



**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 FIBRAS DE MADEIRA PARA APLICAÇÕES NÃO ESTRUTURAIS

**PABLO LOURENÇO MARON DA FONSECA
ROBERTO DE OLIVEIRA MAGNAGO**

VOLTA REDONDA, 2021.

INTRODUÇÃO

O atual movimento em prol do desenvolvimento sustentável na busca da preservação dos meios naturais traz relevância ao ecossistema, afetando a forma com que os serviços são prestados, inclusive na construção civil. Em concordância com resolução do CONAMA 307, todos os municípios devem providenciar um gerenciamento ambientalmente adequado aos resíduos oriundos das construções, almejando assim um legado sustentável para as novas gerações, de acordo com a nova ordem mundial. Diante disso, o presente trabalho busca o desenvolvimento de um novo concreto com adição de fibras de madeira de eucalipto e avaliação de seu uso na construção civil, visando a manutenção do meio ambiente e benefícios no custo final da obra, devido ao reaproveitamento de resíduos.

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

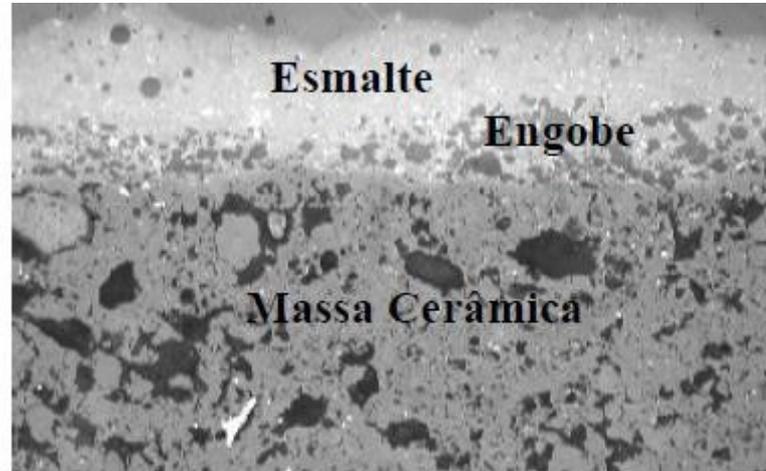
Em busca do desenvolvimento sustentável, a reutilização de resíduos recicláveis originados de obras, indústrias e domicílios brasileiros vem sendo estudada, na intenção de reduzir a utilização de materiais não renováveis tradicionalmente utilizados na construção civil, como por exemplo, areia, brita e cimento. Essa prática é positiva para a manutenção do meio ambiente e proporciona benefícios para a população.

TIPOS DE CONCRETO

Tabela 1. Tipos de concreto segundo a ABESC [13].

TIPO	APLICAÇÃO
Rolado	Barragens, pavimentação rodoviária e urbana.
Bombeado	De uso em qualquer obra. Obras de difícil acesso.
Resfriado	Peças de elevado volume como bases ou fundações.
Projetado	Reparo ou reforço estrutural, revestimento de túneis.
ARI	Estruturas convencionais ou protendidas, pré-fabricados.
Fluido	Peças delgadas, elevada taxa de armadura.
Pesado	Como lastro contrapeso, barreira à radiação.
Leve	Elementos de vedação.
Leve estrutural	Peças estruturais, enchimento de pisos e lajes.
Alto Desempenho CAD	Elevada resistência. Pré-fabricados e peças protendidas.
Convencional	Uso corrente da construção civil.
Submerso	Plataformas marítimas.
Grout	Agregados de diâmetro máx. de 4,8 mm.

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. Ele é composto de material calcário (rocha calcária ou gesso) e de alumina e sílica, moídos e misturados em proporções adequadas. Quando levados à queima a 1450°C, são fundidos e dão origem ao clínquer, composto por silicatos, aluminatos e gipsita, a qual inibe a tendência à pega instantânea.

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. Após 24 horas, desenformou-se os corpos de prova, que foram devidamente identificados e levados para câmara úmida, onde permaneceram por 7, 14, 21 e 28 dias, para a cura.

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. Lascas de madeira eucalípito foram utilizados como adição.

Como adição, foi utilizada madeira de eucalipto em forma de lascas de pau de escoramento

- Obtenção das lascas de pau de escoramento (Fonte: Autor)



MATERIAIS E MÉTODOS



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



Areia média utilizada como material no presente trabalho.



Lascas de madeira utilizadas no presente trabalho.

MATERIAIS E MÉTODOS

- Traços de concreto analisados

Tabela 4. Traços estudados e suas respectivas dosagens

Traço	Adição (%)	Materiais (L)					
		Areia	Cimento	Brita	Madeira	Água	Cola Branca
1	0	12	6	12	0	4,3	1
2	10	12	6	12	1,2	4,3	1
3	20	12	6	12	2,4	4,3	1
4	30	12	6	12	3,6	4,3	1

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

Rompimento do corpo de prova



MATERIAIS E MÉTODOS

- Análise microscópica em MEV

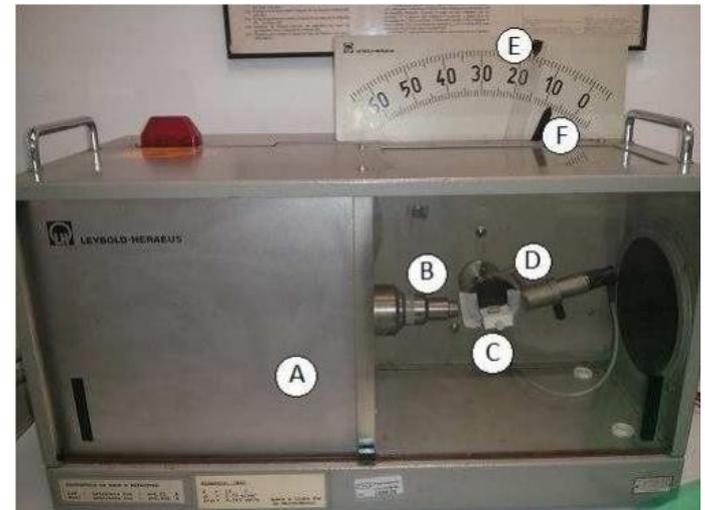
Para esta análise foi utilizado o microscópio eletrônico de varredura da marca HITACHI e modelo TM 3000, com uso de detector de elétrons secundários, disponível no laboratório do prédio 12 Fundação Oswaldo Aranha - Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA).



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. Um tubo de raios-X gera um feixe policromático que fica mais estreito e paralelo quando passa pelo colimador. Ele incide na amostra e sofre difração em vários ângulos, detectados por um contador posicionado em determinado ângulo. Através da Lei de Bragg, o comprimento de onda da radiação incidente e o ângulo de reflexão são correlacionados e a fase é, então, distinguida .



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.

MATERIAIS E MÉTODOS

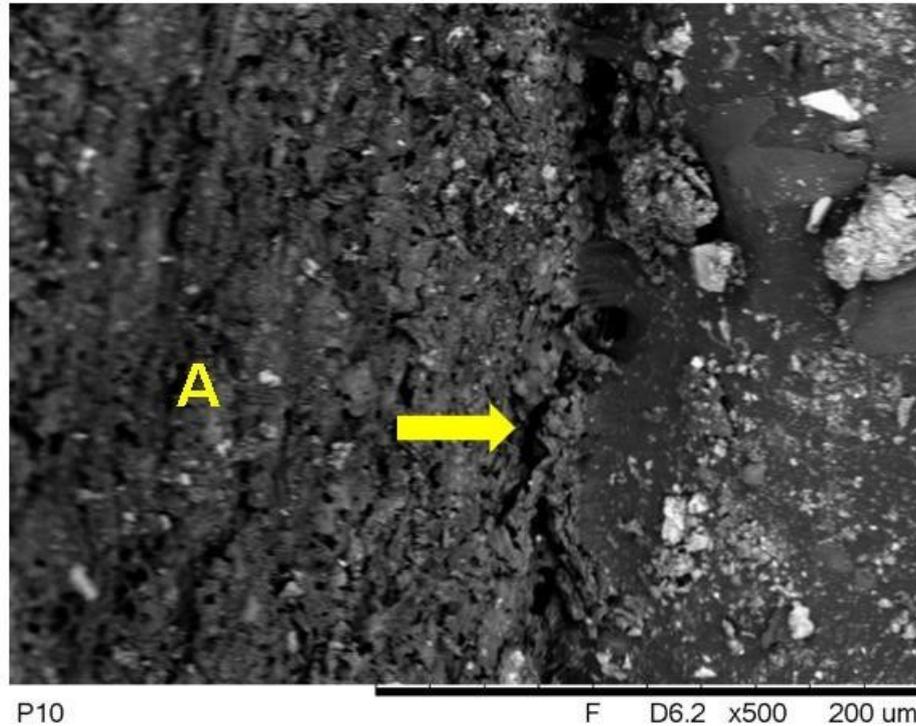


Figura 21. Micrografia de amostra com 10% de adição de madeira e 28 dias de cura, obtida com aumento de 500X (Fonte: Autor).

MATERIAIS E MÉTODOS

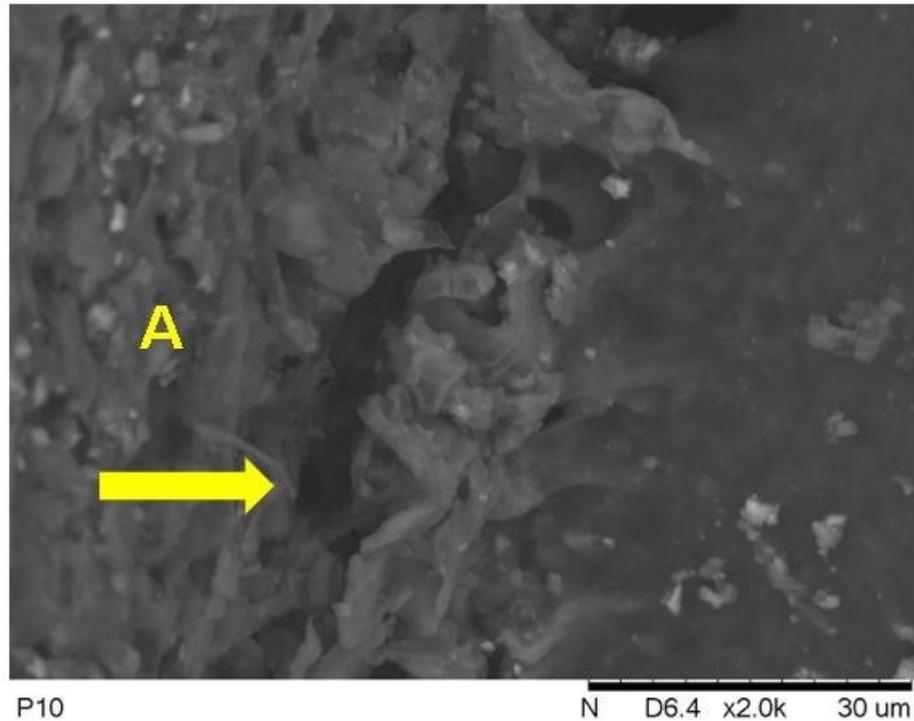


Figura 22. Micrografia de amostra com 10% de adição de madeira e 28 dias de cura, obtida com aumento de 2000X (Fonte: Autor).

MATERIAIS E MÉTODOS

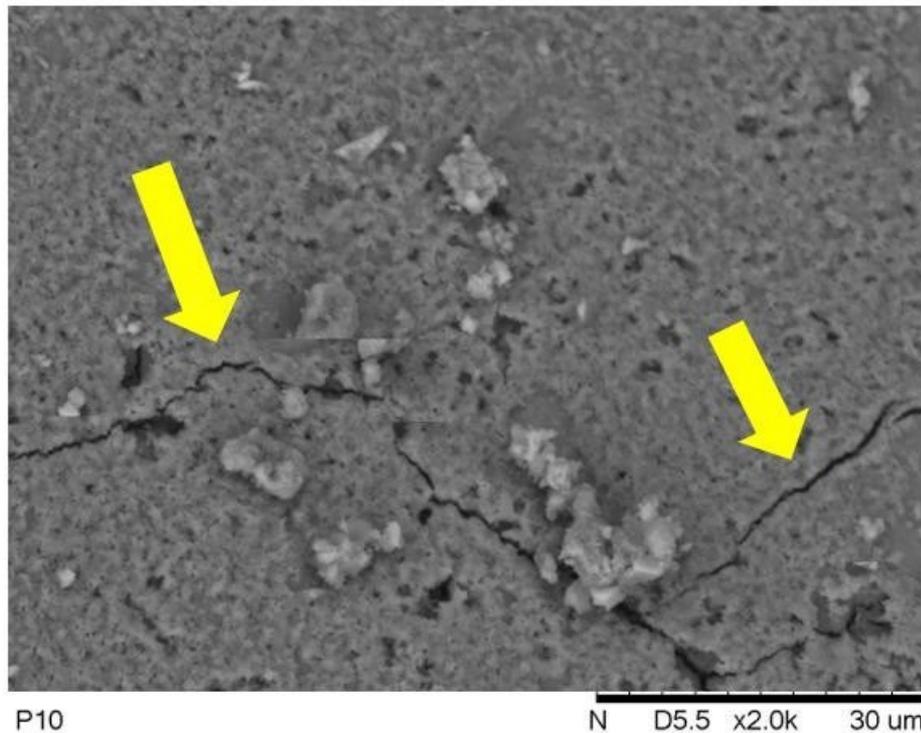


Figura 25. Micrografia de amostra com 20% de adição de madeira e 28 dias de cura, obtida com aumento de 2000X (Fonte: Autor).

MATERIAIS E MÉTODOS

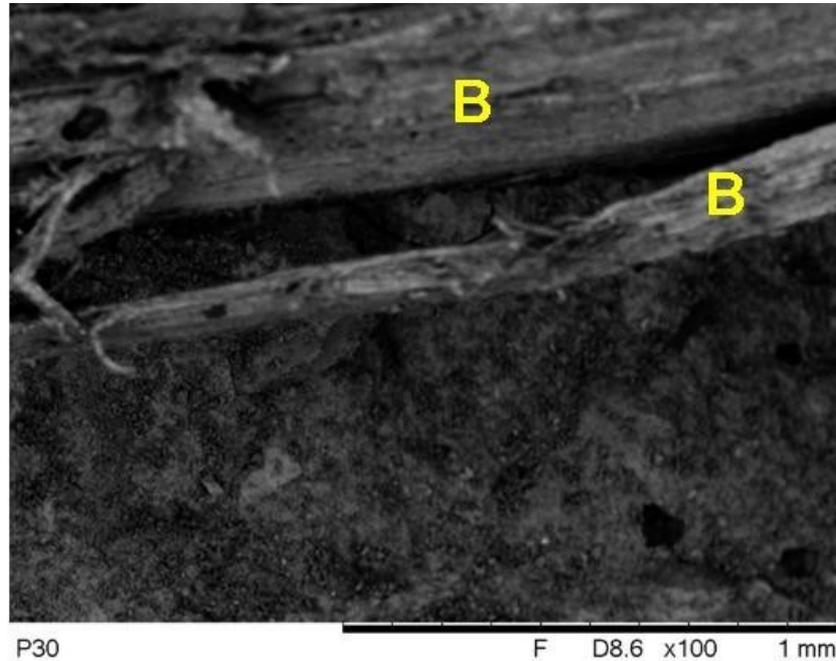


Figura 26. Micrografia de amostra com 30% de adição de madeira e 28 dias de cura, obtida com aumento de 100X (Fonte: Autor).

MATERIAIS E MÉTODOS

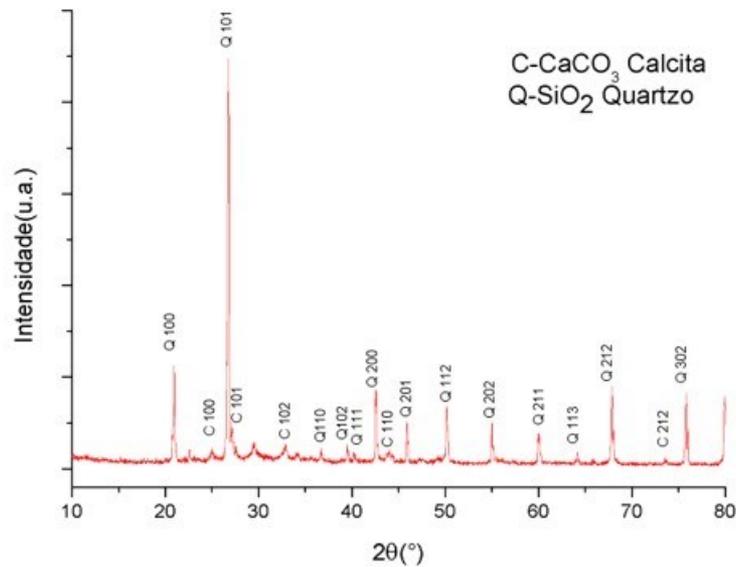


Figura 30. Difratograma da amostra com adição de 10% de madeira e 28 dias de cura (Fonte: Autor)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Testes de compressão axial

Podemos observar nos gráficos a seguir que o aumento da idade de cura leva a um aumento da resistência à compressão em todos os casos analisados. Além disso, quando comparamos todos os traços analisados, vemos que o aumento da quantidade de eucalipito faz com que os valores da resistência à compressão sofram uma grande queda.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

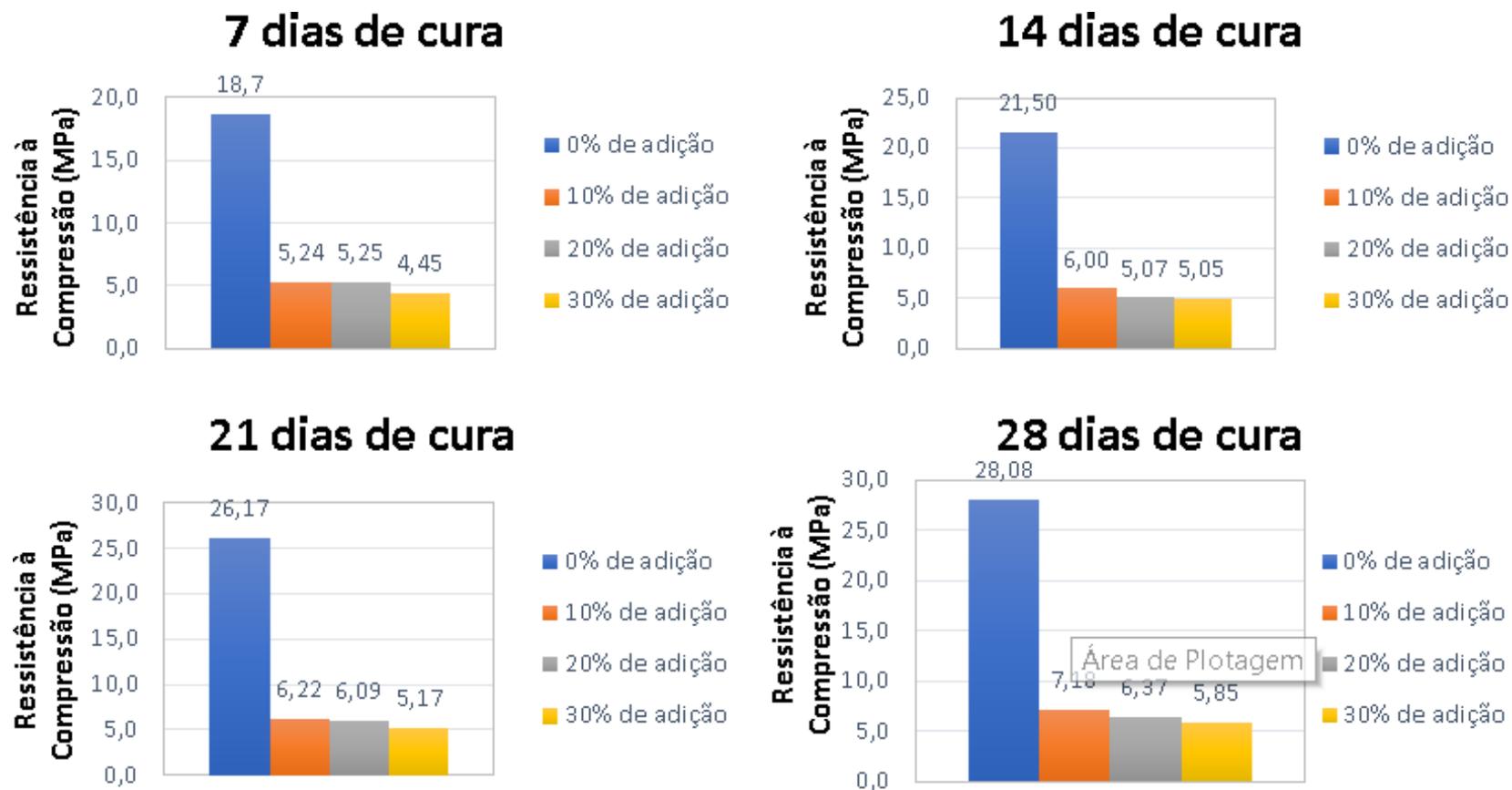
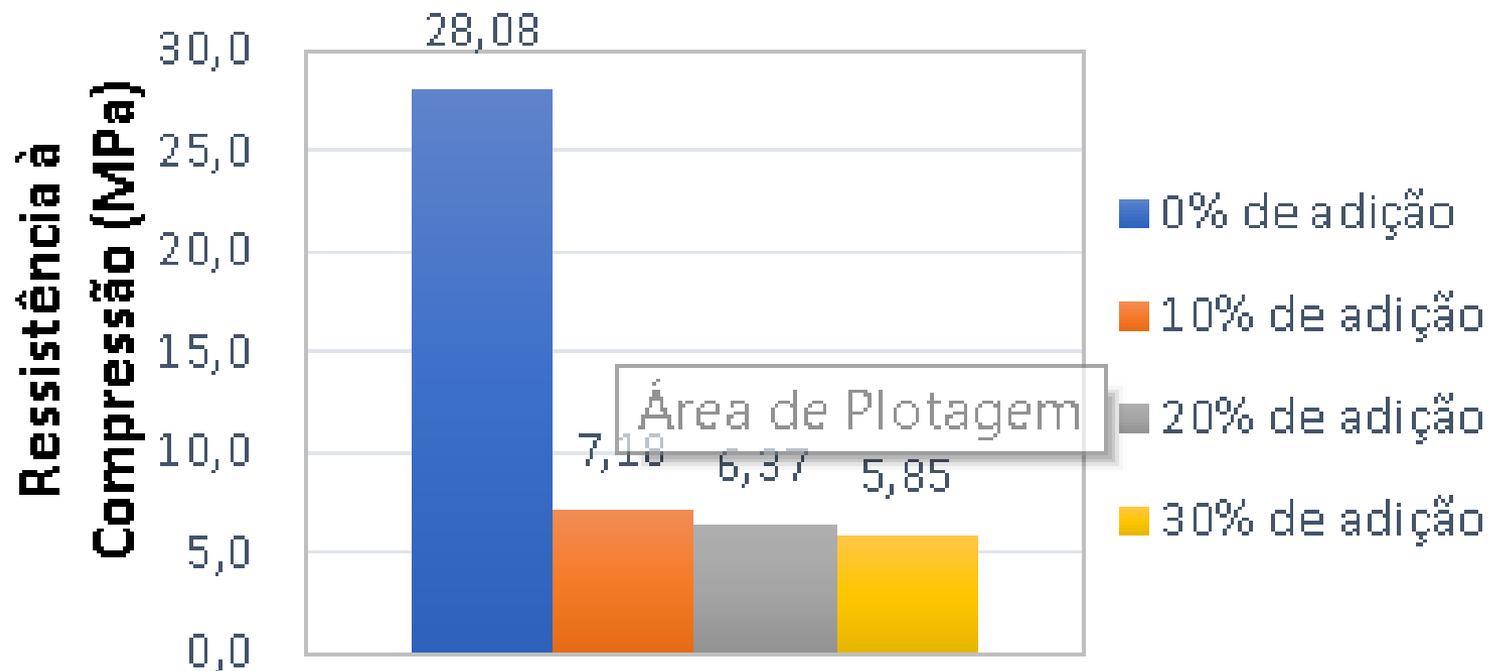


Figura 19. Valores de resistência à compressão para todos os traços analisados, de acordo com o tempo de cura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

28 dias de cura



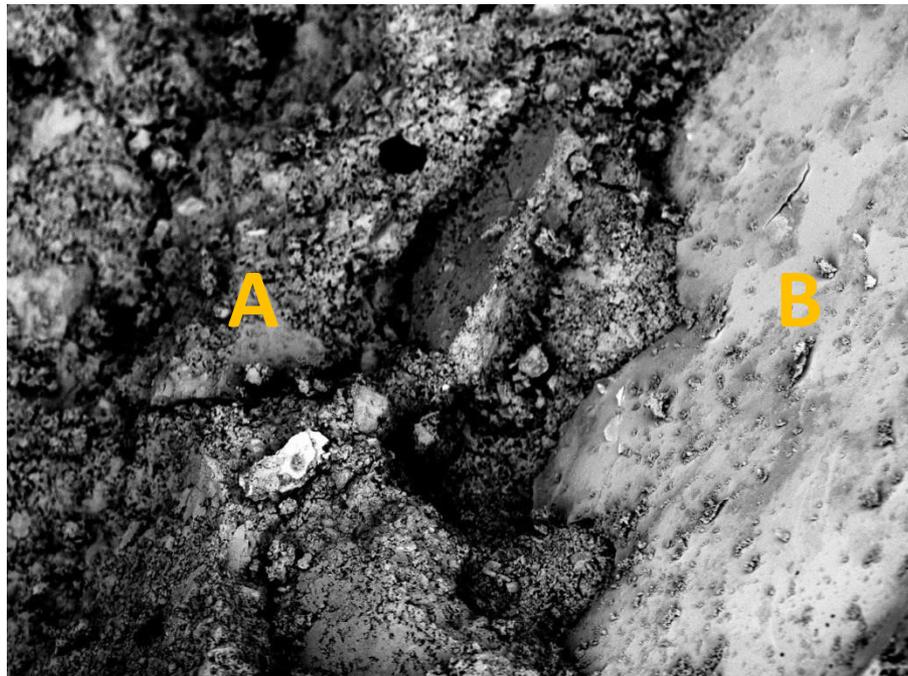
RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Análise microscópica

A microscopia foi realizada para as amostras com 28 dias de idade, de todas as composições contendo cerâmica consideras (amostras com 10%, 20% e 30% de adição), com aumentos de 200x, 500x e 2000x.

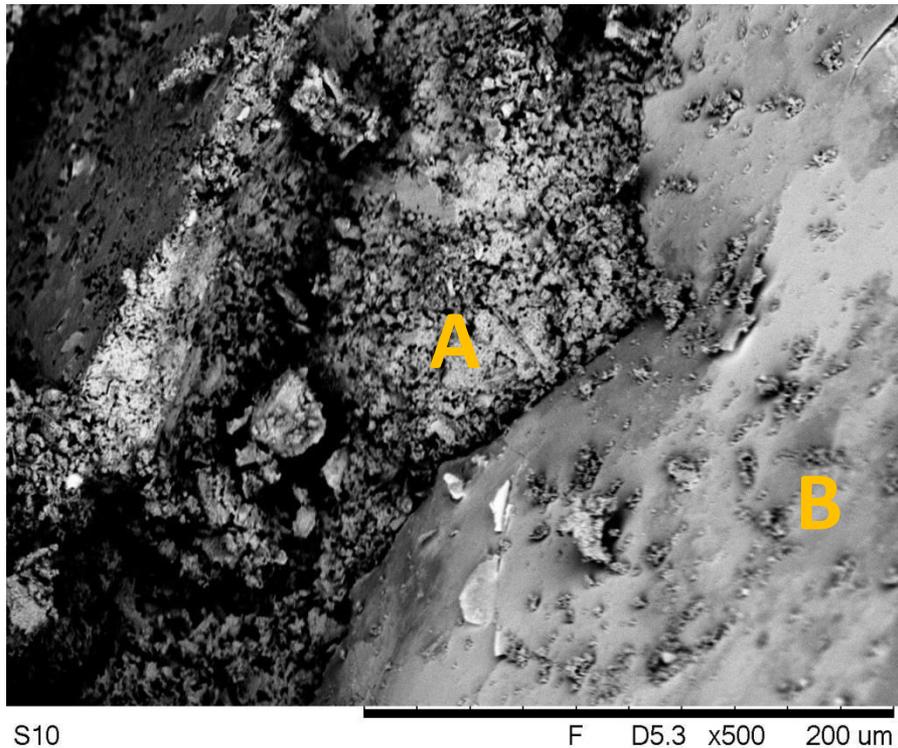
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a amostra com 10% de adição de cerâmica, é possível observar uma região escurecida, provavelmente devido à grande quantidade de poros (A), de topografia bem irregular, o que, está relacionado a um grau de cristalinidade alto. Além disso, observamos uma região com estrutura mais compacta (B) de coloração cinza.

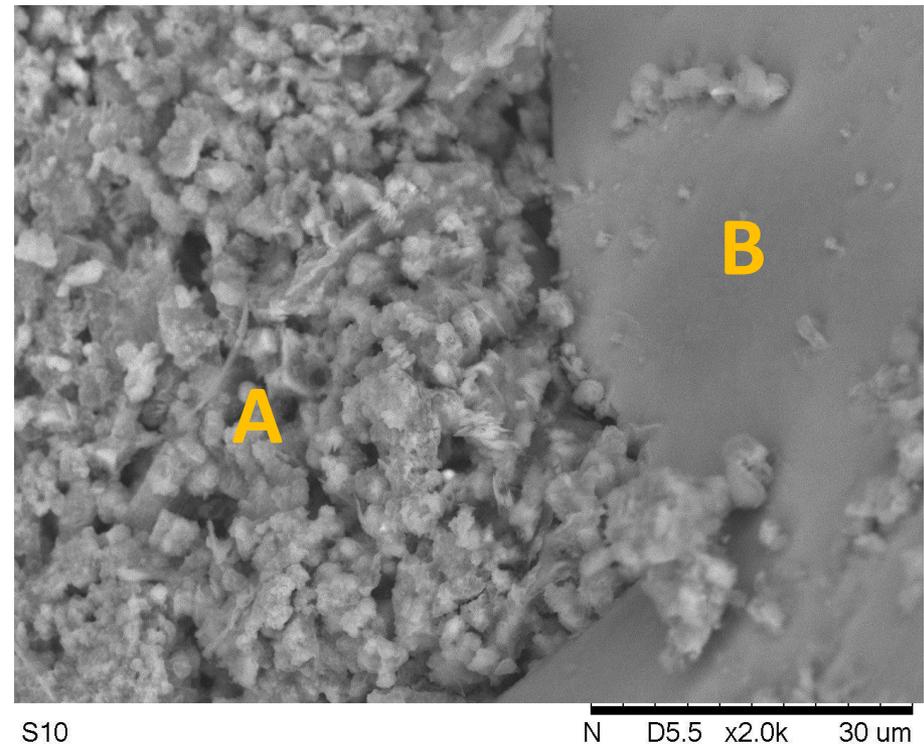


Micrografia obtida com aumento de 200x para amostra com 10% de adição de cerâmica e 28 dias de cura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO



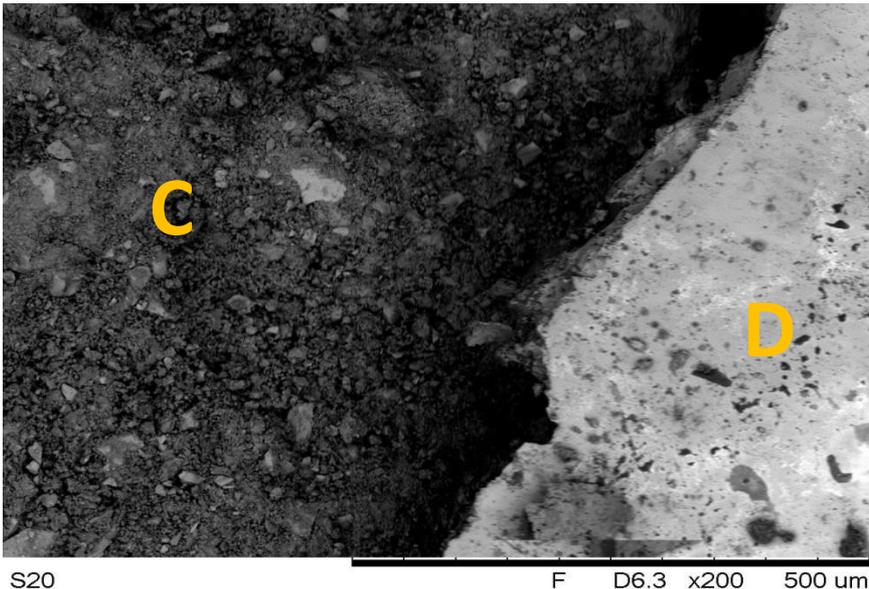
Micrografia obtida com aumento de 500x para amostra com 10% de adição de cerâmica e 28 dias de cura.



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

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As micrografias da amostra com 20% de adição de cerâmica mostram uma parte da superfície fraturada (C) e uma parte da superfície que não se fraturou (D). Quando analisamos a região fraturada, vemos uma região escurecida, bastante porosa, que é comprovada quando observamos o aumento de 2000x. Comparando com a amostra avaliada anteriormente, podemos dizer que possui um aspecto menos aberto e menos poroso. Ademais, quando utilizando do aumento de 2000x, podemos observar uma microestrutura facetada e de coloração cinza, que, pode ser quartzo, devido à predominância de sílica.



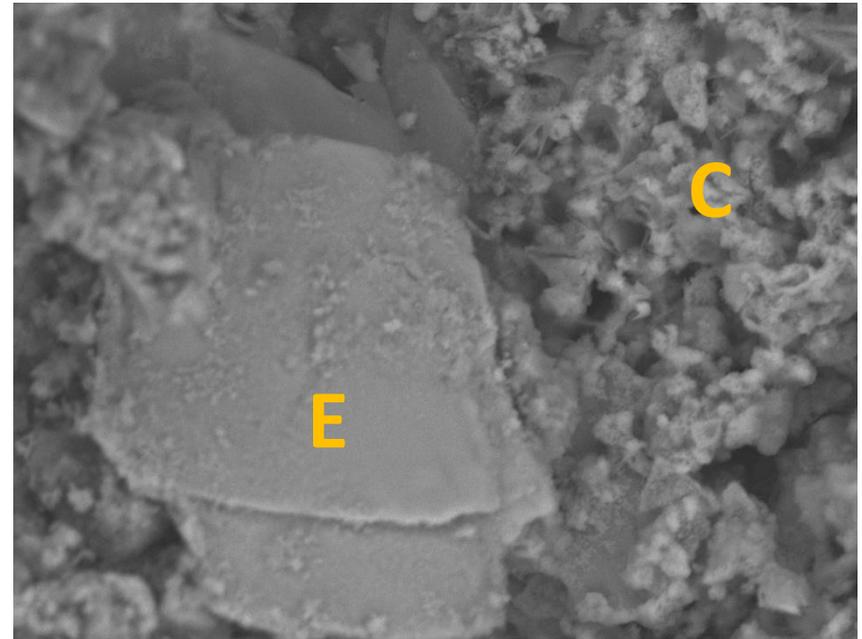
Micrografia obtida com aumento de 200x para amostra com 20% de adição de cerâmica e 28 dias de cura.

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

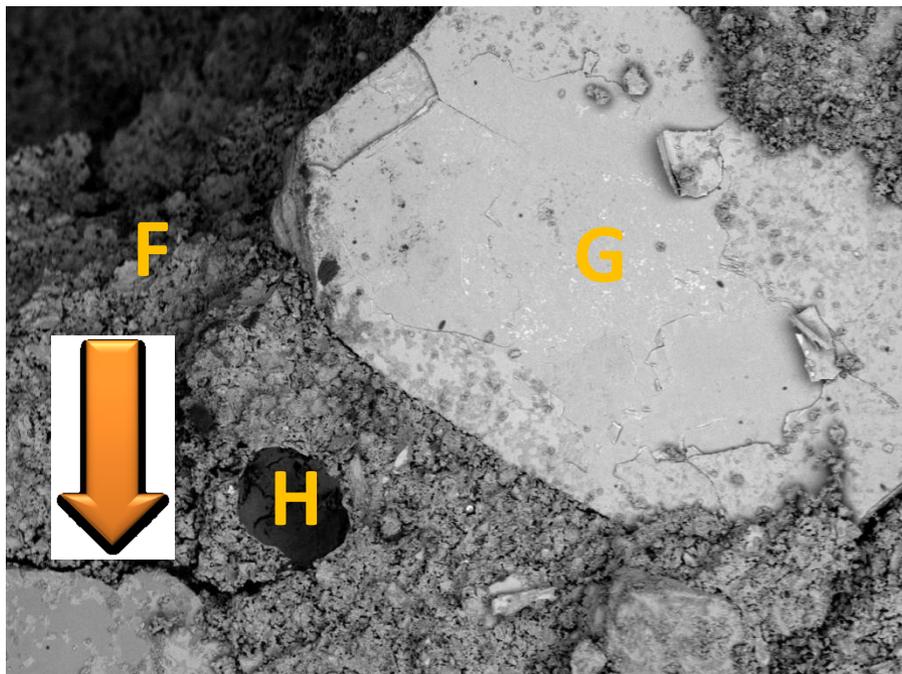
Micrografia obtida com aumento de 2000x para amostra com 20% de adição de cerâmica e 28 dias de cura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Ao avaliar as micrografias da amostra com 30% de adição de cerâmica, percebemos que a região F, equivalente às regiões A (para 10% de adição) e C (para 20% de adição), possui aspecto ainda menos poroso e menos aberto que a amostra de composição intermediária, de modo que, quando maior for a presença do resíduo da cerâmica, menos porosa será esta região. Tal característica era esperada, quando levamos em consideração os resultados dos ensaios de resistência à compressão axial, onde foram obtidos valores mais altos para as amostras com 30% de adição de resíduo, ou seja, regiões menos porosas são mais resistentes.

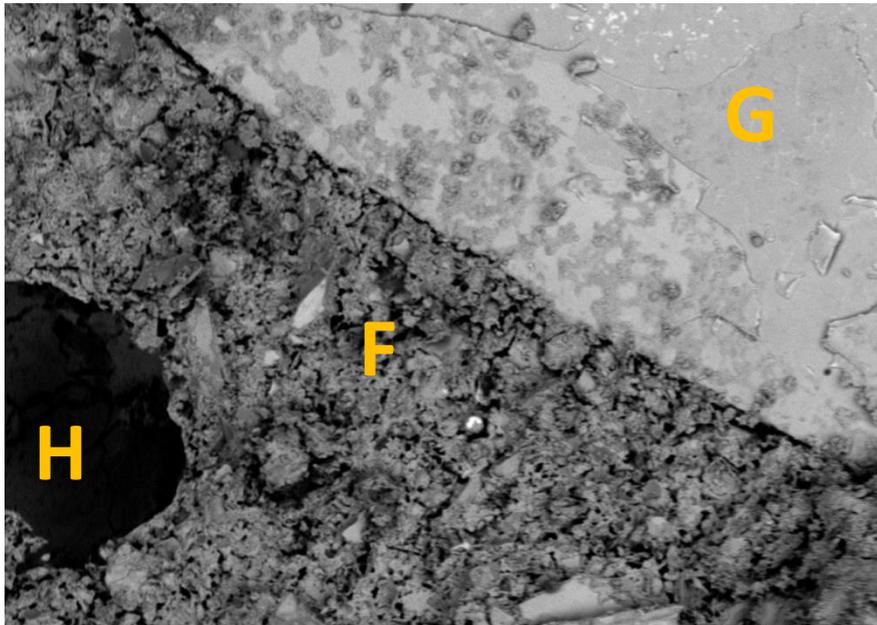
RESULTADOS E DISCUSSÃO

São observadas as regiões G e H. A região H, que aparece bastante escurecida na micrografia, representa um vazio, de aproximadamente, 500 μm que representa um espaço não preenchido por componentes sólidos da hidratação do cimento.



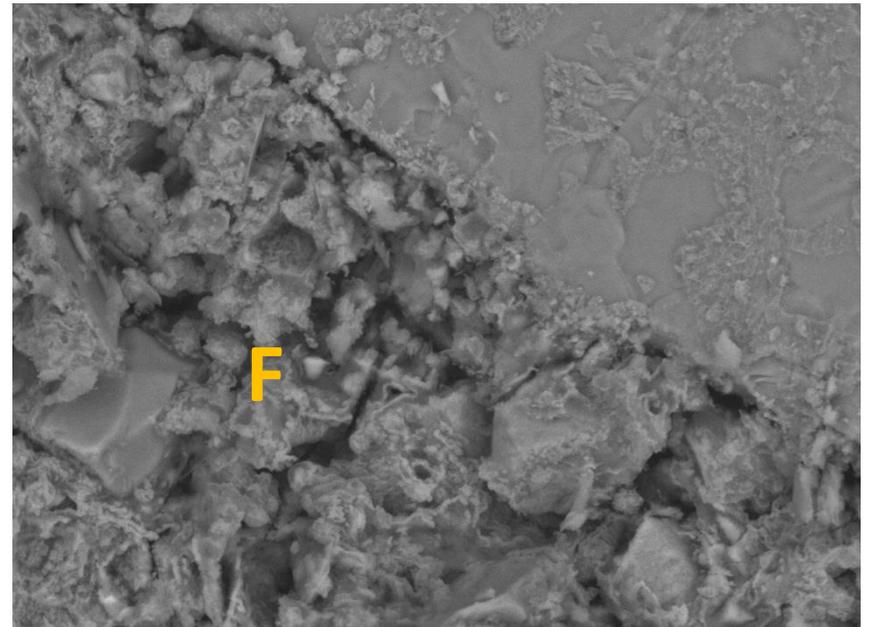
Micrografia obtida com aumento de 200x para amostra com 30% de adição de cerâmica e 28 dias de cura.

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.

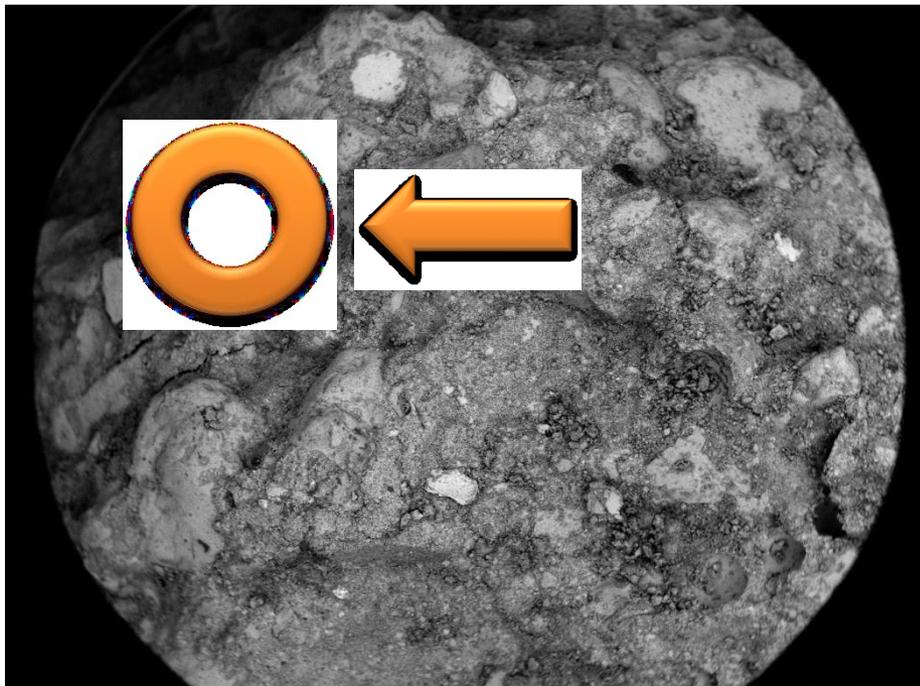


S30 N D6.6 x2.0k 30 um

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.

CONCLUSÕES

- Nos ensaios em microscopia eletrônica por varredura (MEV) foram demonstrados que quanto maior a quantidade de madeira adicionada no traço, maior é o número de fissuras causadas pela absorção da água pelas lascas de madeiras podendo ser observado claramente na figura 27.
- Nos ensaios em DRX, foi demonstrado existência de regiões cristalinas no Calcita e Quartzo, que são elementos próprios do cimento.
- Dessa forma, foi possível concluir com os resultados que a confecção de concreto com adição de fibras de madeira serviu para concreto não estrutural e não foi eficiente para concreto estrutural.

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 pó de madeira com 10%, 20% e 30%, para estudar se serão obtidos melhores resultados quando comparados aos testes com fibras de madeira, relacionados à resistência à compressão axial.