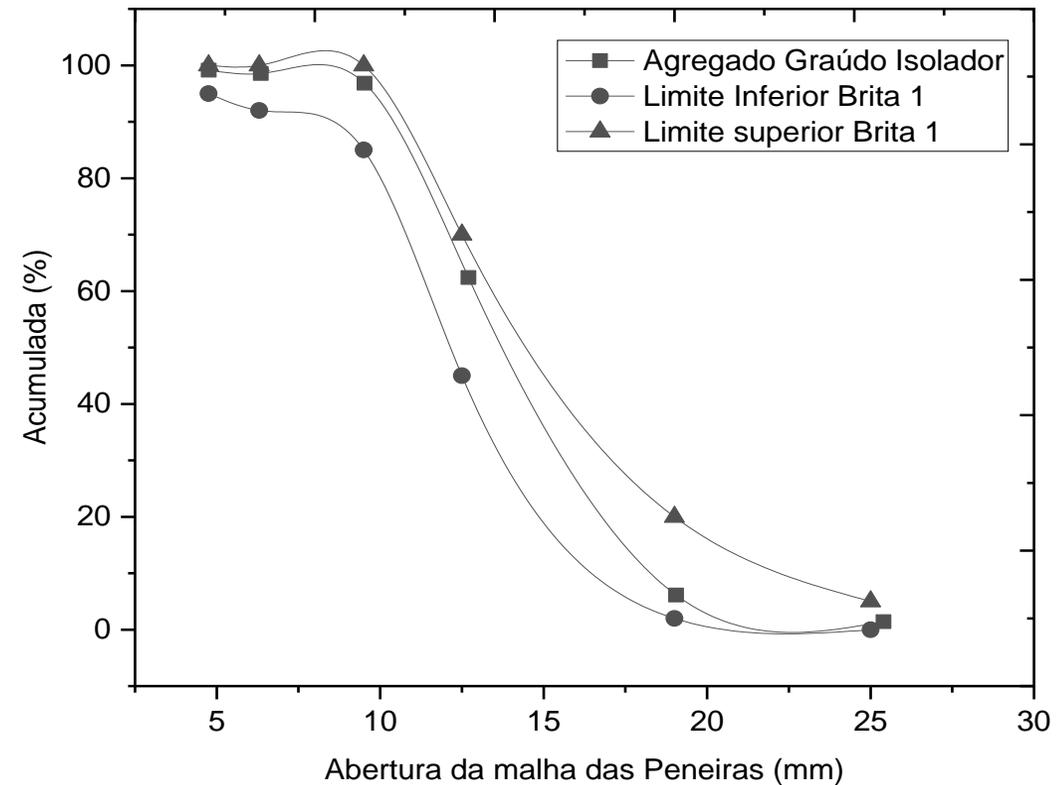
Substituição do agregado graúdo $kg.m^{-3}$

Traço	Cimento	Agregado Miúdo	Agregado graúdo		Água
			Natural	Porcelana	
Ref.	394,32	788,63	985,79	0	197,16
AG 12,5	394,32	788,63	862,57	123,22	197,16
AG 25	394,32	788,63	739,34	246,45	197,16
AG 50	394,32	788,63	492,89	492,89	197,16



RESULTADOS – Caracterização dos Agregados

Isolador elétrico de porcelana (Caracterização – Granulometria)





RESULTADOS – Caracterização dos Agregados

Isolador elétrico de porcelana (Caracterização – Características Físicas)

O isolador elétrico de porcelana apresenta uma baixa absorção de água e menor massa específica aparente em relação a brita natural, também observado a mesma resposta em (CAMPOS, 2009) e (VIEIRA, 2017).

O desvio associado a absorção de água pode estar relacionado ao processo de moagem, proporcionando microfissuras na estrutura dos corpos, e assim, fazendo com que ocorra uma maior absorção de água nas cerâmicas. (CAMPOS, 2009).

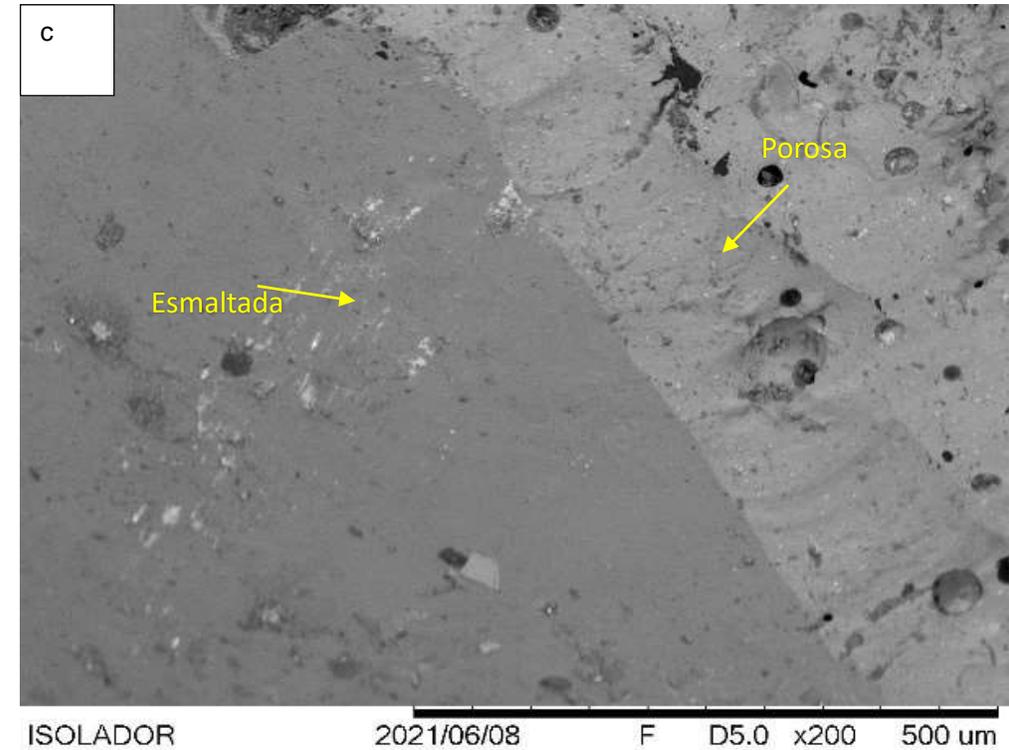
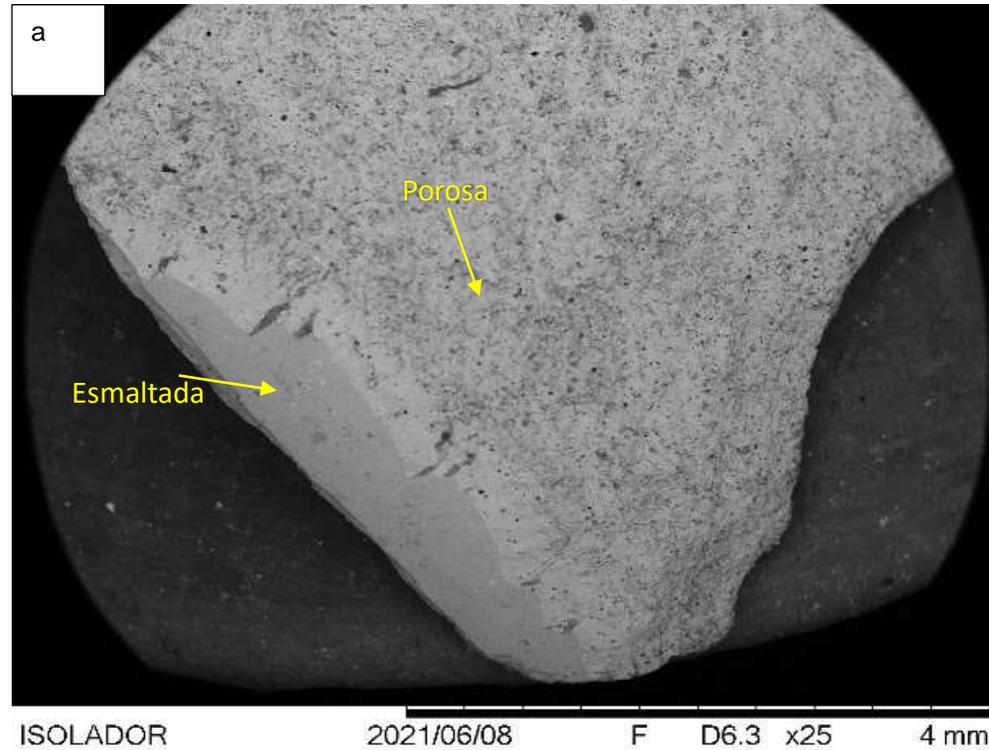
Tabela 16. Características físicas do no Agregado Graúdo artificial

Ensaio	Método de Ensaio	Amostra 1	Amostra 2	Resultado (x)
Massa Específica Aparente ($g \cdot cm^{-3}$)	NBR NM 53/2009	2,34	2,78	2,56
Massa Específica Agregado seco ($g \cdot cm^{-3}$)	NBR NM 53/2009	2,26	2,54	2,40
Massa Específica Agregado Saturado ($g \cdot cm^{-3}$)	NBR NM 53/2009	2,30	2,63	2,47
Absorção (%)	NBR NM 53/2009	1,33	3,46	2,40
Módulo de Finura (M.F)	NBR NM 248/2003	4,25	4,25	4,25
Massa Unitária ($g \cdot cm^{-3}$)	NBR NM 45/2006	1,16	1,20	1,18



RESULTADOS – Caracterização dos Agregados

Isolador elétrico de porcelana (Caracterização – MEV)

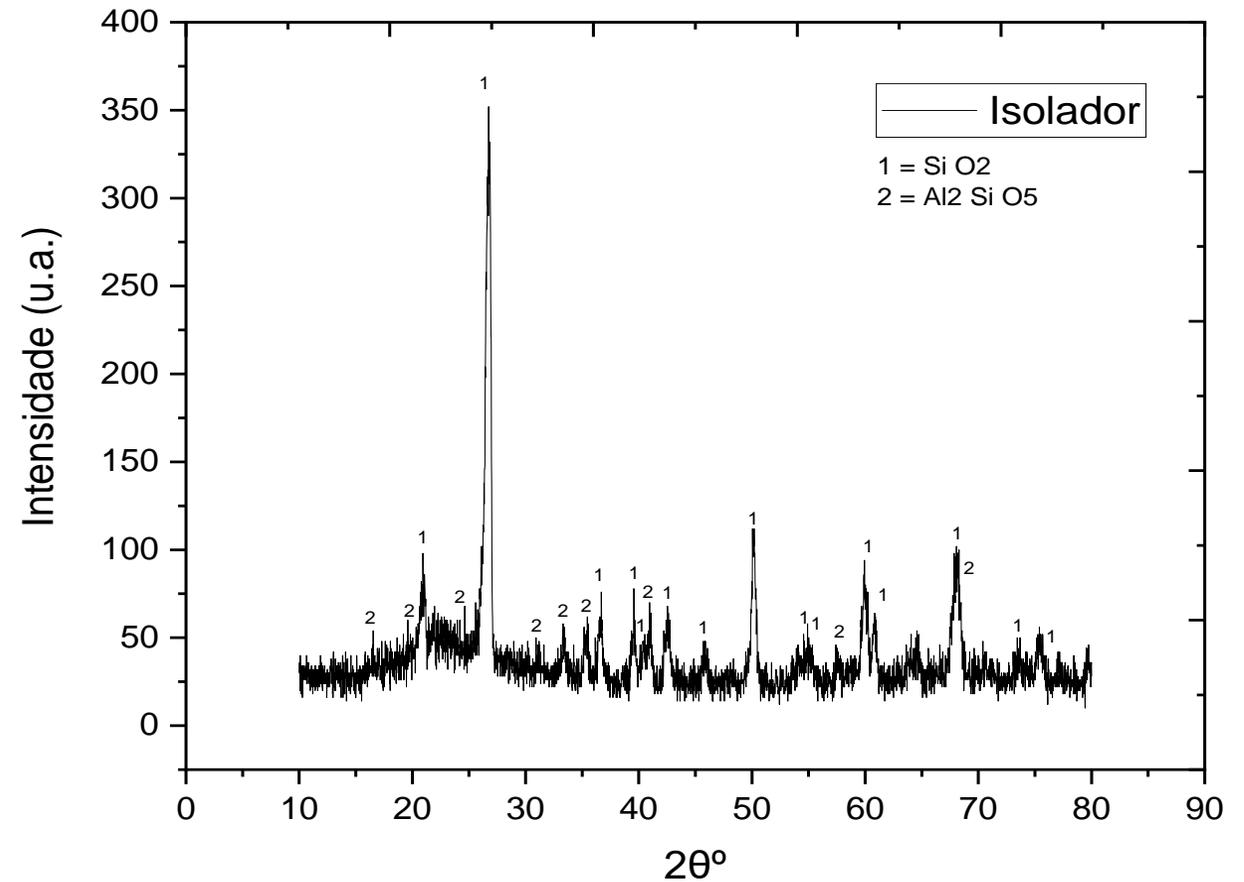




RESULTADOS – Caracterização dos Agregados

Isolador elétrico de porcelana (Caracterização – DRX)

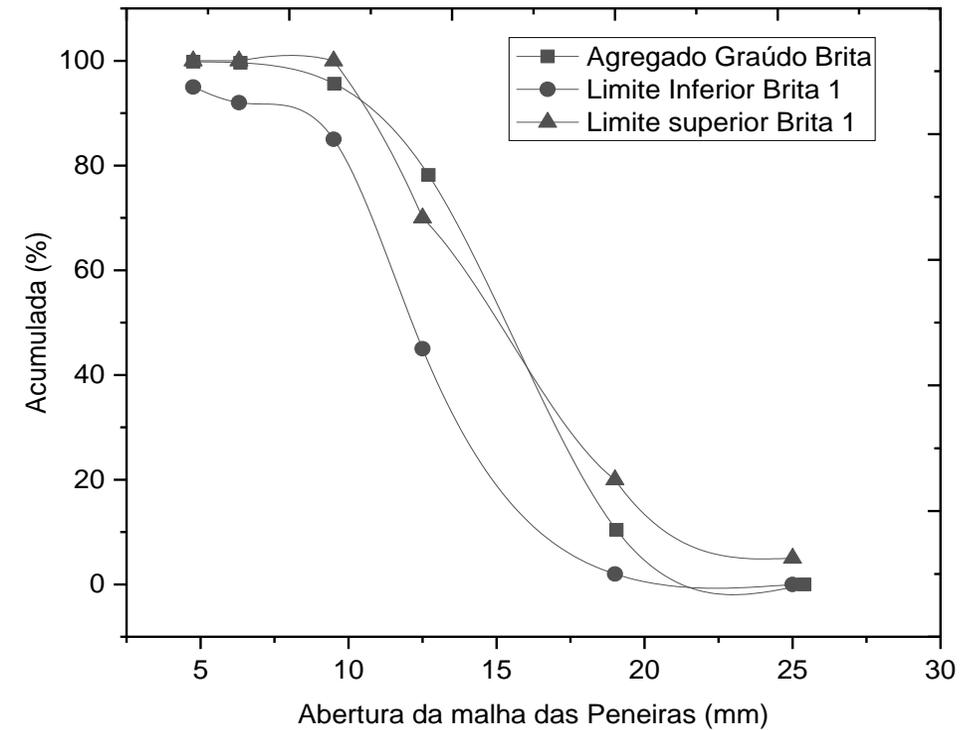
Em geral, o isolador é composto por 2 elementos básicos: Quartzo ou Dióxido de Silício e Silicato de alumínio, também verificado em (SOUZA; DAS NEVES; ALARCON, 2004).





RESULTADOS – Caracterização dos Agregados

Brita natural (Caracterização – Granulometria)





RESULTADOS – Caracterização dos Agregados

Brita natural (Caracterização – Características Físicas)

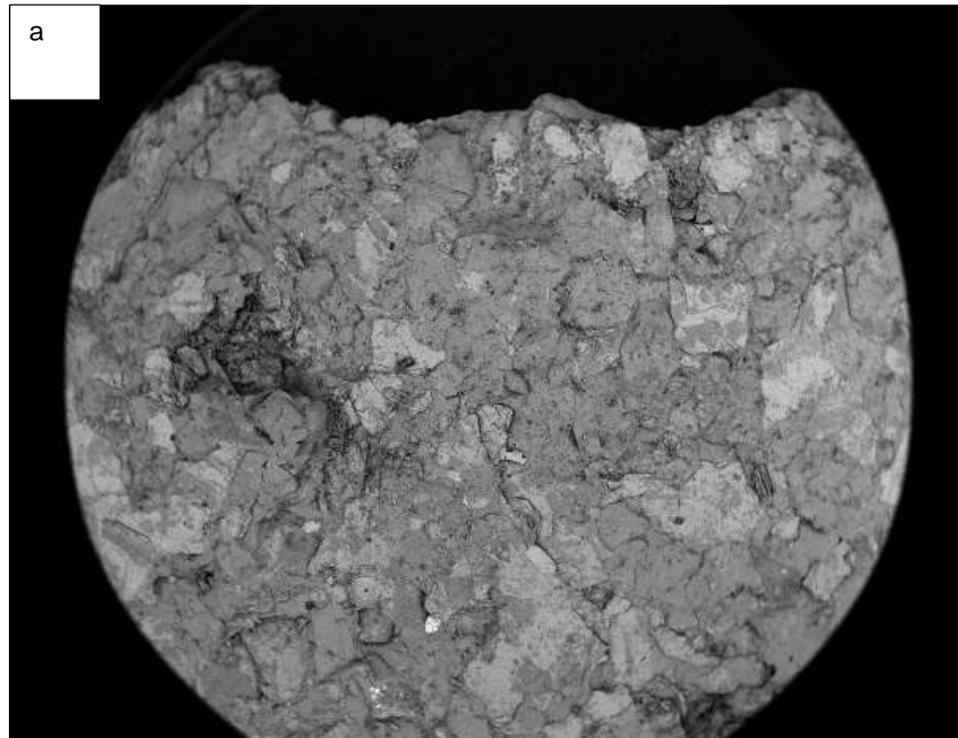
O agregado graúdo natural, exibiu uma elevada absorção de água e massa específica aparente em relação aos isoladores elétricos de porcelana, pela provável composição mineralógica. No entanto, há uma similaridade entre os agregados, também verificado por Campos (2009).

Ensaio	Método de Ensaio	Amostra 1	Amostra 2	Resultado (x)
Massa Específica Aparente ($g \cdot cm^{-3}$)	NBR NM 53/2009	2,62	2,97	2,80
Massa Específica Agregado seco ($g \cdot cm^{-3}$)	NBR NM 53/2009	2,49	2,57	2,53
Massa Específica Agregado Saturado ($g \cdot cm^{-3}$)	NBR NM 53/2009	2,54	2,71	2,63
Absorção (%)	NBR NM 53/2009	2,10	5,26	3,68
Módulo de Finura (M.F)	NBR NM 248/2003	3,84	3,84	3,84
Massa Unitária ($g \cdot cm^{-3}$)	NBR NM 45/2006	1,35	1,40	1,38

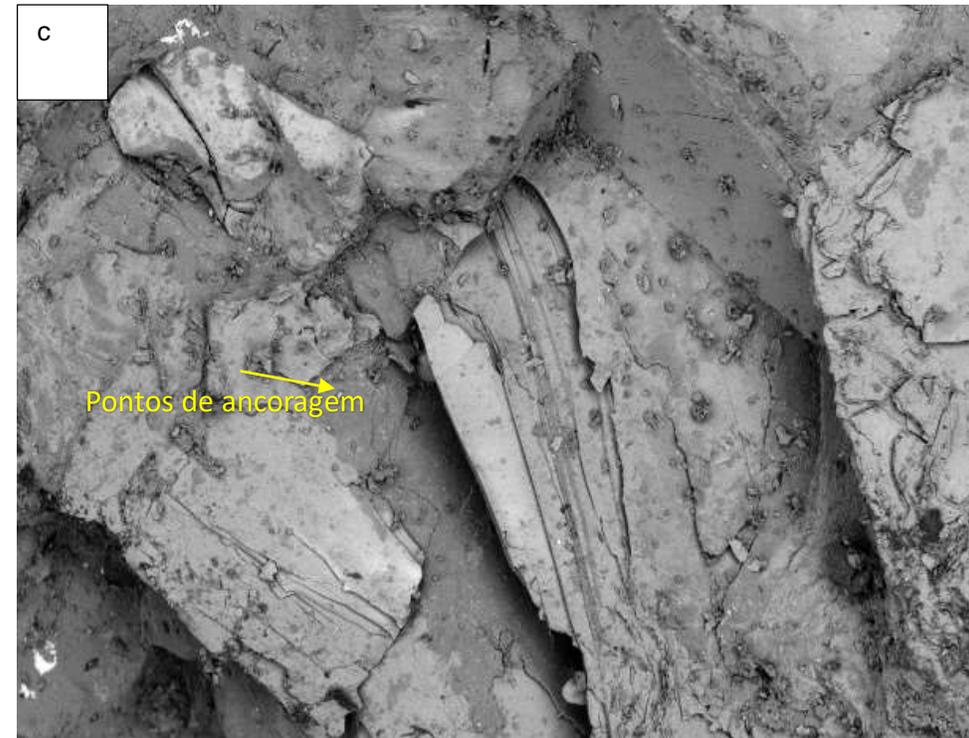


RESULTADOS – Caracterização dos Agregados

Brita natural (Caracterização – MEV)



BRITA 2021/05/13 F D5.1 x25 4 mm



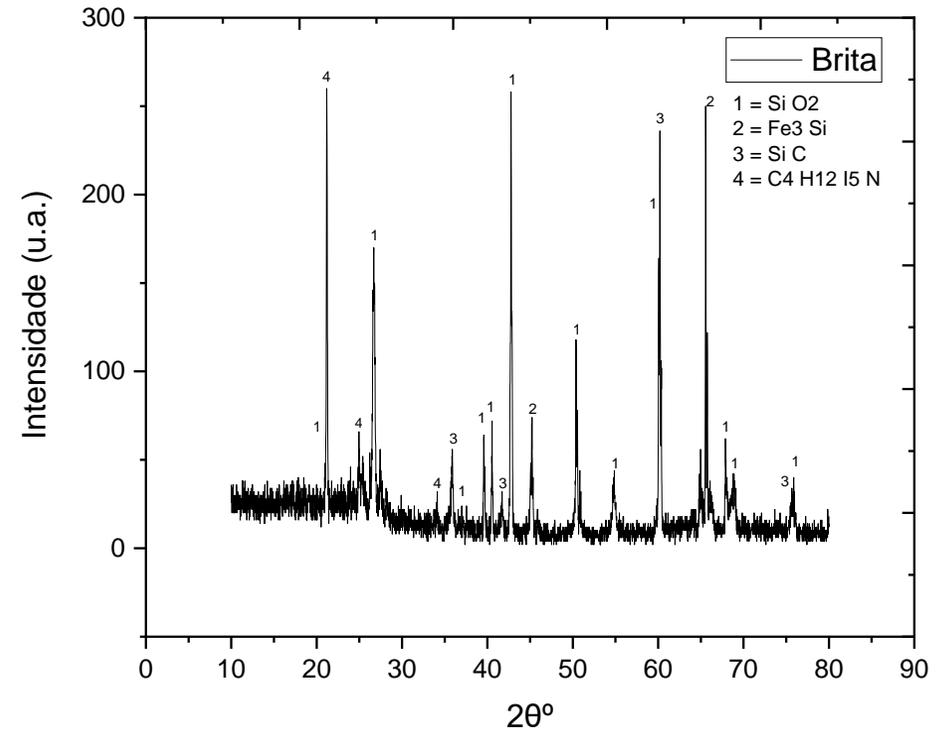
BRITA 2021/05/13 F D4.6 x200 500 um



RESULTADOS – Caracterização dos Agregados

Brita natural (Caracterização – DRX)

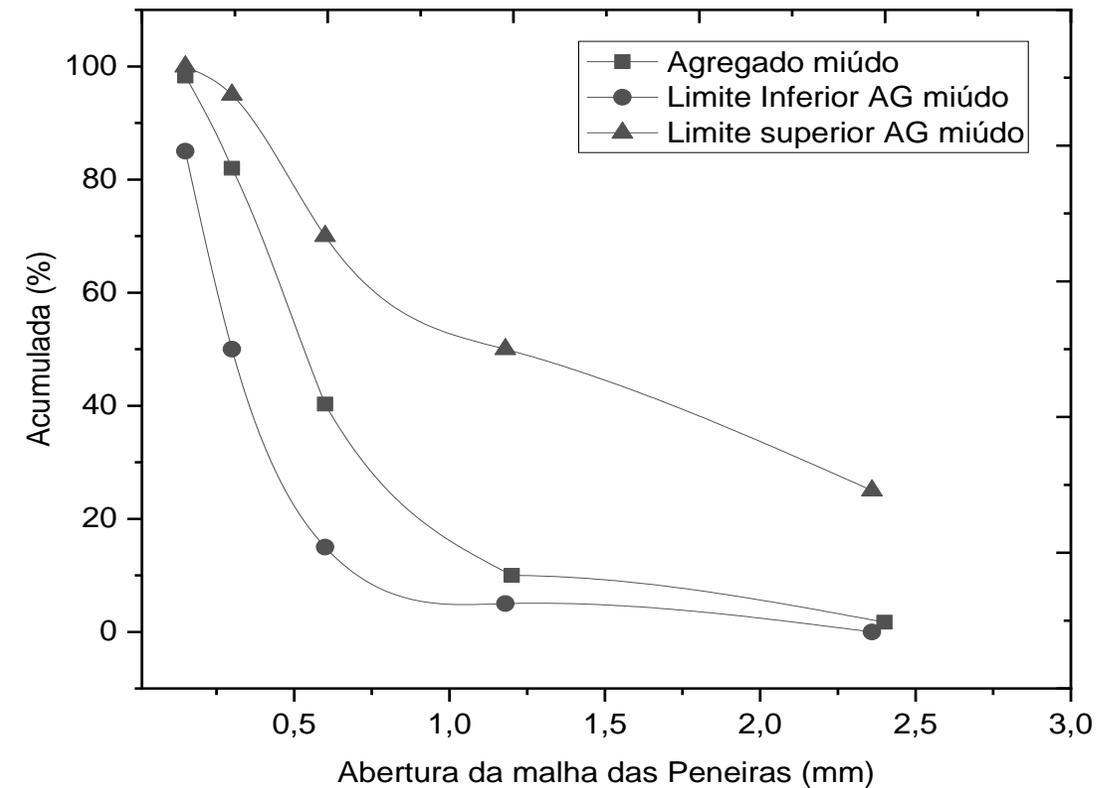
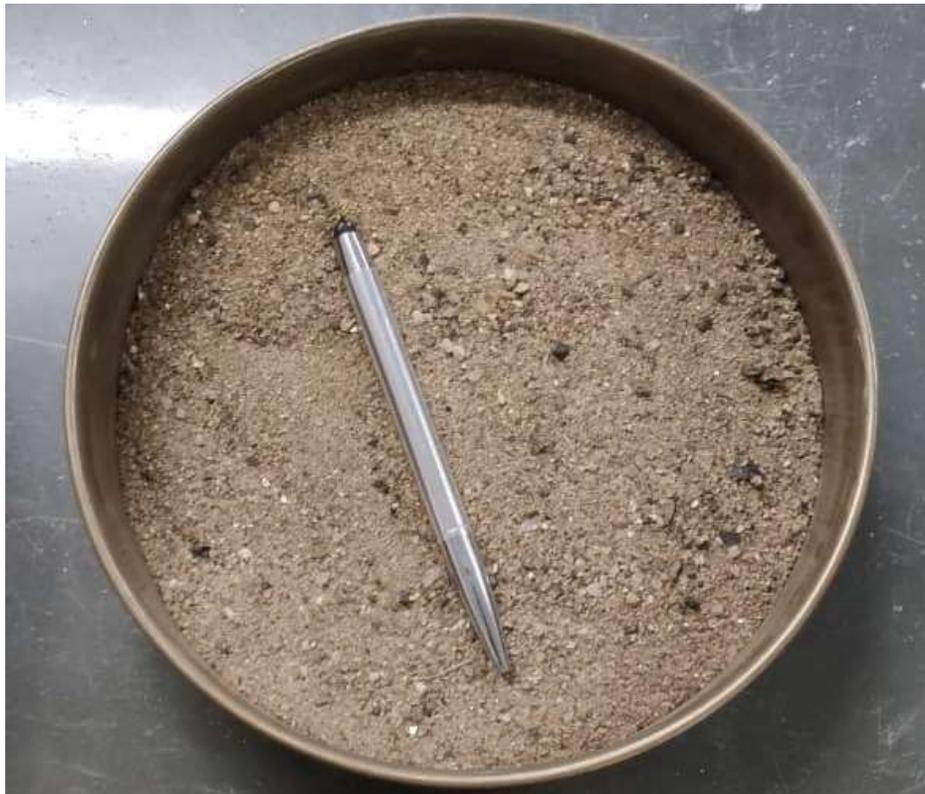
Em geral, o granito é composto por três elementos básicos, tendo o quartzo e feldspato como principais componentes, e subjacente os de menor ocorrência como fosfato, óxido de ferro, silicatos de ferro, grafita e carbono (COSTA, 2016).





RESULTADOS – Caracterização dos Agregados

Agregado miúdo (Caracterização – Granulometria)





RESULTADOS – Caracterização dos Agregados

Agregado miúdo (Caracterização – Características Físicas)

O agregado miúdo, possui um baixo módulo de finura em comparação aos utilizados em Campos (2009) e Vieira (2017), indicando um possível melhor preenchimento dos vazios formados pelos agregados graúdos.

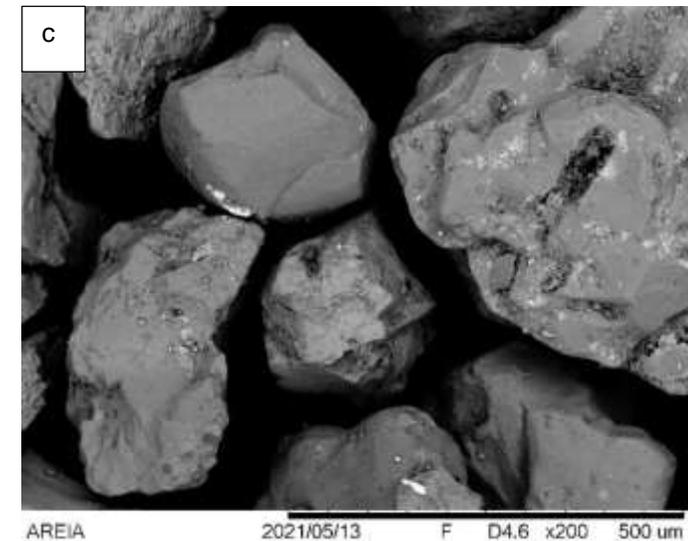
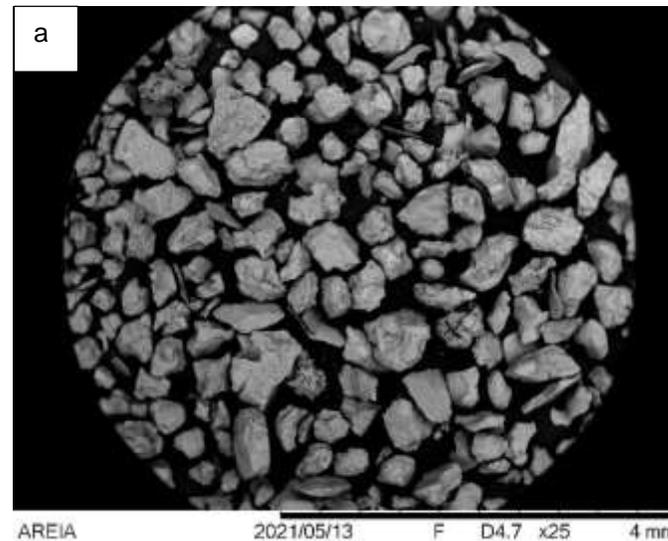
Ensaio	Método de Ensaio	Amostra 1	Amostra 2	Resultado
Dimensão Máxima Característica (mm)	NBR NM 248/2003	2,40	2,40	2,400
Módulo de Finura	NBR NM 248/2003	2,323	2,323	2,323
Massa Unitária ($g.cm^{-3}$)	NBR NM 45/2006	1,42	1,50	1,46



RESULTADOS – Caracterização dos Agregados

Agregado miúdo (Caracterização – MEV)

Na análise da areia por meio do MEV, observou-se uma característica lamelar do agregado miúdo, aliado a uma boa distribuição granulométrica, contribuindo para uma boa homogeneização da pasta.

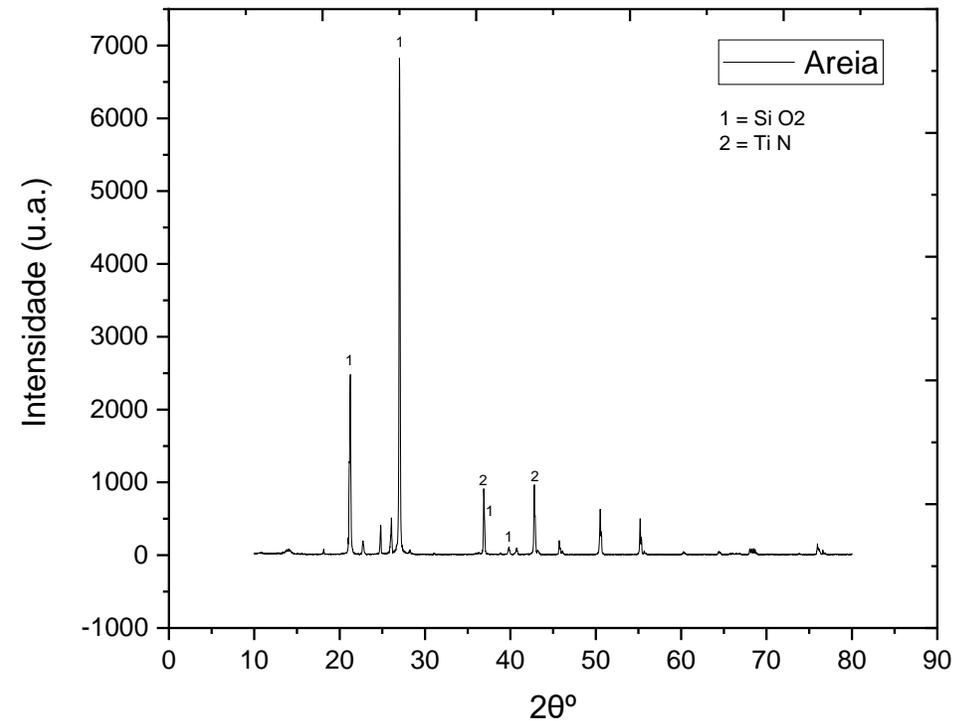




RESULTADOS – Caracterização dos Agregados

Agregado miúdo (Caracterização – DRX)

Os dados da composição analisada exibem características de areia de leito do rio, com quantidades de Quartzo (sílica) de forma predominante e alguns minerais subjacentes (VIEIRA, 2017), com incidência de Azidas de Titânio.





RESULTADOS – Caracterização do cimento

Cimento CP-B (Caracterização – Expansibilidade de Le Chatelier)

A partir da Tabela, pode ser verificado que o cimento CP-B exibe uma taxa de expansibilidade conforme a norma e normal em relação aos cimentos dispostos no mercado. Tendo que o valor da expansibilidade máxima de 5,0 mm descrita pela NBR 16697 (BRASIL, 2019).

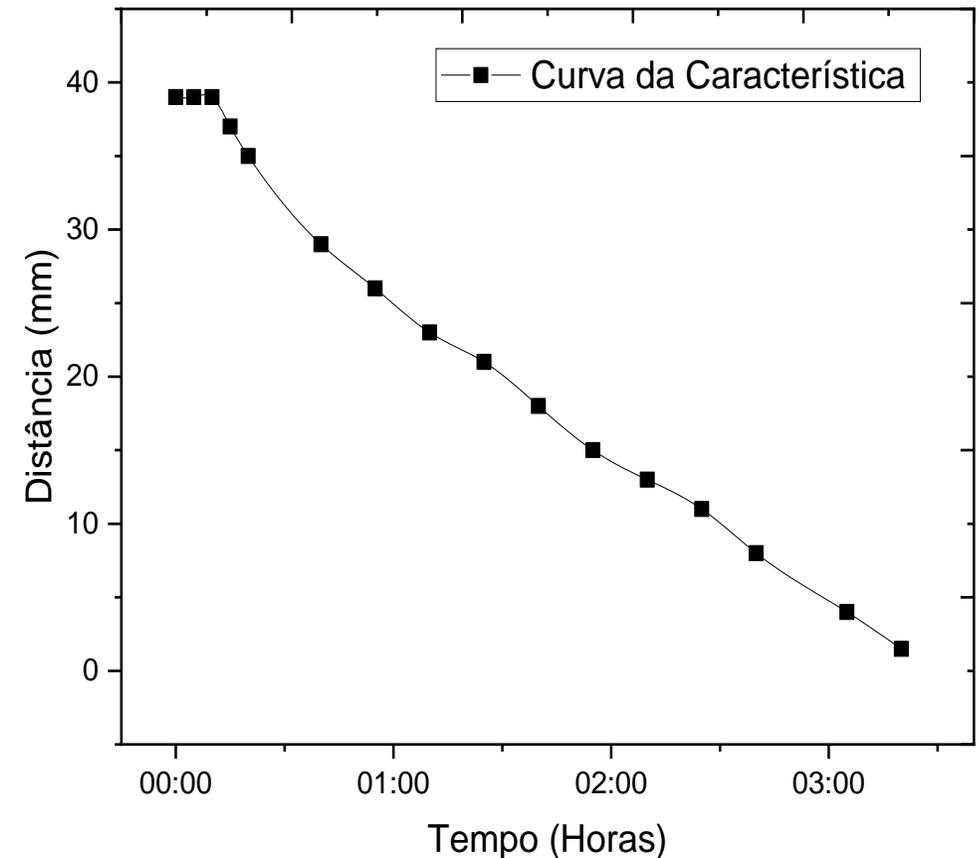
Corpos de Prova	Referência	Referência + 7 Dias	Expansividade	Média
CP 1	0,0 mm	3,5 mm	3,5 mm	2,9 mm
CP2	0,0 mm	2,3 mm	2,5 mm	



RESULTADOS – Caracterização do cimento

Cimento CP-B (Caracterização – Início e fim de pega)

O tempo de início de pega se apresentou em desconforme com a NBR19697 (2018) onde estabelece que o CP-B deverá apresentar um tempo de início de pega maior ou igual a 60 min para 4 ± 1 mm. Já o tempo de fim de pega, se apresentou dentro da norma sendo menor ou igual que 600 min para o CP-B. Tendo que o fim de pega do CP-B é inferior ao CP V e CP IV.

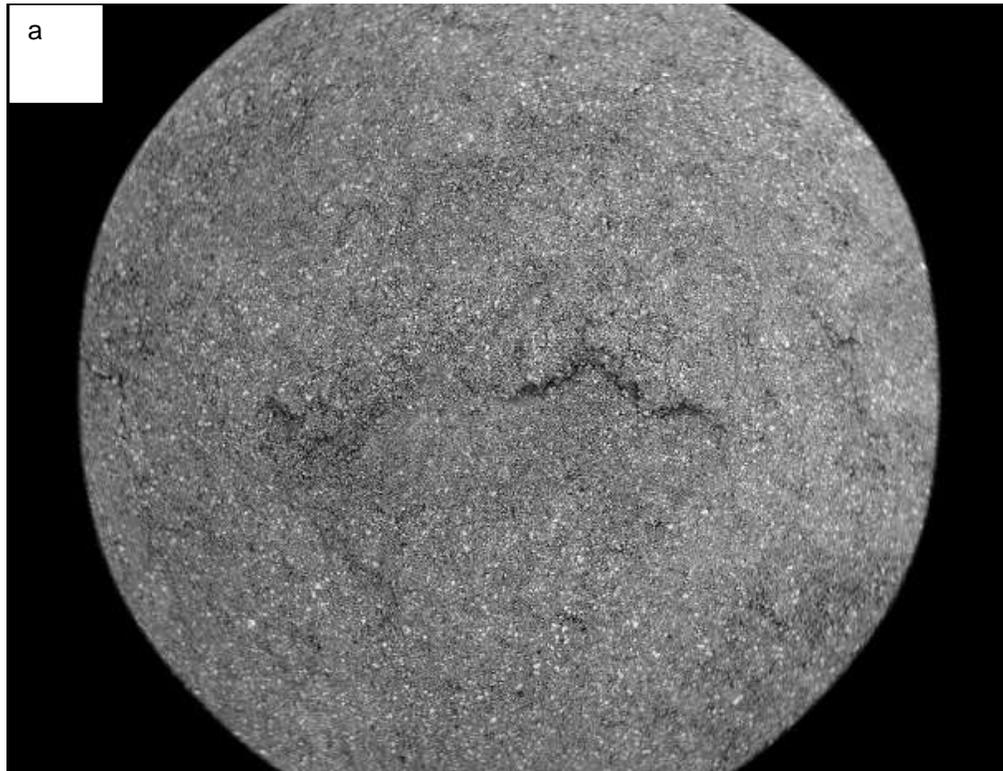


Ensaio	Pasta CP 1	Pasta CP 2	Média
Início de Pega (min)	55	54	54
Fim de Pega (min)	200	202	201

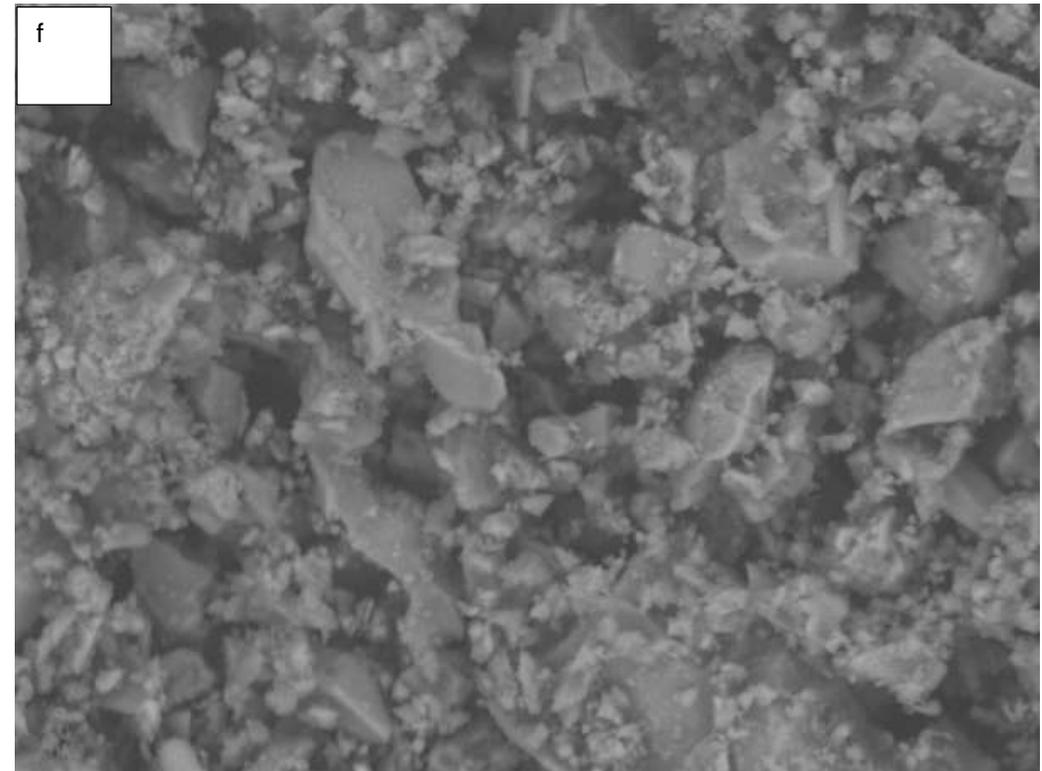


RESULTADOS – Caracterização do cimento

Cimento CP-B (Caracterização – MEV)



CPB 2021/05/13 F D4.8 x25 4 mm



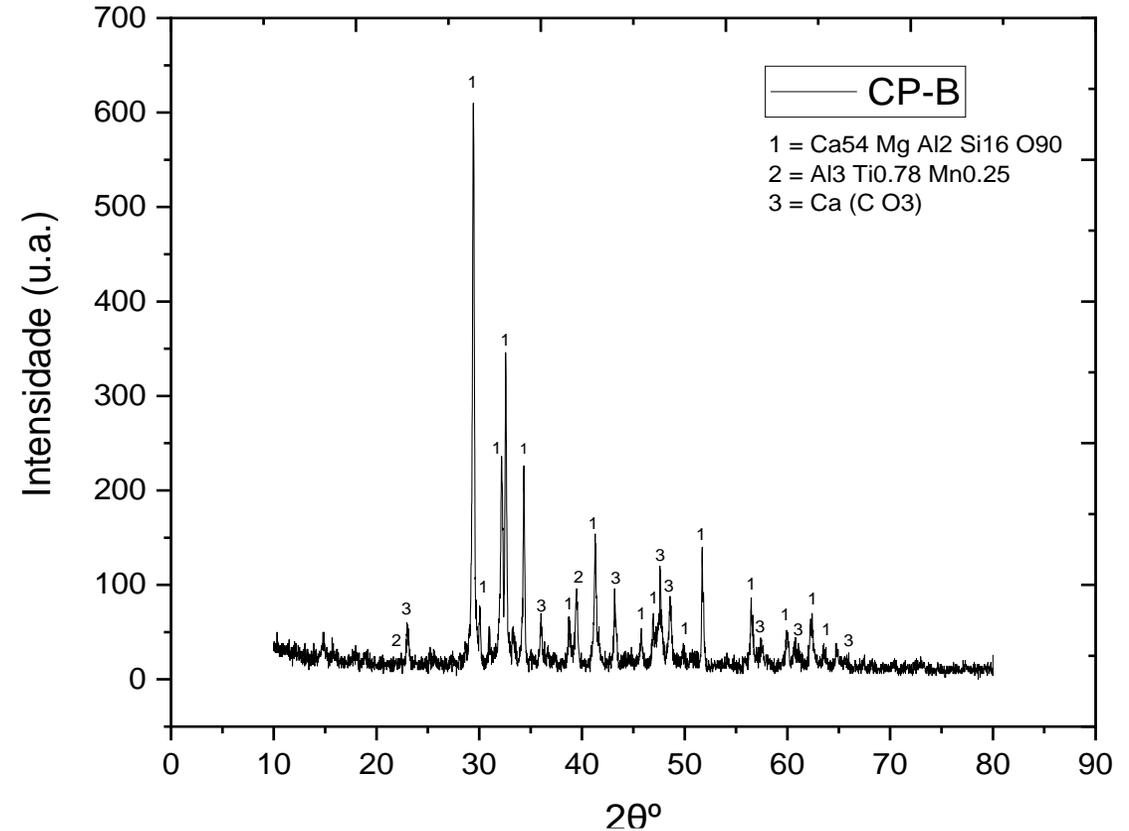
CPB 2021/05/13 H D5.1 x2.0k 30 um



RESULTADOS – Caracterização do cimento

Cimento CP-B (Caracterização – DRX)

Para o cimento Portland Branco, é observável a presença de Silicato tricálcico (Alita), Silicato dicálcico (Belita), aluminato tricálcico (Aluminato), Ferro aluminato tetracálcico (Ferrita) e compostos menores como óxidos de cálcio livre, magnésio, manganês, dentre outros. (KIRCHHEIM, 2003).





RESULTADOS – Concreto estado Fresco

Propriedades do estado fresco do concreto

Os concretos apresentaram uma boa coesão , indicando que a adição de porcelana graúda oriunda de isoladores, apresentaram uma baixa taxa de abatimento, podendo estar associado ao fato de a porcelana ser um material de baixa permeabilidade, indicando uma taxa máxima de abatimento de 15%, apontando uma fluidez do concreto. A baixa taxa de abatimento pode ser associada a baixa relação água/cimento, e a não utilização de aditivos (CAMPOS, 2009).

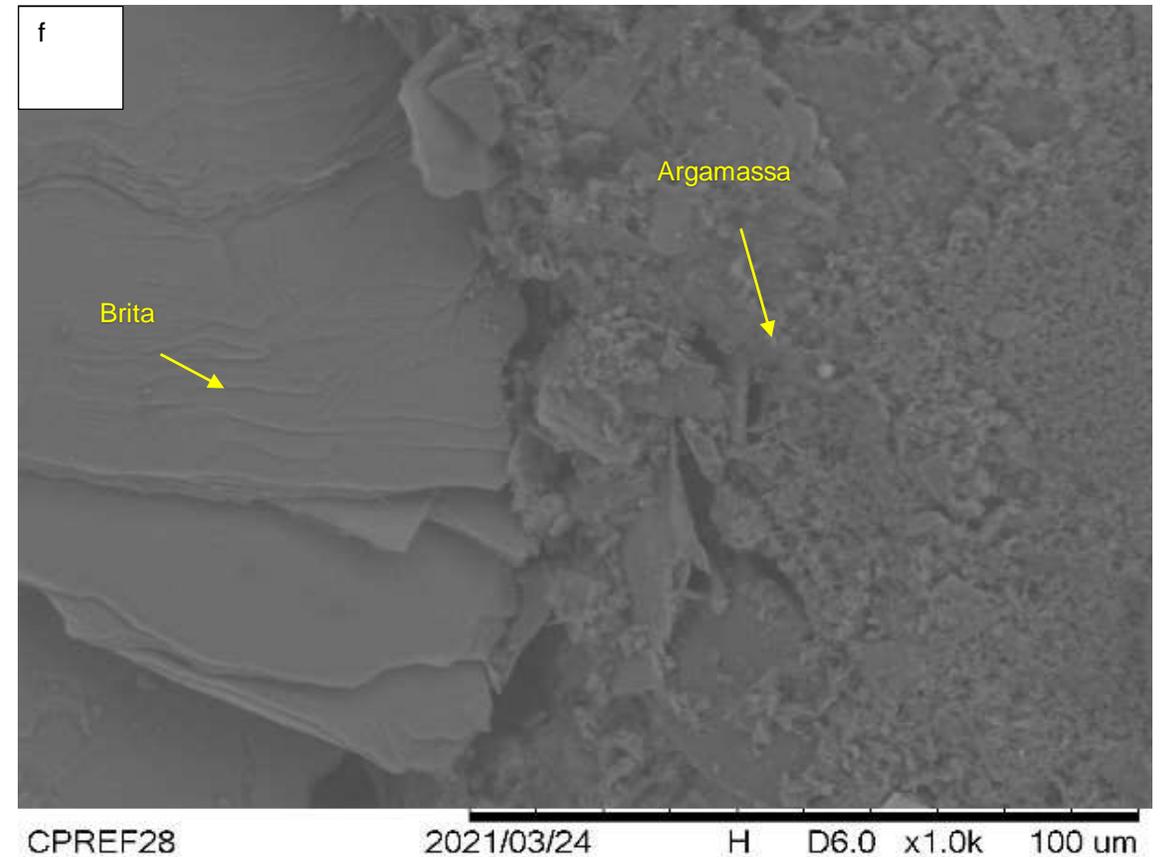
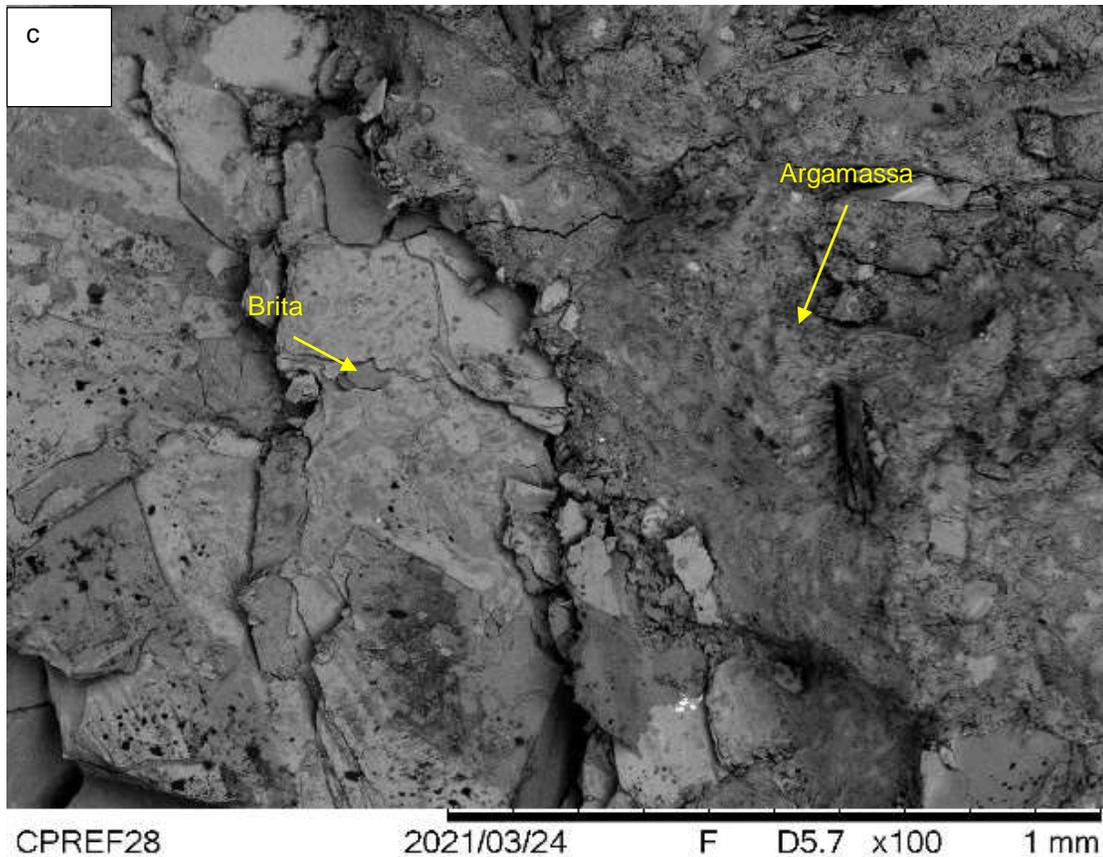


Ensaio	Ref.	AG 12,5	AG 25	AG 50
Abatimento (mm)	45 mm	45 mm	44 mm	45 mm



RESULTADOS

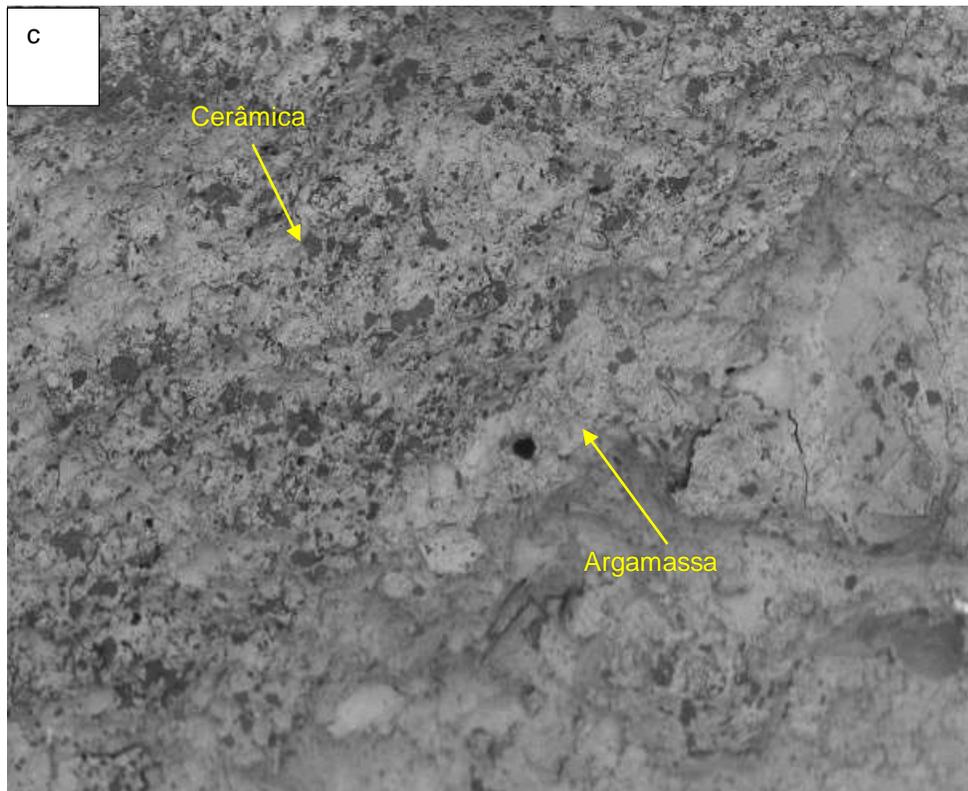
Concreto Referência (Caracterização – MEV)



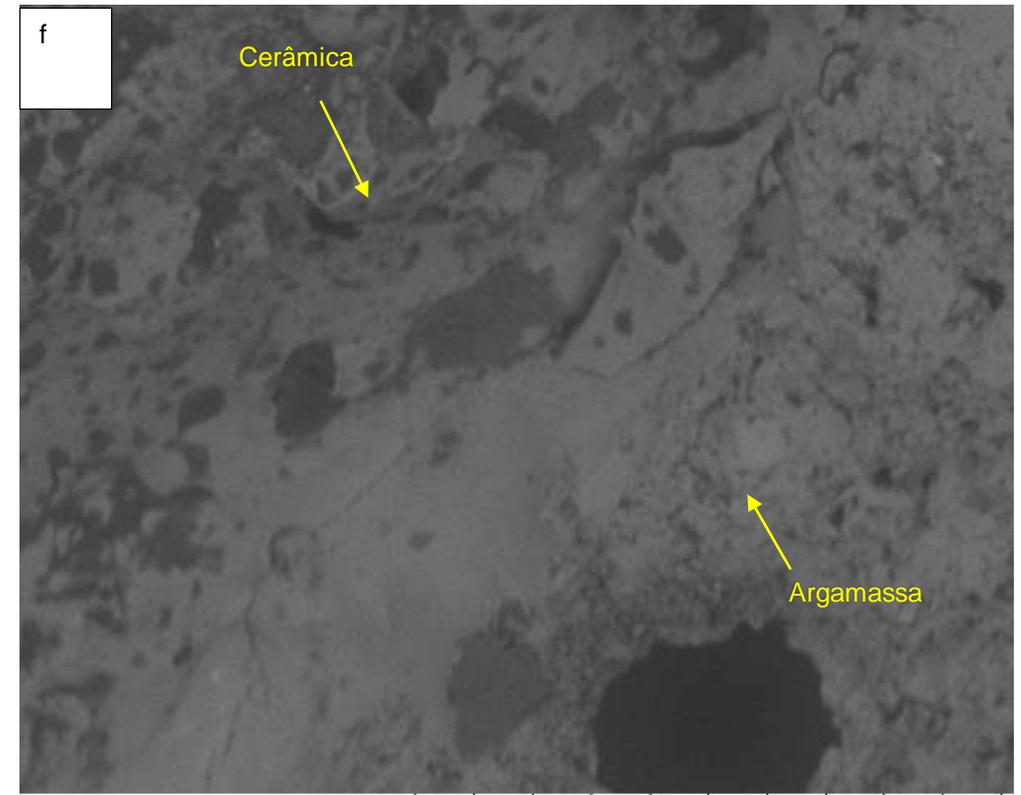


RESULTADOS

Concreto AG 12,5 (Caracterização – MEV)



AG12,5 2021/06/08 F D5.4 x100 1 mm

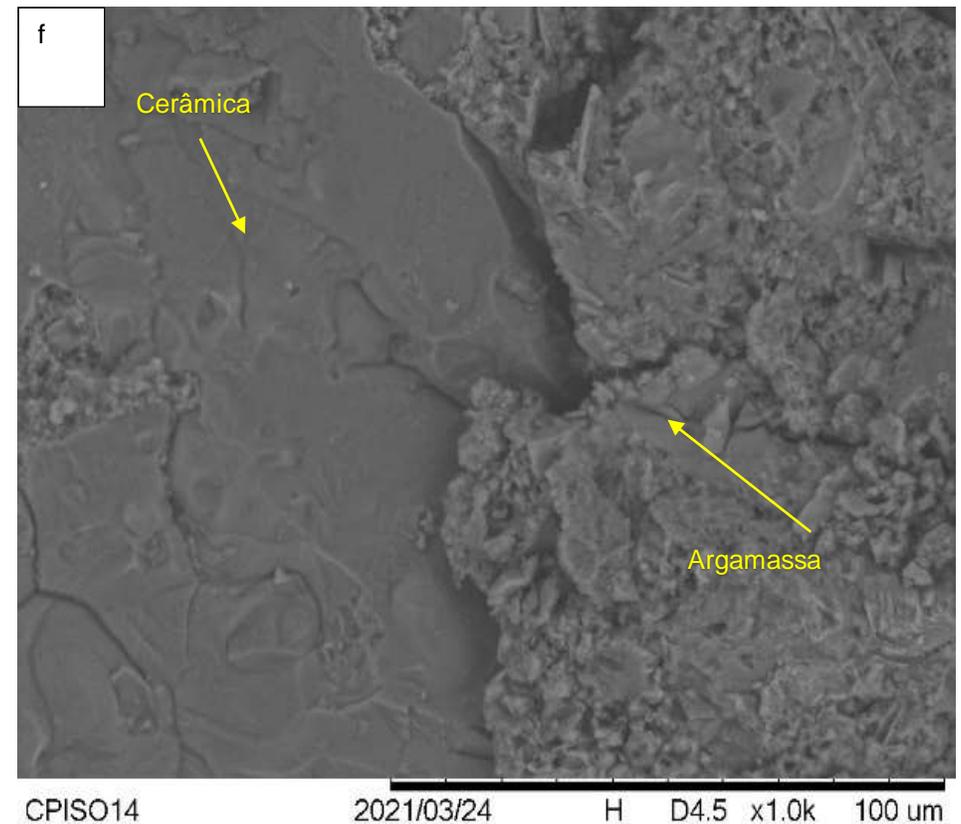
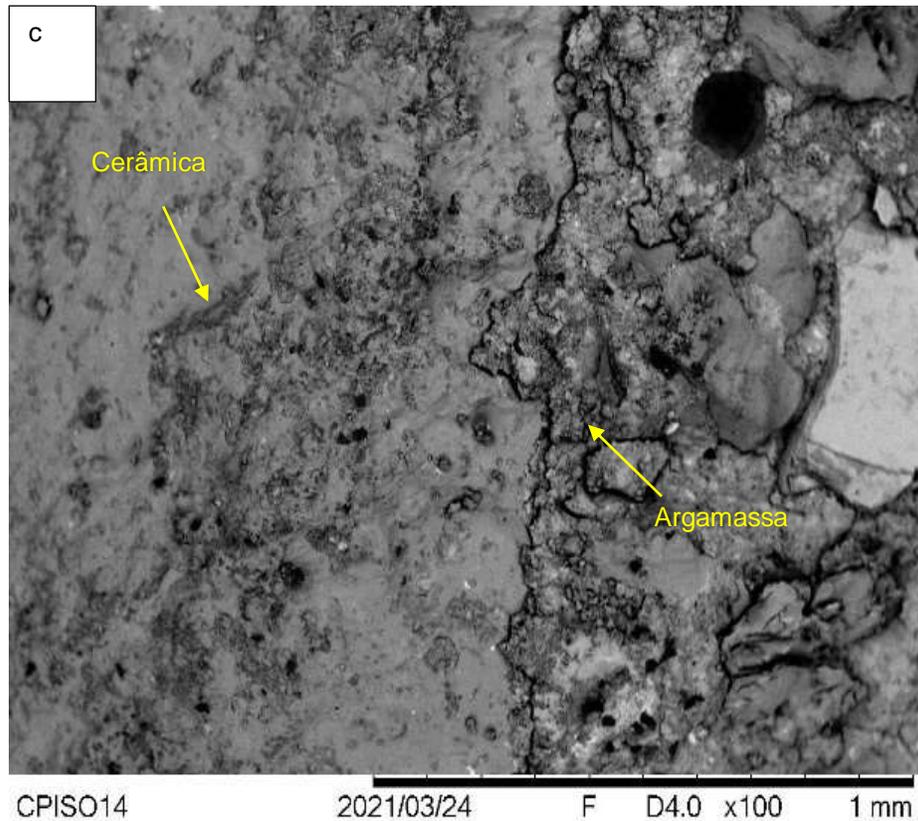


AG12,5 2021/06/08 F L D5.6 x1.0k 100 um



RESULTADOS

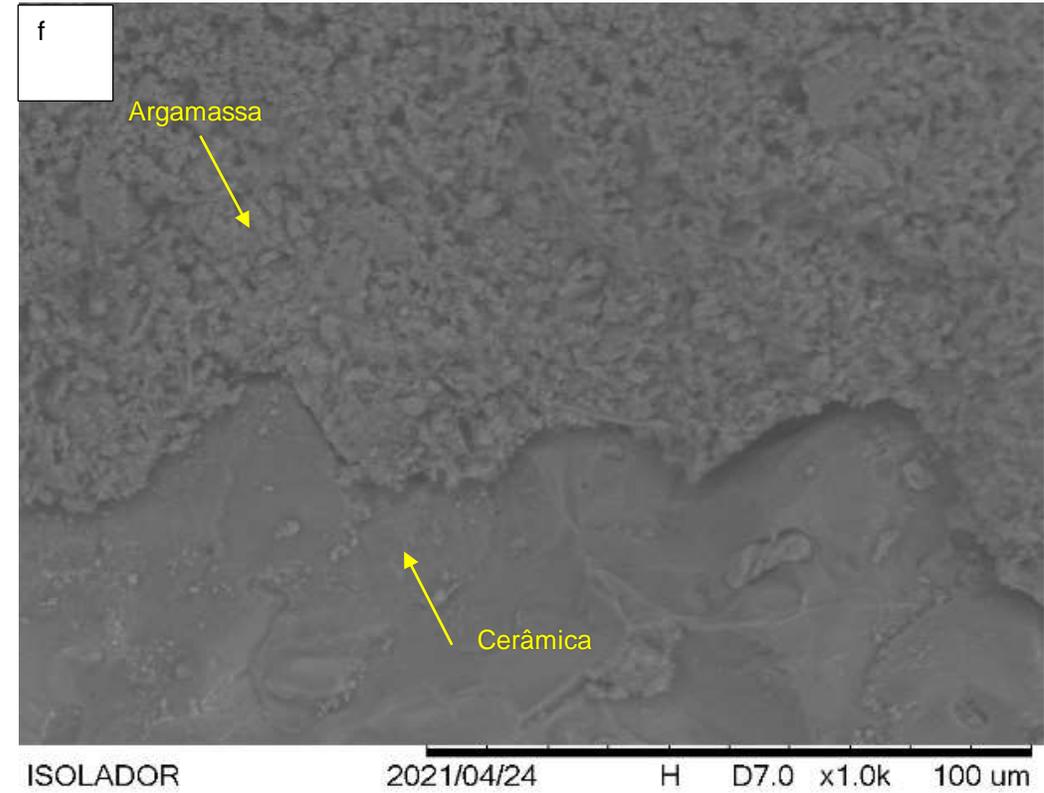
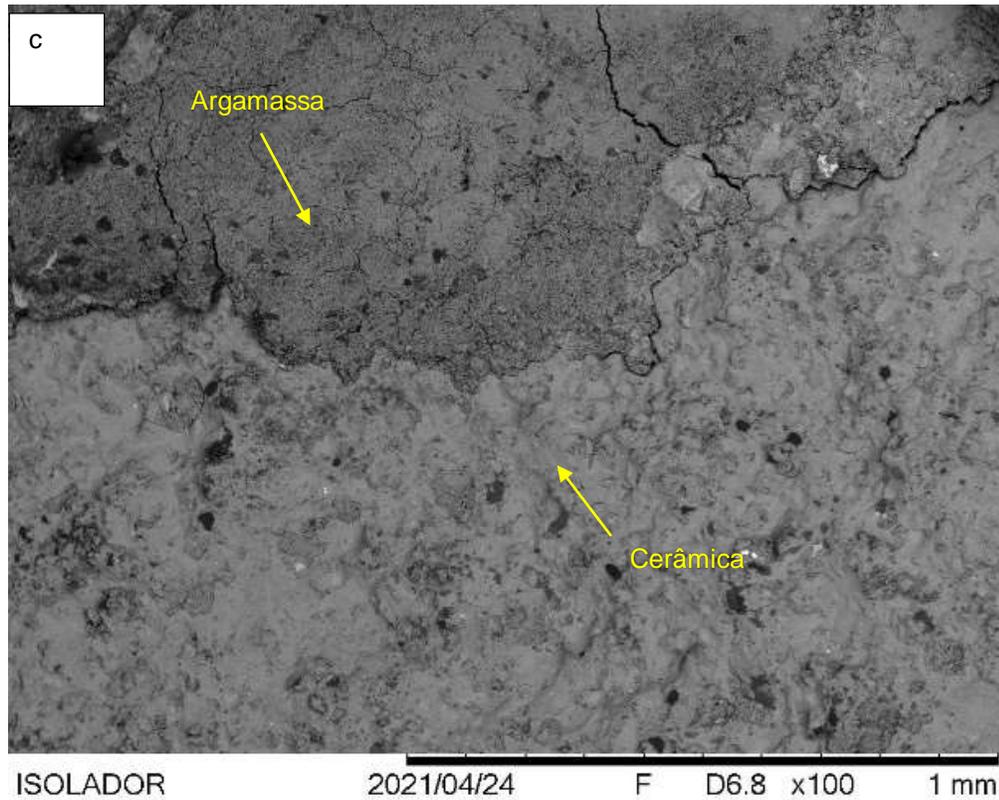
Concreto AG 25 (Caracterização – MEV)





RESULTADOS

Concreto AG 50 (Caracterização – MEV)

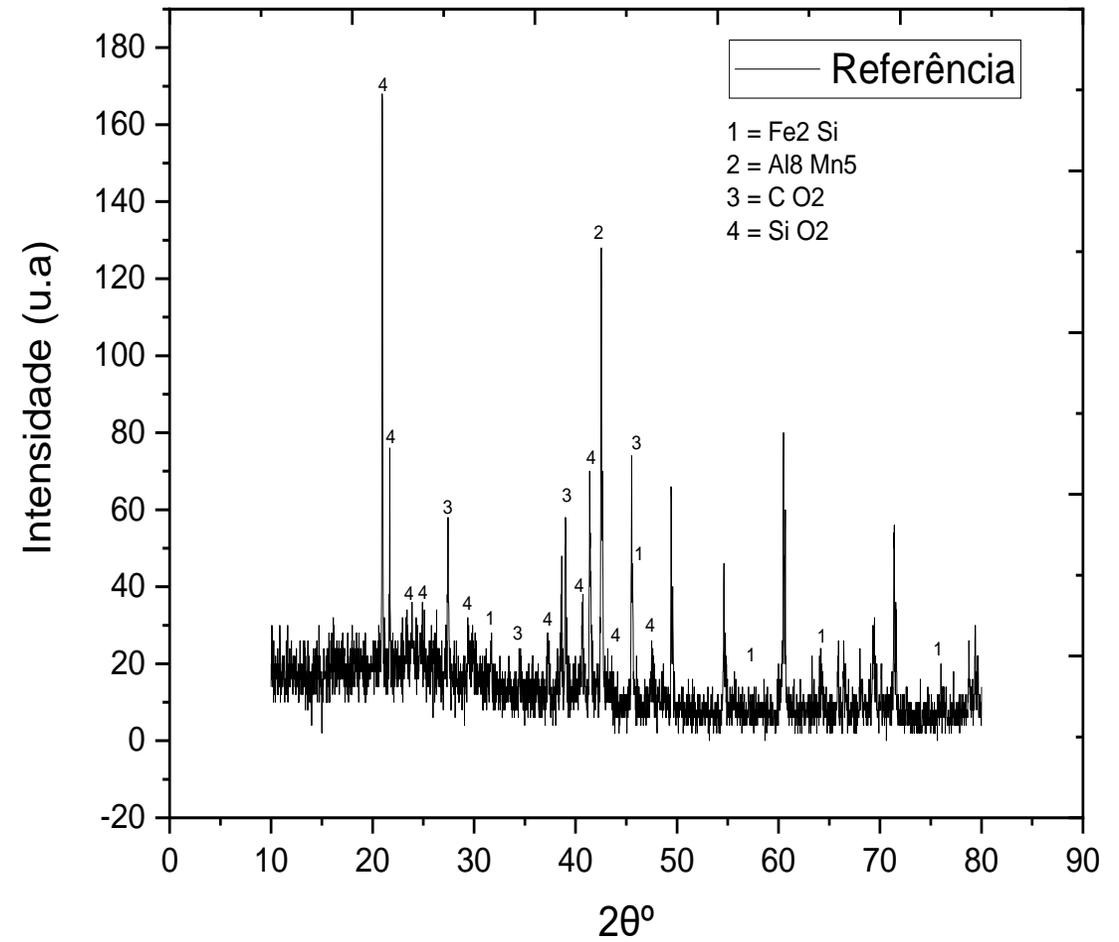




RESULTADOS

Concreto Referência (Caracterização – DRX)

Pode ser observada predominantemente o quartzo presente na areia e brita, encontrado entre 20° e 50°.



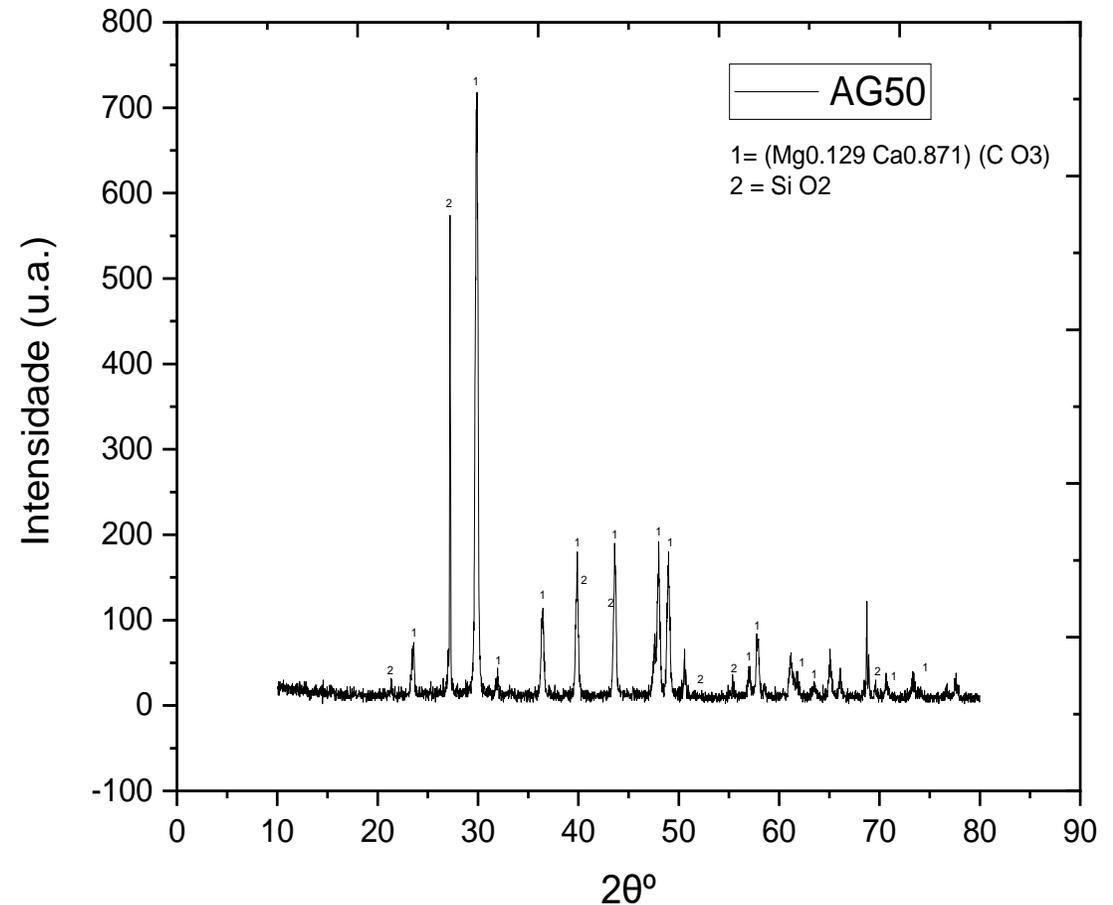


RESULTADOS

Concreto AG-50 (Caracterização – DRX)

Pode ser observada predominantemente o quartzo presente na areia e brita, encontrado entre 20° e 50° e adjacentes elementos oriundos da brita e do isolador. Houve uma elevada predominância do quartzo e feldspato, que está associada a um valor razoável de resistência (COSTA, 2016).

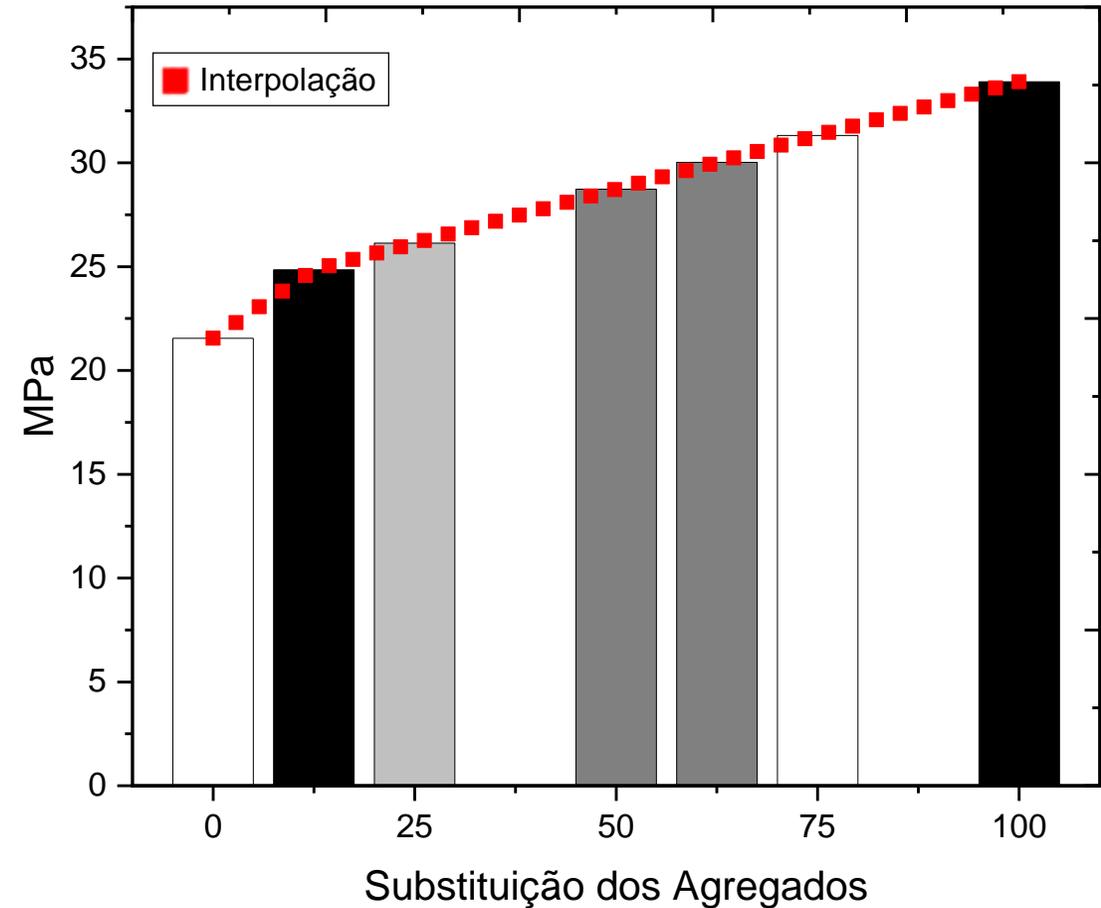
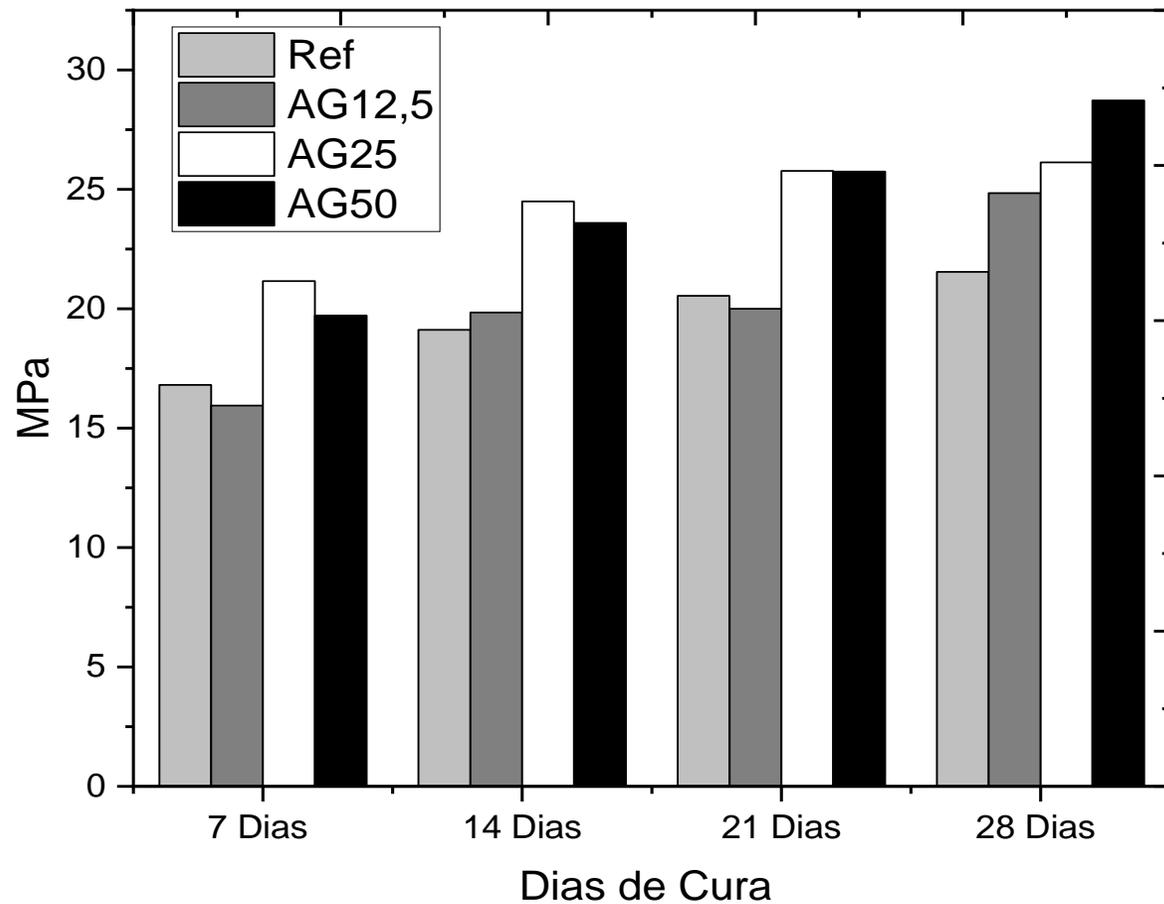
Os componentes presentes exibem formatos policristalinos de tetraedros de silicatos, que demonstram uma elevada resistência (CABRAL, 2007).





RESULTADOS

Análise da resistência a compressão





RESULTADOS

Análise da resistência a compressão

		REF.	AG12,5	AG25	AG50
7 Dias	REF.	1%	- 5,13%	25,89%	17,26%
	AG12,5	5,40%	1%	32,69%	23,60%
	AG25	-20,56%	-24,63%	1%	-6,85%
	AG50	-14,72%	-19,09%	7,36%	1%
14 Dias	REF.	1%	3,79%	28,07%	23,38%
	AG12,5	-3,65%	1%	23,4%	18,87%
	AG25	-21,92%	-18,96%	1%	-3,67%
	AG50	-18,95%	-15,88%	3,81%	1%
21 Dias	REF.	1%	-2,62%	25,46%	25,34%
	AG12,5	2,7%	1%	28,85%	28,73%
	AG25	-20,29%	-22,39%	1%	-0,09%
	AG50	-20,22%	-22,32%	0,09%	1%
28 Dias	REF.	1%	15,31%	21,28%	33,31%
	AG12,5	-13,27%	1%	5,18%	15,62%
	AG25	-17,55%	-4,93%	1%	9,92%
	AG50	-24,99%	-13,51%	-9,02%	1%

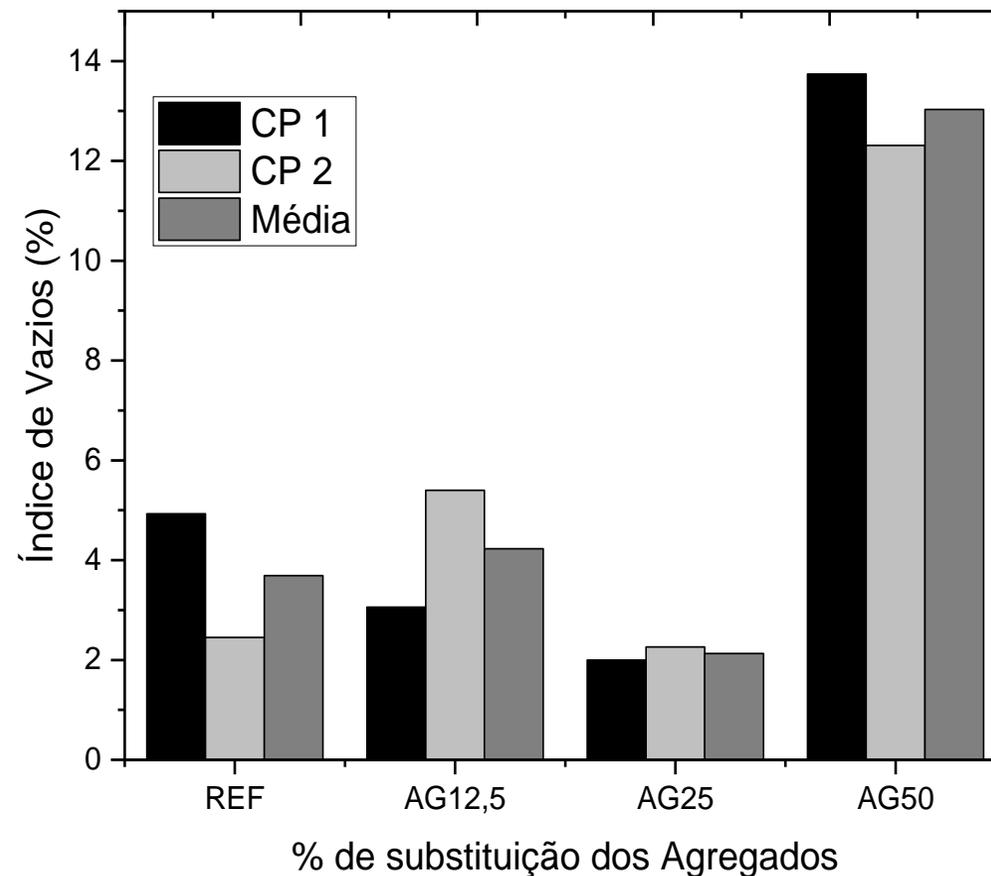


RESULTADOS

Análise do índice de vazios

O ensaio foi realizado conforme NBR 9778, e os resultados coletados, foram comparados entre si, apresentando uma diferença máxima de 10,9% entre o concreto AG 25 e AG 50. A Tabela 32 e Gráfico 20 indica a durabilidade do concreto, e a Tabela 31 classifica os mesmos de acordo com os resultados.

Substituição	CP 1 - Índice (%)	CP 2 - Índice (%)	Média	Avaliação
Ref.	4,93	2,45	3,69	Excelente
AG12,5	3,06	5,40	4,23	Excelente
AG25	2,0	2,26	2,13	Excelente
AG50	13,74	12,31	13,03	Bom



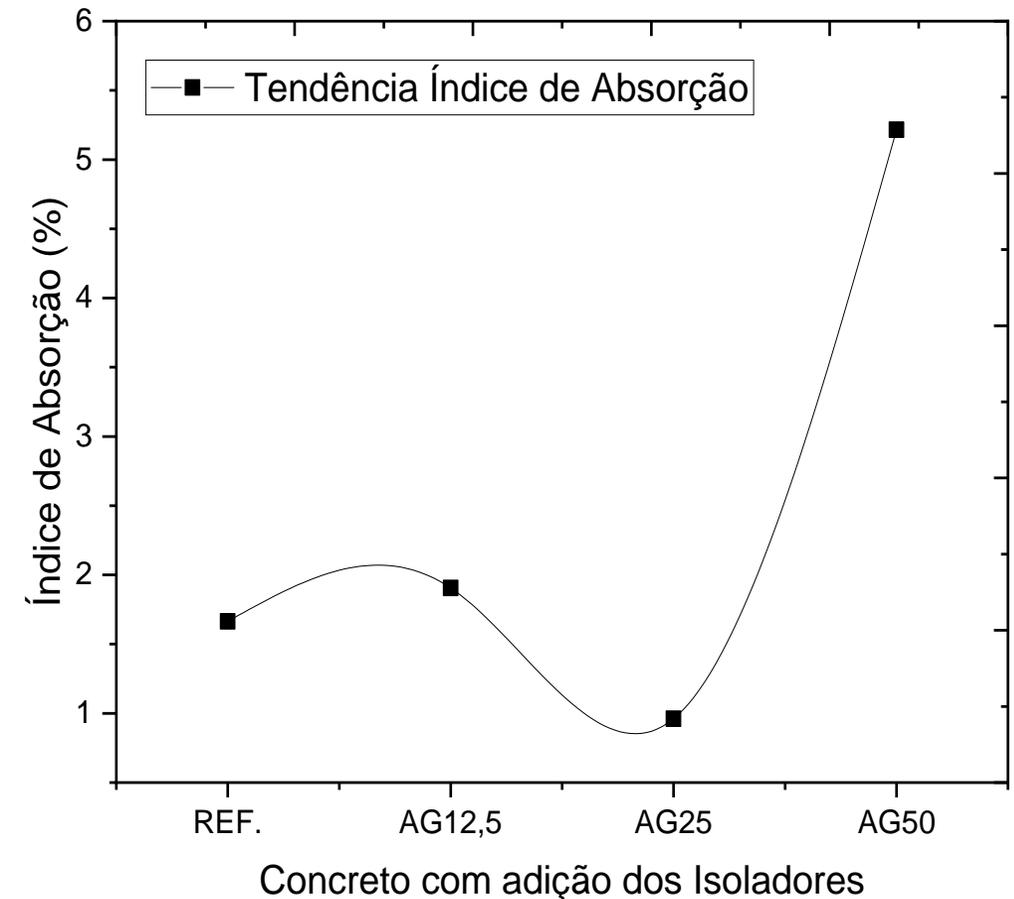


RESULTADOS

Análise do índice de absorção

O gráfico 26, demonstra uma descontinuidade na curva de absorção de água na região da substituição em 25%, mas indicando um aumento na absorção de água, com o aumento da substituição dos agregados graúdos.

Concreto	CP1	CP2	Média (x)
Referência	2,23	1,09	1,66
AG12,5	1,37	2,44	1,91
AG25	0,91	1,01	0,96
AG50	5,79	4,85	5,32





RESULTADOS

Análise do concreto referência

Resistência a compressão, equivalente a 21,55 Mpa.

O índice de vazios 3,69% e absorção 1,66%.





RESULTADOS

Análise do concreto AG12,5

Resistência a compressão igual a 24,84 Mpa.

O índice de vazios 4,23% e absorção 1,91%.





RESULTADOS

Análise do concreto AG25

Resistência a compressão 25,33 Mpa.

O índice de vazios e absorção no concreto AG25, se exibiram com média de 2,13% e 0,96% respectivamente.





RESULTADOS

Análise do concreto AG50

Resistência a compressão, equivalente a 28,73 Mpa.

O índice de vazios e absorção no concreto AG50, se exibiram com média de 13,03% e 5,32% respectivamente, valores elevados, comparados ao concreto referência.





Conclusão

Os concretos, exibiram dados significativos em todas as análises. Com isso, pode ser verificado um aumento da resistência a compressão do concreto AG50, onde houve a maior substituição de agregado graúdo. Em contrapartida, observou-se uma maior absorção de água do concreto e conseqüentemente um maior índice de vazios indicando uma piora na vida útil do concreto. Essas características foram observadas e de fato podem estar associadas a substituição do agregados, devido à baixa absorção de água dos mesmos. No entanto, pôde ser observado que os valores das demais substituições apresentaram-se linear em relação a resistência a compressão, e os dados de absorção de água e vazios exibiram uma descontinuidade em AG25, podendo ser justificada pelas características físicas dos CP's.