



**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 TIRAS E EMBALAGENS CARTONADAS ASSÉPTICAS

CARLOS EDUARDO VIDAL DA SILVA

Orientador: Prof. Dr. Ricardo de Freitas Cabral

SUMÁRIO

- INTRODUÇÃO
- OBJETIVO
- JUSTIFICATIVA
- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA
- MATERIAIS E MÉTODOS
- RESULTADOS E DISCUSSÕES
- CONCLUSÃO
- SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

INTRODUÇÃO

À relevância do ecossistema na atualidade, enaltece a criação de comportamentos ambientais sustentáveis, visando à manutenção e preservação da nossa espécie. Para tal, disponibiliza-se ações afirmativas, que visam, desde construção de baixo custo, redução de bens de consumo, segregação de resíduos até a reciclagem de resíduos materiais, visando o armazenamento de matérias primas reaproveitáveis, na construção civil. Essa tendência positiva almeja construir um legado sustentável, em prol dos presentes e futuras gerações.

Objetivo

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

- Resistência mecânica à compressão;
- Teor de absorção da água;
- Análise de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV);
- Análise dos resultados obtidos;
- Índice de vazios

Justificativa

O presente trabalho visa desenvolver um sistema construtivo pré-fabricado modular produzido com corpos-de-prova cilíndricos, areia e brita, tendo como matérias-primas, tiras de embalagens cartonadas assépticas. De acordo com a lei 12.305/10 Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que prevê a redução na geração de resíduos através de práticas sustentáveis habituais de consumo doméstico e industrial, e mecanismos que viabilizam o aumento da reutilização dos resíduos sólidos.

Revisão Bibliográfica

Com base na NBR 5732, o cimento é um produto muito importante na engenharia civil, protagonizando-se por características distintas, como resistência ao fogo, eficácia no mecanismo de pega, endurecimento satisfatório, alto poder de tenacidade.

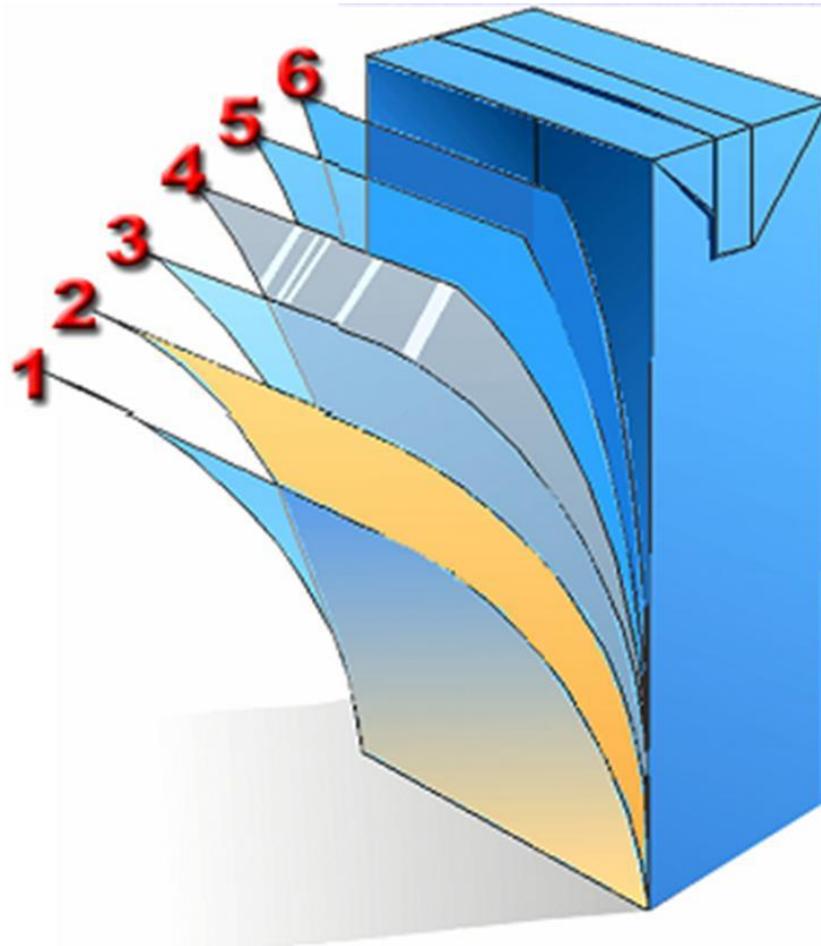
Histórico Embalagens Cartonadas Assépticas

O material chamado comercialmente de longa vida, Cartonada, multicamadas e Tetrapak é composto por 6 camadas de tipos diversos, portando 3 tipos de materiais, agregando 75% papel, 20% plástico e 5% alumínio.

A distribuição dos seguintes materiais são divididas em 3 camadas de materiais, polietileno, papel e alumínio.

Camadas da Embalagem Cartonada Asséptica

- 1** Polietileno
proteção contra a umidade exterior
- 2** Papel
estabilidade e resistência
- 3** Polietileno
camada de aderência
- 4** Folha de alumínio
barreira contra oxigênio, aroma e luz
- 5** Polietileno
camada de aderência
- 6** Polietileno
proteção para o produto



Reaproveitamento da Embalagens Cartonada Asséptica

Segundo Compromisso Empresarial Para Reciclagem (CEMPRE, 2012), o Brasil apresenta índice elevados em comparação aos demais países do Mercosul. Dados do (CEMPRE, 2012) afirmam que no ano de 2015 o Brasil foi responsável por reciclar 21% de embalagens cartonadas assépticas, totalizando mais de 59 mil toneladas.

Materiais e Métodos

Foi utilizado cimento *Portland padrão CP-III-40*, comumente usado nas obras de construção civil. Tendo por característica principal, o alto teor de escória siderúrgica, uma mistura de metais resultantes do processo de alto-forno e com a presença de silicato.

- Composição do cimento CP-III 40:
- Clínquer e Gesso: 25 a 65%
- Escória: 35 a 70%
- Calcário: 0 a 5%

Materiais e Métodos

- Brita

A brita¹ do tipo natural, com o tamanho de 19 mm composta basicamente por granito e oriunda da extração da Pedreira de Volta Redonda, foi concedida pela UniFOA.

- Água

A água é fundamental na construção do concreto, tendo importante participação no processo de endurecimento quando se funde ao cimento e utilizada nos tanques para realizar a cura.

- Areia

A areia média, adquirida na UNIFOA, para confecção dos corpos de prova, com tamanho médio de 2mm a 0,6 mm.

Materiais e Metodos

Tiras de Embalagens Cartonadas Assépticas

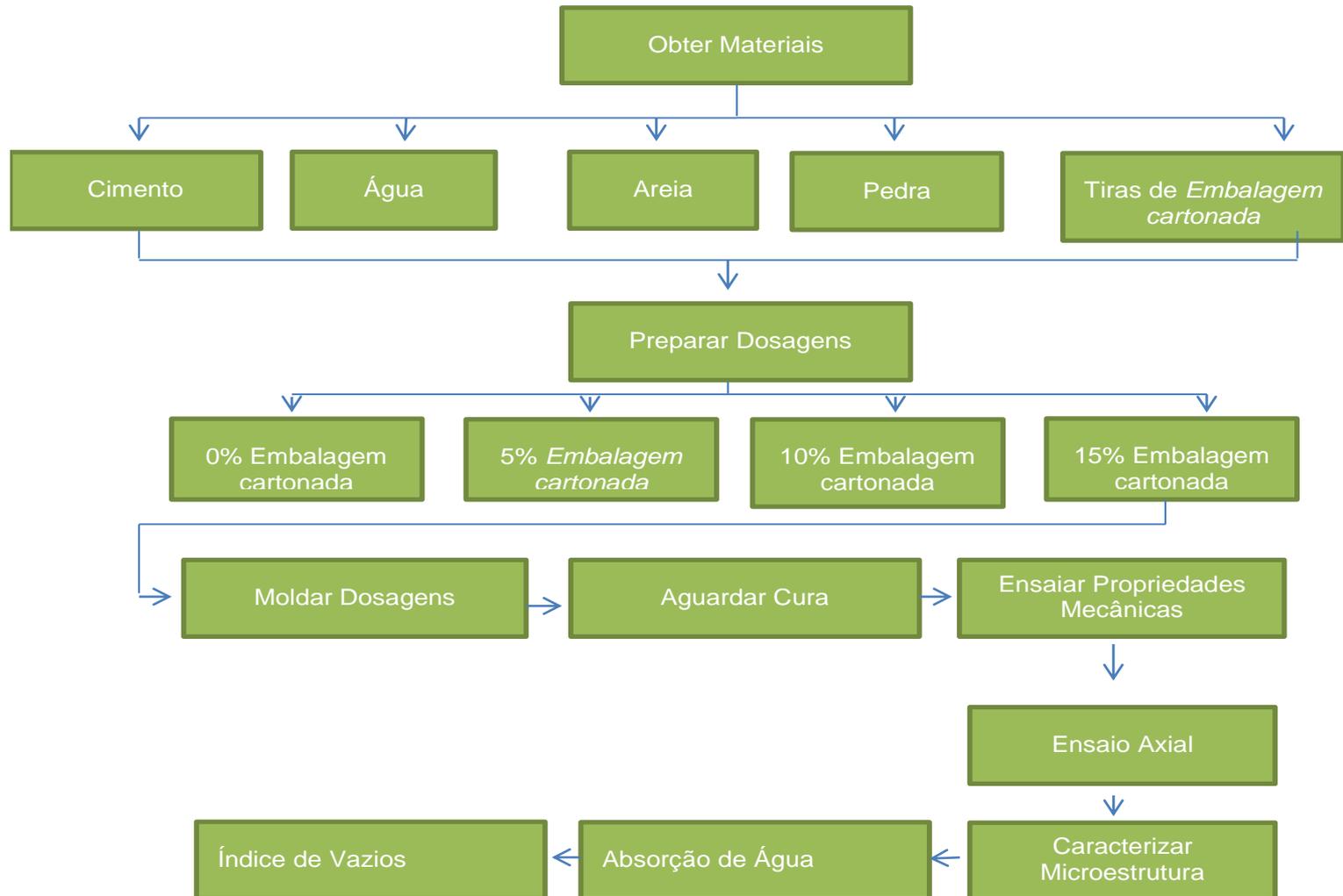
Os ensaios foram realizados com adição de tiras de embalagens cartonadas assépticas de 30mmx3mm.



Fonte: (AUTOR, 2018)

Materiais e Métodos

Fluxograma do método aplicado



Materiais e Métodos

Seleção do Material

A segunda etapa de cortes foi submetida a cortes mecânicos na guilhotina, obtendo tiras de embalagens cartonadas assépticas de 3mm. Após as etapas de cortes resultou o produto final na forma desejada de 30mm x 3mm.



Fonte: (AUTOR, 2017)

Materiais e Métodos

Preparação das Misturas

No laboratório de Engenharia da UniFOA, foram separados os materiais escolhidos para o molde dos corpos de prova, através de tiras embalagens cartonadas assépticas, areia, e o cimento com os traços 1:2:3. concreto.

Materiais e Métodos

Preparação das Misturas na Betoneira

Na fração 1:2:3 é composta de 1 porção de cimento para 2 de areia e 3 de brita, posteriormente a dosagem, foram inseridos aos aglomerados na betoneira identificada na figura abaixo, mecanicamente batidos para alcançar a homogeneidade



Fonte: (AUTOR, 2017).

Materiais e Métodos

ENSAIO SLUMP TEST

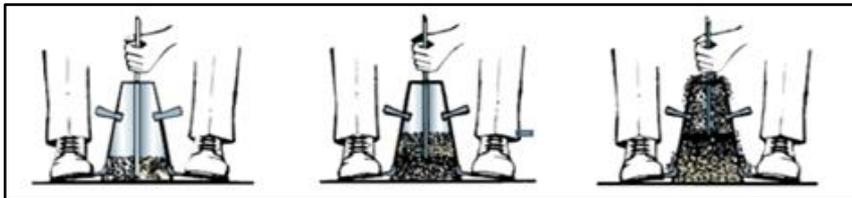
- De acordo com a NBR NM 67-96, o cone de Abrans e a placa de base passaram por um processo inicial de umidificação, juntamente com o molde, com adição de água para encher o cone de Abrans, golpeando as três camadas 25 vezes cada, sendo cada camada com 1/3 do cone e, posteriormente, o cone é preenchido e retirado com cuidado para medir o abatimento com o cone contrário onde obtivemos o resultado do processo do concreto em 6 cm.

Materiais e Métodos

ENSAIO SLUMP TEST

Colocado o cone sobre a placa metálica bem nivelada e apoiada os pés sobre as abas inferiores do cone.

Preenchido o cone em 3 camadas iguais e aplicado 25 golpes uniformemente distribuídos em cada camada



Após a compactação da última camada, foi retirado o excesso de concreto. Sacando o cone, com auxílio de uma régua e uma trena, mediu-se a distância do abatimento de concreto



Fonte: Manual de Traços de Concreto, Gildásio R. da Silva, 2005

Materiais e Métodos

Moldagem dos corpos de prova

- Conseqüentemente, após a realização do slump test completam-se os moldes com duas camadas de concreto adicionando 12 golpes com uma haste em formato de soquete, em torno de 16 x 60cm em cada camada, devendo esta repousar, em média, 24 horas.

Materias e Métodos

Soquete de corpo de prova



Materias e Métodos

Sequência da Adição de cimento, areia, pedra e embalagens cartonadas assépticas

- Conforme a NBR 5738, os corpos de prova são padronizados com formato cilíndrico e diâmetro de 10X20.
- De acordo com NBR 5739-2007, a descrição supracitada submete o corpo de prova ao preenchimento com traço base 1:2:3 utilizando volume de água de 4,5L adicionando 5%, 10% e 15% de tiras de embalagens cartonada, conforme descrito na tabela e ainda com a composição sem adição de fibras de embalagens cartonadas, que serve como controle.

Materiais e Métodos

Sequência da Adição de cimento, areia, pedra e embalagens cartonadas assépticas

Traço	Cimento (kg)	Areia	Pedra	Embalagens cartonada (%)	Água (L)
T1(0%de tiras)	7	14	21	0%	4,5L
T2(5%de tiras)	7	14	21	5%	4,5
T3(10%de tiras)	7	14	21	10%	4,5
T4(15%de tiras)	7	14	21	15%	4,5

Materiais e Métodos

Desinformação do CP

- Ao passar de 24 horas, a forma é aberta identificando o corpo de prova com a dosagem que há em cada uma delas e direcionada ao tanque de cura.

Materiais e Métodos

Desinformação dos CPs



CARACTERIZAÇÃO

Análise de distribuição granulométrica

Para essa análise, os agregados foram inicialmente submetidos ao processo de pesagem na balança da marca BEL MARK 5200 de agregados miúdos e graúdos. Depois, as peneiras foram individualmente introduzidas no agitador de peneira da marca SOLOTEST de forma decrescente. Posteriormente, foram recolocadas durante dez minutos na peneira para um novo processo de pesagem na frequência de 15 Hz.

As peneiras são destinadas para dois tipos de agregados: agregados miúdos e graúdos.

Materiais e Métodos

Peneira de Agregado Miúdo

- Agregado Miúdo-Foram selecionadas por tamanhos decrescentes de 2,4mm; 1,2mm, 600 μ , 300 μ e 150 μ , com o objetivo de obter o material com menor granulometria

Materiais e Métodos

Peneira de Agregado Graúdo

- Agregados Graúdos - Foram selecionadas para essa caracterização dos agregados graúdos as seguintes peneiras em ordem decrescente: dimensões; 24,0mm, 19,0mm, 12,5mm, 9,5mm, 6,3mm, respectivamente.

Materiais e Métodos

Peneiras

- Peneiras de Agregado Miúdo
- Peneira e Agregado Graúdo



Materias e Métodos

LANÇAMENTO NA CAMARA ÚMIDA

- No tanque de cura ocorre a submersão do corpo de prova até o dia em que será executado o ensaio à compressão. A cada 7 dias, três amostras serão retiradas do tanque para a realização do processo do teste de compressão de cada dosagem, sendo necessária a medição até completar 28 dias da moldagem dos corpos de prova.

Materiais e Métodos

Lançamento na Camara Úmida



Distribuição Granulométrica

Diante dos resultados apresentados, o agregado miúdo foi qualificado como granulometria fina, sendo essa classificação caracterizada pelo maior consumo de água para o processo de atividade satisfatória para o concreto, mas o diâmetro arredondado tende a elevar a trabalhabilidade do compósito. O teste granulométrico fino otimizou o índice vazio do cimento, concedendo ao concreto uma função mais compacta com a estrutura limitada, ocasionando a redução volumétrica, além de restringir os espaços de transporte de agentes agressivos.

Materiais e Métodos

Composição granulométrica do agregado miúdo

Diâmetro (mm)	Peneira	Peneira+retida	Retido	%
2,36	390,80	397,50	6,7	1,34
1,18	333,98	368,14	34,16	6,83
0,60	325,64	611,48	285,84	57,16
0,30	348,03	479,22	131,19	26,23
0,15	342,60	380,77	38,70	7,74
Fundo	342,80	347,81	5,01	1,00

Fonte: (AUTOR, 2017)

Materiais e Métodos

Resistência a compressão

Os corpos de prova são levados para prensa EMIC- PC150C, após serem submetidos ao tempo de cura de 7 dias, iniciando o teste de ensaio de compressão dos corpos de prova para o capeamento dos mesmos, são utilizados discos neoprene que foram submetidos a resistência a compressão do material pesquisado.

Segundo Coutinho (2016), os corpos de prova foram testados individualmente em uma prensa hidráulica de carga máxima de 150t (150.000kgf), com ausência de choque e com a presença de tensão a uma aceleração de $(0,05 \pm 0,02)$ MPa/s findando a ruptura do material, consequentemente de 7, 14, 21 e 28 dias.



Materiais e Métodos

Microscópio Eletrônico de Varredura

Os resultados das microestruturas foram alcançados pelo MEV marca HITACHI modelo TM 3.000 . Disponível no laboratório do prédio 12 do UNIFOA Volta Redonda- RJ. O elemento dos corpos de prova foi proveniente do ensaio de resistência à compressão, as análises foram realizadas por meio de um detector de elétrons secundários



Materiais e Métodos

Equações

Absorção da Água

$$AAg = [(Msat - Ms)/Ms]x100$$

Onde,

Ms = Massa da amostra seca em estufa (g)

Msat = Massa da amostra saturada em água à temperatura de 23°C

Índice de Vazios

$$I_V = [(Msat - Ms)/(Msat - Mi)]x100$$

Onde,

Ms = Massa da amostra seca em estufa (g)

Mi = Massa da amostra saturada, imersa em água (g)

Msat = Massa da amostra saturada em água à temperatura de 23°C (g)

Materiais e Métodos

Ensaio

1º Passo - Secagem das amostras em estufa marca Odontobrás a uma temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, por um período de 72 h, e após esse período, procedeu-se a pesagem de cada amostra seca em balança de precisão do modelo Bel, conforme fotografias 16 e 17.

2º Passo – Saturação das amostras em tanque de água, a uma temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, por um período de 72 h, sendo as 4 primeiras horas a amostra imersa $1/3$ de seu volume, nas 4 horas seguintes a amostra imersa $2/3$ de seu volume e nas 64 horas restantes, completamente imersa, conforme recomenda a NBR 9778/1987. E após esse período é realizada a pesagem das amostras.

3º Passo – Proceder a pesagem das amostras saturadas a temperatura de 23°C , imersas em água, de maneira a obter seu peso imerso.

Resultados e Discussões

Resistência à compressão axial

Apresentou-se, portanto, o valor de 24,55MPa. Os CPs, com adição de tiras de embalagem cartonada e cura de sete dias, apresentaram uma oscilação considerável nos resultados dos testes. Variando entre os Cps5%, 10%, 15%. A resistência mecânica à compressão apresentada, com adição de 5%, demonstrou o resultado representado na tabela 5, que foi de 22,53MPa por 28 dias, o que permite aplicações não estruturais para essa composição. Já as composições com 10% e 15% apresentaram resistência à compressão inferiores ao de 5%, ou seja, 20,09 e 16,22 MPa, respectivamente. Mas, mesmo assim, é possível a aplicação desse material em estruturas como pavimentação, praças, hall de condomínios e shoppings, conforme trabalho de Gonçalves (2002).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

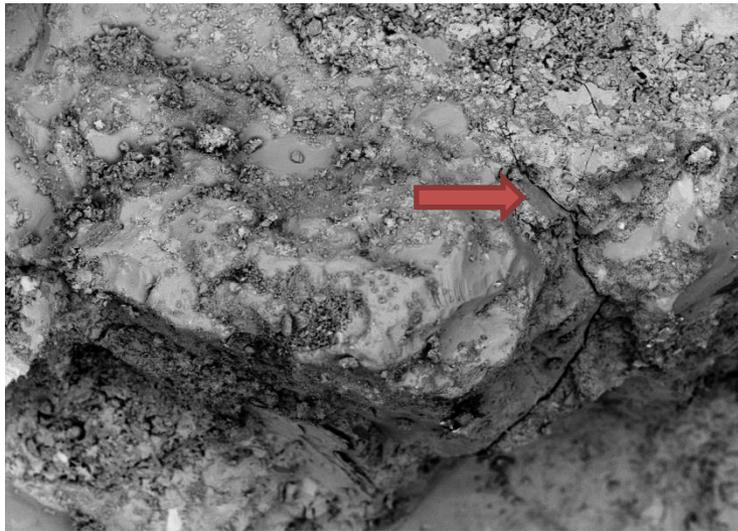
Resistência a compressão axial

Composição	Idade	Resistência CPS (MPa)			Média (MPa)	Desvio Padrão
(0%de tiras)	7 dias	11,67	9,15	11,32	10,71	1,30
	14 dias	16,80	14,11	17,35	16,08	1,70
	21 dias	21,85	16,80	19,45	19,36	2,50
	28 dias	25,77	23,94	23,88	24,55	1,07
(5%de tiras)	7 dias	13,39	13,54	14,70	13,82	0,70
	14 dias	18,70	18,31	15,35	17,45	1,80
	21 dias	20,28	22,15	20,98	21,13	0,94
	28 dias	23,48	23,51	20,61	22,53	1,66
(10%de tiras)	7 dias	9,72	9,22	8,73	9,22	0,49
	14 dias	15,61	14,77	14,75	15,04	0,49
	21 dias	17,15	18,50	17,92	17,85	0,67
	28 dias	20,50	18,98	20,79	20,09	0,97
(15%de tiras)	7 dias	9,15	8,92	8,48	8,85	0,34
	14 dias	9,50	10,27	10,15	9,97	0,41
	21 dias	11,74	11,74	8,28	10,58	1,99
	28 dias	17,06	18,47	13,13	16,22	2,76

Fonte: (AUTOR, 2017)

Resultados e Discussões

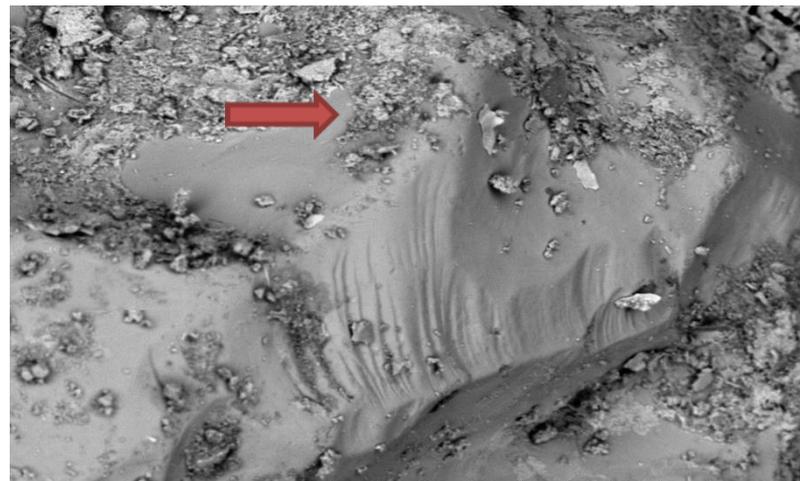
Micrografia obtida por MEV no concreto natural de 28 dias com ampliação em x 100 x 500 x 1000



0% 2018/03/15 F D5.3 x200 500 um



0% 2018/03/15 F D4.7 x500 200 um

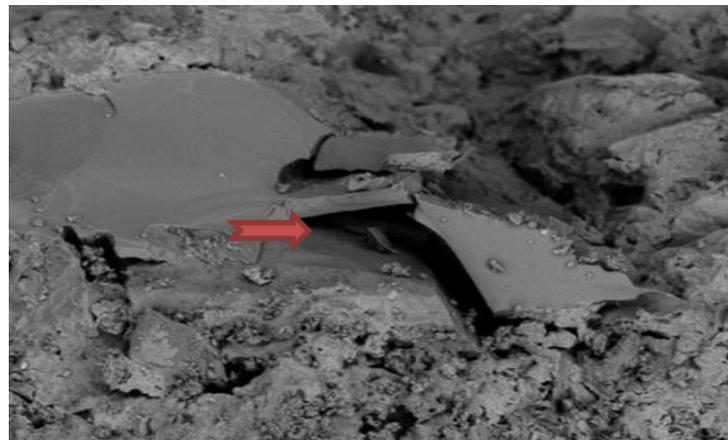
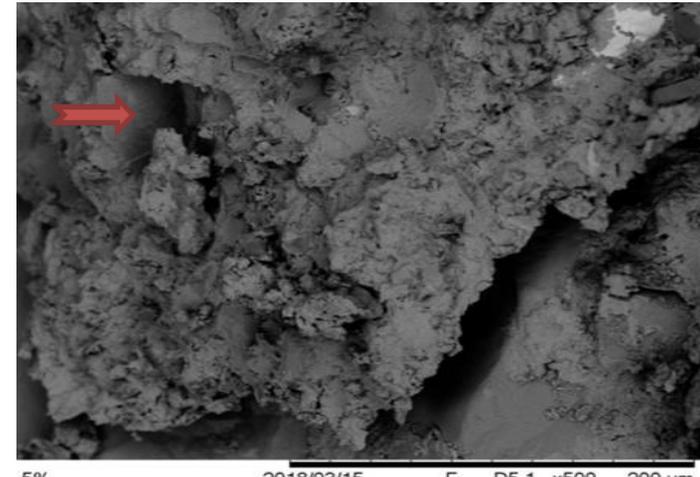
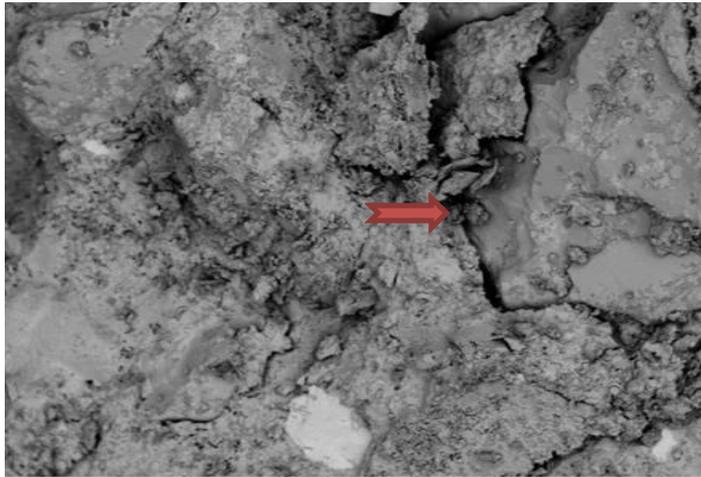


0% 2018/03/15 F D5.2 x1.0k 100 um

Resultados e Discussões

Micrografia obtida por MEV com adição de 5% de tiras e embalagens cartonadas assépticas ampliação

100 x 500 x 1000

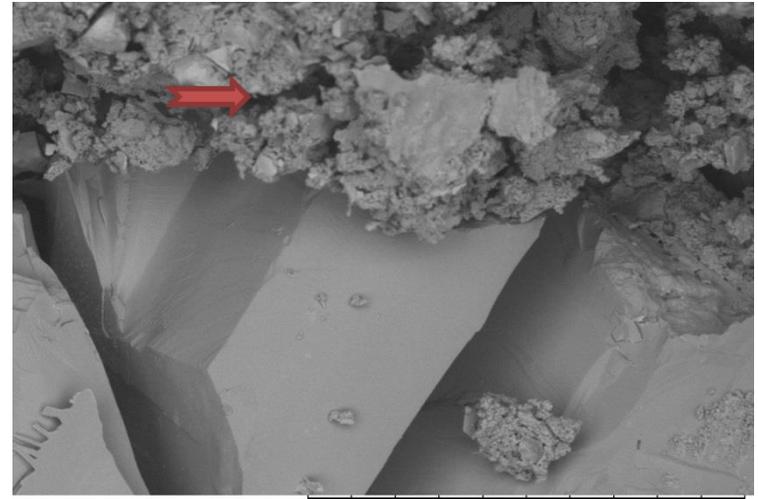


Resultados e Discussões

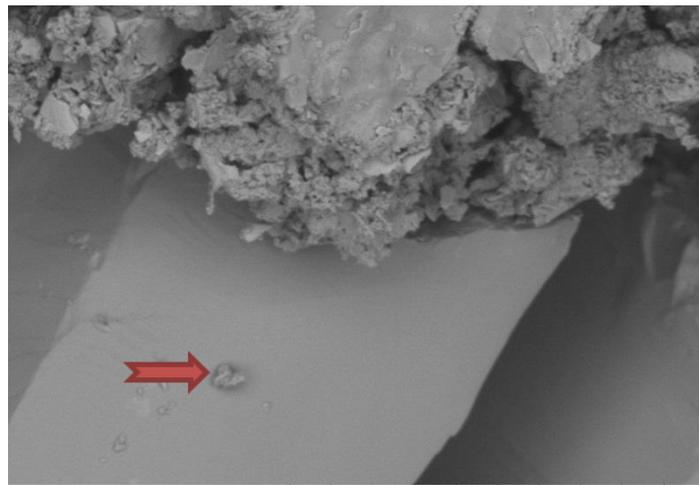
Micrografia obtida por MEV com adição de 15% de tiras e embalagens cartonadas assépticas ampliação
100 x 500 x 1000



CONCRETO 2017/06/07 F D8.1 x100 1 mm



CONCRETO 2017/06/07 F D8.2 x500 200 um



CONCRETO 2017/06/07 F D8.1 x1.0k 100 um

Resultados e Discussões

Absorção de Água

Corpo de Prova	CP1	CP2	Média	Desvio Padrão(kg)
0%	3,423	3,551	3,487	0,090
5%	3,572	3,391	3,481	0,127
10%	3,331	3,596	3,463	0,187
15%	3,530	3,520	3,525	0,007

Resultados e Discussões

Tabela 7- Resultado dos índices de vazios

Corpo de Prova	CP1	CP2	Média	Desvio Padrão(kg)
0%	1,248	1,288	1,268	0,028
5%	1,760	1,719	1,739	0,029
10%	1,580	1,583	1,581	0,002
15%	2,276	1,393	1,834	0,624

Conclusões

- As tiras de *embalagens cartonadas assépticas*, demonstram características específicas para o reaproveitamento na produção de concretos para a construção civil, apresentando-se como alternativa sustentável, rica em matérias-primas recicláveis, otimizando de forma positiva, o conceito de preservação do ecossistema, eliminando os acúmulos de resíduos inutilizados no país.
- Na tangente comparativa dos ensaios de resistência à compressão em corpos de prova de concreto, notou-se que com o acréscimo de *cartonado*, representou uma redução na resistência: 22,53 MPa para 5% de adição de *cartonado*, 20,09MPa com adição de 10% e 13,13MPa na adição *de 15% de* tiras cartonadas. Foi identificado nas micrografias que aos 28 dias não ocorre uma boa interação entre o concreto e as tiras de embalagens cartonadas.

Conclusões

- O produto gerado apresentou aplicações sem fins estruturais, tais como pavimentação de ruas de pouca movimentação e praças.
- Diante dos resultados exibidos nos ensaios de absorção de água, obtiveram-se os resultados para o agregado natural com a média de 3,487 e desvio padrão 0,090. De acordo com a NBR 9781:2013, admite absorção de até 6% para o agregado natural.
- Os resultados da média da absorção de água foram superiores na composição com 15% de adição de material reciclado, com média de 3,525% e desvio padrão de 0,007%, o que já era esperado devido ao maior percentual das embalagens cartonadas

Trabalhos Futuros

- Otimizar o tamanho das fibras de embalagens cartonadas assépticas, que serão adicionadas ao concreto
- Confeccionar pisos de concreto com adição de embalagens cartonadas assépticas