

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM MATERIAIS**

CARLOS EDUARDO VIDAL DA SILVA

**CONFECÇÃO DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE EMBALAGENS
CARTONADAS ASSÉPTICAS**

**VOLTA REDONDA
2018**

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM MATERIAIS**

**CONFECÇÃO DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE EMBALAGENS
CARTONADAS ASSÉPTICAS**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Materiais do Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA, como requisito obrigatório para obtenção do título de Mestre em Materiais, sob a orientação do prof. Dr. Ricardo de Freitas Cabral, na área de concentração de processamentos e caracterização de materiais, linha de pesquisa de materiais compósitos e reciclados.

VOLTA REDONDA

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Bibliotecária: Alice Tação Wagner - CRB 7/RJ 4316

S586c Silva, Carlos Eduardo Vidal da.
Confecção de concreto com adição de embalagens cartonadas
assépticas. / Carlos Eduardo Vidal da Silva. - Volta Redonda: UniFOA,
2018.

64 p. : II

Orientador(a): Ricardo de Freitas Cabral

Dissertação (Mestrado) – UniFOA / Mestrado Profissional em
Materiais, 2018

1. Materiais - dissertação. 2. Compósito. 3. Concreto - confecção. I. Cabral, Ricardo de Freitas. II. Centro Universitário de Volta Redonda. III. Título.

CDD – 620.1

FOLHA DE APROVAÇÃO

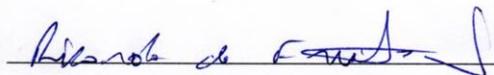
Aluno: Carlos Eduardo Vidal da Silva

**CONFEÇÃO DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE EMBALAGENS
CARTONADAS ASSÉPTICAS**

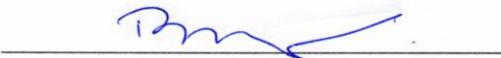
Orientador:

Prof. Dr. Ricardo de Freitas Cabral

Banca Examinadora



Prof. Dr. Ricardo de Freitas Cabral



Prof. Dr. Bruno Chaboli Gambarato



Prof. Dr. Rubens Lincoln Santana Blazutti Marçal

Dedico este trabalho a Deus, aos meus familiares e ao meu filho Eduardo Vidal.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, criador do Céu e da Terra, por abrir mais uma porta que homem nenhum fecha e por traçar na minha vida essa conquista.

Ao Prof. Dr. Ricardo de Freitas Cabral, pelas orientações, ensinamentos, incentivo, dedicação, paciência.

Ao Prof. Dr. Roberto de Oliveira Magnago, por sua amizade, comentários e sugestões construtivas acerca desta dissertação.

Ao Prof. Dr. Horácio Guimaraes Delgado Jr e todos os demais professores, pelos conhecimentos e sugestões para este trabalho.

Ao Prof. Msc. Carlos Eduardo Abreu de Lima de Souza, pela amizade, palavras de incentivo e aconselhamentos, que acrescentaram bastante para a realização deste trabalho.

Aos técnicos dos laboratórios de Engenharia e Ciências dos Materiais do Arthur Almeida Bittencourt e Dirceu Hartung de Camargo Coutinho, que tiveram assaz atuação neste trabalho. Além da execução dos ensaios.

À Ana Maria, pela generosidade, dedicação e atenção prestada, que não me deixou desistir do mestrado, a todos os demais da secretaria do MeMat e Bibliotecários do UniFOA.

Aos Colegas de Mestrado, que contribuíram com as experiências de seus próprios trabalhos.

À minha família amada, meu Pai Carlos Augusto Vidal, minha Mãe Inaura Martins, meu irmão Rodrigo Vidal.

Em especial, a minha namorada Hana Caroline e ao meu filho Eduardo Vidal, pelo afeto, carinho, lealdade, amor e por edificar a minha vida. De todo meu coração, muito obrigado! Amo Vocês!

A todas as pessoas que contribuíram para este Projeto, meu muito obrigado!

RESUMO

A prática da utilização de matérias recicláveis na construção civil torna-se cada dia mais comum. Essa tendência positiva almeja construir um legado sustentável para novas gerações, indo de encontro à nova ordem mundial. Conforme resolução do CONAMA 307, todos os municípios devem providenciar um gerenciamento ambientalmente adequado aos resíduos oriundos de construções. Contudo, a presente dissertação tem como objetivo analisar as confluências da propriedade mecânica no concreto, especificamente a vigência da fibra de embalagem cartonada, sujeitando a fibra ao teste de resistência à compressão axial, segundo a NBR12118, no período de 07, 14, 21 e 28 dias. Desde o concreto natural até o emprego das tiras cartonadas submetidas a corte através de guilhotina, formando tiras com espessura de 30mm x 3mm. O exposto trabalho caminha para o grande desafio com a adição da *embalagem cartonada* ao agregado natural, na confecção do concreto para o produto final da construção civil. Diante dos resultados processados no teste de resistência à compressão durante os 28 dias, 24,5 MPa do agregado 100 % natural, 22,53 MPa com adição de 5% de *embalagem cartonada*, 20,09 MPa com adição de 10% de Embalagem cartonada, 16,22 MPa com adição de 15% de tiras.

Palavras-chave: Compósito, Agregado, Cimento. Concreto, Tiras.

ABSTRACT

The practice of using recyclable materials in civil construction is becoming more common every day. This positive trend aims to build a sustainable legacy for new generations is going against the new world order. According to the resolution of CONAMA 307, all municipalities must provide environmentally sound management of construction waste. In the present work, the present dissertation aims to analyze the confluences of the mechanical properties in the concrete, specifically the fiber of Carton Packing, subjecting the fiber to the test of resistance to axial compression, according to NBR12118, in the period of 07, 14, 21 and 28 days. From the natural concrete to the use of the carton strips cut through a guillotine, forming strips with a thickness of 30mm x 3mm. The above work goes to the great challenge with the addition of the carton pack to the natural aggregate, in the confection of the concrete for the final product of civil construction. Considering the results processed in the compressive strength test during the 28 days, 24.5 MPa of the 100% natural aggregate, 22.53 MPa with addition of 5% of carton pack, 20.09 MPa with addition of 10% of carton pack , 16.22 MPa with addition of 15% strips.

Keywords: Concrete. Aggregates, Composites, Fibers.Cement.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição dos Cimentos Portland	20
Tabela 2 - Sequência da adição de cimento, areia, pedra e embalagem cartonada	44
Tabela 3 - Composição granulométrica do agregado miúdo	50
Tabela 4 - Resultados dos ensaios de resistência à compressão axial nos corpos de prova cilíndrico	51
Tabela 5 - Absorção de água	55
Tabela 6 - Resultado dos índices de vazios	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Concreto com tiras onde há (a) e onde não há (b) compatibilidade dimensional entre as tiras e o agregado graúdo	25
Figura 2 - Ensaio de Vebe.....	28
Figura 3 - Comportamento sob compressão do concreto de resistência normal com fibra de aço	31
Figura 4 - Comportamento sob compressão do concreto de alta resistência com tiras de aço	32
Figura 5- Camadas de proteção da embalagem asséptica cartonada	39
Figura 6- Cimento CP III- 40.....	39
Figura 7 - Areia.....	40
Figura 8- Filamento de embalagens cartonadas assépticas	40
Figura 9- Fluxograma do método aplicado.....	40
Figura 10 –Tiras de embalagens cartonadas assépticas	42
Figura 11 –Betoneira.....	43
Figura 12 - Cone de Abrans	43
Figura 13 - Soquete corpo de prova.....	44
Figura 14 - Desinformação de CP	45
Figura 15 - Lançamento na Câmara úmida.....	45
Figura 16 - Peneiras para miúdos	46
Figura 17 – Peneiras: agregados graúdos	47
Figura 18 - Prensa hidráulica	48
Figura 19 - Micrografia obtida por MEV no concreto natural com ampliação em x 100 x 500 x 1000.....	52
Figura 20 - Micrografia obtida por MEV com ação de 5% de tiras de <i>embalagem cartonada</i> no concreto com ampliação em x 100, x 500 x e 1000 (MEV 28 dias)	53
Figura 21 - Micrografia obtida por MEV com ação de 15% de tiras de <i>embalagem cartonada</i> no concreto com ampliação em x 100, x 500 x e 1000 (MEV 28 dias)	53

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

a.C	Antes de Cristo
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
°C	Grau Celsius
CCP	Concreto de Cimento Portland
CEMPRE	Compromisso Empresarial Para Reciclagem
CP	Corpo de Prova
CP I	Cimento Portland Comum
CP II	Cimento Portland Composto
CP III	Cimento Portland de Alto-Forno
CP IV	Cimento Portland Pozolânico
CP V- ARI	Cimento Portland de alta resistência inicial
kg/m³	Quilograma por metro cúbico
km	Quilômetro
MEV	Microscópico Eletrônico de Varredura
mm	milímetros
NBR	Norma Brasileira de Regulamentação
PEBD	Polietileno de baixa densidade
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVO.....	15
3	JUSTIFICATIVA	16
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
4.1	Cimento	17
4.1.1	Histórico e Evolução	17
4.1.2	Agregados comumente utilizados para concreto	18
4.1.3	Tipos de cimento	19
4.2	Concreto com fibras.....	21
4.2.1	Fibras.....	21
4.2.2	Aspectos básicos.....	23
4.2.3	Matriz de concreto	24
4.2.4	Compósito e interação fibra-matriz	25
4.2.5	Trabalhabilidade	27
4.2.6	O efeito da geometria das fibras.....	28
4.2.7	O efeito da resistência das fibras	30
4.3	Composição das <i>embalagens cartonadas</i>	33
4.3.1	Reciclagem das embalagens <i>cartonada assépticas</i>	36
4.3.2	Adição de tiras embalagem cartonada no concreto.....	36
5	MATERIAS E MÉTODOS.....	39
5.1	Materiais utilizados.....	39
5.1.1	Cimento CPIII	39
5.1.2	Brita	39
5.1.3	Areia	40
5.1.4	Embalagens cartonadas assépticas	40
5.2	Métodos.....	41
5.2.1	Seleção do material	41
5.2.2	Preparação das misturas.....	42
5.2.3	Ensaio Slump Test.....	43

5.2.4	Moldagem dos corpos de prova	44
5.2.5	Lançamento na câmara úmida	45
5.3	CARACTERIZAÇÃO	46
5.3.1	Análise de distribuição granulométrica	46
5.3.2	Ensaio de Resistência à compressão	47
5.3.3	Análise de MEV	48
5.3.4	Índice de vazios e Absorção de água	48
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	50
6.1	Distribuição Granulométrica	50
6.2	Resistência à Compressão	50
6.3	MEV	51
6.4	Absorção de Água	55
6.5	Índices de vazios	56
7	CONCLUSÕES	58
8	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	58
9	REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho visa desenvolver um sistema construtivo pré-fabricado modular produzido com corpos-de-prova cilíndricos, areia e brita, tendo como matéria-prima as caixas de embalagens cartonadas. A proposta da elaboração deste sistema construtivo permite a sua fácil inserção em regime de mutirões para viabilizar edificações ecologicamente corretas, uma vez que as vigas de concreto podem ser produzidas em alta escala com a utilização de insumos renováveis.

Propõe-se estudar a influência da adição da Embalagem cartonada no concreto, sem haver substituição de nenhum de seus componentes. Assim, será possível propor um novo material com características diferentes das convencionais, visando confeccionar concretos mais viáveis economicamente para construção civil, e uma redução considerável no custo final da obra, por tratar-se de um material reciclável e de fácil acesso, e ainda desonerando o meio ambiente e agregando um material de fácil acesso nas residências e indústrias brasileiras, podendo acrescentá-lo no concreto o traço 1:2:3, adicionando dosagens percentuais de tiras de embalagens cartonadas com os percentuais em traços de dosagens (5%, 10%, 15%), de substituição com tiras de *embalagem cartonada*, conformando corpos de prova do produto final, atendendo às normas da ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 5738 e NM67). Sendo assim, os resultados obtidos no estudo apontarão se o material pesquisado terá resistência mecânica dentro dos parâmetros da Engenharia civil e Ciência de Materiais.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é desenvolver e produzir traços do concreto com adição de embalagens cartonadas assépticas e avaliar por meio dos seguintes ensaios:

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

3 JUSTIFICATIVA

O descarte das embalagens cartonadas, bem como os demais resíduos sólidos, foi um dos assuntos debatidos na conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente e o clima. Conforme o crescimento das populações, um fator primordial ressaltado nos debates sobre sustentabilidade e meio ambiente, os maiores impactos ambientais não são causados pelo contingente populacional, mas sim, pelos padrões de consumo. Os paradigmas na linha de produção industrial geram desperdícios que provocam a degradação ambiental, o que remete à destinação correta dos resíduos. (UEMURA, 2017)

Pereira (2008) define que ações afirmativas voltadas para preservação do meio ambiente realizadas isoladamente no passado, atualmente já são mais sistêmicas e frequentes. As legislações em conjunto ao apelo social têm norteado as indústrias a buscarem padrões através de tecnologias limpas, sistema de gestão ambiental, responsabilidade social e logística reversa.

O custo-benefício é indispensável para o potencial investimento da iniciativa privada e o poder público na construção de empreendimentos sustentáveis e tornando-os parte do processo de reeducação da própria população, deixando um relevante legado para as próximas gerações. Todavia, desenvolvendo uma parceria rentável para a administração de cooperativas, de grupos de empresários, de construtores, com o viés incorporado nos programas de moradias sociais de baixo custo, sem perder o conforto do produto comercializado para o consumidor.

De acordo com a lei 12.305/10 de Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que prevê a redução na geração de resíduos através de práticas sustentáveis habituais de consumo doméstico e industrial, com os mecanismos que viabilizam o aumento da reutilização dos resíduos sólidos.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com base na NBR 5732, o Cimento Portland CPIII-40 é um aglomerante hidráulico obtido pela mistura homogênea de clínquer portland e escória granulada de alto-forno. Indispensável na construção civil, o cimento é empregue nas obras urbanas, casas populares, hospitais e grandes empreendimentos como hotéis e edifícios comerciais entre outros. O concreto, que tem em sua formulação o cimento, no momento da dissolução com a areia e a brita, destaca-se por sua característica de resistência mecânica proveniente da compressão e ruptura de corpos de provas que são aplicados com argamassa (BAUER, 2011)

Para Castro (2011), a natureza química do aditivo no concreto, influencia na preparação de materiais à base de argamassa no estado fresco. Nos conceitos de construção atual os aditivos como, por exemplo, embalagem cartonada asséptica, PET e outros aditivos, quando incorporados à mistura, interligam com os vários componentes do cimento e influenciam as reações de hidratação do mesmo. Na aplicabilidade satisfatória desses aditivos é necessário conhecer os conceitos basais da química do cimento e das formas de interações cimento-aditivo.

4.1 Cimento

4.1.1 Histórico e Evolução

Conforme Ambrozewicz (2012), o significado de cimento em latim é *caementu*, que tem sua tradução em português, pedra proveniente das rochas. No Antigo Egito aplicavam-se gesso calcinado em suas esculturas monumentais. Porém, a massa obtida era diferenciada da massa atual, pois continha adição de pedra de calcário e gesso, tornando resultante da discarbonação da pedra originada com a intervenção do fogo.

Segundo Callister (2016), a civilização greco-romana manteve em sigilo, durante gerações, a verdadeira fórmula do seu cimento. Com a queda desses povos antigos, o segredo ficou perdido no tempo, tendo como consequência prejudicial a propriedade

dos componentes do cimento. Em virtude desta perda, esse material precisou ser reformulado.

John Smeaton desenvolveu um cimento calcinado em baixas temperaturas capaz de resistir à água do mar, encomendado pelo governo inglês em 1756, que posteriormente seria denominado cimento portland (Coutinho, 2016).

Para Betsuyaku (2015), o concreto que tem o cimento em sua formulação, quando misturado com agregados miúdos, aumenta a sua resistência à compressão possibilitando, assim, a moldagem de peças estruturais.

As argamassas de revestimento e assentamento também utilizam o cimento como sua matéria prima fundamental, tendo o cimento grande participação em todo o desenvolvimento da humanidade, principalmente na construção dos grandes centros urbanos.

4.1.2 Agregados comumente utilizados para concreto

Os agregados são componentes da construção civil que compõem a mistura da massa de cimento com adição da água na formação do concreto. A sua classificação define-se em graúdos e miúdos: os agregados graúdos são definidos como os grãos que ultrapassam com facilidade a peneira de malha quadrada, com abertura nominal de 152mm e permanecem contidos na peneira, sugeridas na ABNT 4,8mm. No caso dos agregados miúdos, areia de origem natural ou derivado de britamento de rochas estáveis ou mistas e seus grãos, passam pela peneira ABNT 4,8mm e permanecem retidas na peneira ABNT 0,075mm, de acordo com a norma brasileira de regulamentação vigente (ABNT NBR 7211).

Segundo Cunha (2015), com o passar dos tempos a utilização dos agregados vem sendo cada vez mais solicitada. Civilizações antigas como os egípcios, maias e os chineses já utilizavam os agregados. A evolução de novas técnicas e a descoberta de novas tecnologias contribuiu para o desenvolvimento de aplicações diversificadas, entre elas, a mais famosa de todas, o concreto.

Em concordância com Neville (2016), a classificação e caracterização possibilitou um grande avanço à humanidade, pois possibilitou a descoberta de novos produtos na construção civil, apresentados por distintos modelos de concretos e outras misturas, para estabilização de solo, para pavimentação, além de sua utilização ornamental que tem uma grande porção econômica na sua utilização.

Destaca-se como sintético ou natural. O sintético é classificado como a areia e pedras oriundas de rochas provenientes de britamento. No entanto, precisa da intervenção humana para alterar o formato das suas partículas. Por sua vez, os naturais são originados das areias procedentes dos rios ou de barrancos e pedras fluviais (SILVA, 2015).

Entanto, a relação dos agregados é caracterizada pela massa presente, tais como fino e comum. O agregado fino é composto por argila expandida, pedra-pomes, vermiculita e o agregado comum manifesta-se na forma de pedras britadas, areias e seixos, agregados encorpados como hematita, magnetita, barita.

Os agregados em mistura com outras matérias exercem grande relevância em diversos ensaios obtidos para a aplicação definida como granulometria, massa peculiar, módulo de finura, argila em altas temperaturas, impurezas orgânicas, materiais pulverulentos. São fundamentais na confecção de argamassa e concreto. (LACERDA, 2015).

4.1.3 Tipos de cimento

Conforme Ambrozewicz (2012), a definição de cimento é representada pela sigla CP (cimento Portland), e acompanhado de algarismos de I a V que classificam o tipo do cimento; além das classes representadas pelos numerais 25, 32 e 40, os quais designam indicativo de resistência à compressão do corpo de prova padronizado.

Os aglomerados do cimento compostos por clínquer, produto resultante da calcinação de calcário e argila e seus componentes químicos, se distinguem com a junção de gesso quando se pretende aprimorar o tempo determinado de pega do cimento. Outro componente ponderoso na estrutura do cimento é a escória, que tem por finalidade elevar o grau de durabilidade, porém com o comparecimento do sulfato

em proporções elevadas minimiza a resistência do concreto, conquanto a argila pozolânica tem atividade potencializada de impermeabilizar o concreto. Outro componente fundamental na composição do cimento é o calcário que com sua incorporação, pretende-se baixo custo econômico sem reduzir a qualidade do material (TORRES, 2017).

Ressalta-se a intervenção dos componentes do cimento de acordo com sua regionalidade e características oriundas de fábricas e indústrias locais. A distinção dos tipos elementares do cimento é ilustrada na tabela 1.

Tabela 1 - Composição dos Cimentos Portland

COMPOSICAO DOS CIMENTOS PORTLAND Composição (% massa)						
Tipo de Cimento	Classificação	Clínquer + Gesso	Escória de Alto Forno(E)	Escória de Pozolânio (Z)	Material Carbônico (F)	Norma
Comum	CPI	100	--	--	--	NBR 5732
	CPI-S	99-95	--	--	--	
	CPII-E	94-56	6-34	--	0-10	
Composto	CPII-Z	94-76	--	6-14	6-10	NBR 11578
	CPII-F	94-90	--	--		
Alto- Forno	CPIII-40	65-25	35-70	--	0-5	NBR 5735
Pozolânico	CPIV	85-45	--	15-50	0-5	NBR 5736
Alta Resistência Inicial	CPV-ARI	100-95	--	--	0-5	NBR 5733

Fonte: Ambrozewicz, 2012, p.84.

De acordo com a tabela 1, os cimentos podem ser classificados como:

- **CP I** (Cimento Portland Comum) é fabricado apenas com a adição de gesso, componente responsável pela perda da fluidez da pasta denominado pega, baseado na NBR5732.
- **CP II** (Cimento Portland Composto) Resultante da análise do Cimento Portland Comum elaborou-se um formato com componentes adicionados de escória ou pozolana, tornando um produto competitivo que corresponde a 70%

- no mercado industrial do Brasil. Atribuindo em grande escala a aplicações usuais, substituindo diretamente o CP I com base na NBR 11578.
- **CP III-40** (Cimento Portland de Alto-Forno) Fruto da adição de escória siderúrgica, fusão de metais processados no alto-forno com aparecimento de silicato. As escórias siderúrgicas exercem o papel de representarem as particularidades hidráulicas latentes, porém as atividades de hidratação do produto supracitado são vagarosas. Frequentemente esse material é aplicado na construção e pavimentação de pistas de aeroportos, obras e ambientes marítimos, barragens, represas e estação de esgoto com base NBR5735.
- **CP IV** (Cimento Portland Pozolânico) Atingido pelo somatório de escória de forno siderúrgico e pozolana, diferente da escória, a pozolana não exerce reação sobre a água. No processo de moagem apresenta reação com componente de hidróxido de cálcio associado ao ligante hidráulico em temperatura ambiente, resultando dos compostos com propriedades em massa com base NBR5736.
- **CP V- ARI** (Cimento Portland de alta resistência inicial) Tem por característica principal o fato de alcançar elevada resistência imediata após a aplicação, isso se deve à possibilidade de utilizar uma quantidade específica de argila e calcário na fabricação do clínquer, o refinamento na moagem para o cimento ao reagir com a água adquire aumento na taxa de resistência e velocidade com base na NBR5733.

4.2 Concreto com fibras

4.2.1 Fibras

O concreto é um material estrutural aplicado mundialmente na construção civil, adquirindo ênfase e provocando discussões e estudo a cerca do tema, sendo debatido amplamente entre os pesquisadores. Possibilitando, custos e benefícios satisfatórios, alta durabilidade, resistência à compressão e a elevadas temperaturas, proporcionando a pré-moldagem, versatilidade arquitetônica e controle acústico. Entretanto, o concreto

acarreta uma série de limitações apresentadas na sua fragilidade e baixa eficácia na deformação do compósito antes da ruptura. Conquanto sua debilidade, a resistência à tração seja inferior a sua resistência à compressão, o trabalho conjunto com armadura de aço promove aos fundamentos estruturais, resistência à tração e ductilidade necessárias (BAUER, 2011).

No propósito de reduzir tais limitações, a adição de tiras para reforço de misturas cimentícias apresentou um avanço nos últimos anos. Diferentemente da armadura convencional, que é localizada e necessita de prévia montagem, as tiras são mescladas diretamente ao concreto e distribuídas aleatoriamente, otimizando o tempo, mão-de-obra e custo de certas aplicações em relação ao processo tradicional. A junção de tiras em misturas cimentícias proporciona um progresso notável em diversas propriedades mecânicas, enfatizando a tenacidade, resistência à fadiga e ao impacto. Têm como característica primordial acelerar a capacidade de absorção de energia, pois agem como ponte carreadora de tensões através das fissuras, subtraindo sua propagação e expansão. Dentre outras funções, o concreto reforçado com tiras apresenta maior ductibilidade em relação às matrizes não reforçadas, que se tornam ineficazes após a formação da primeira fissura (SALVADOR, 2013).

Os diversos tipos de fibras são utilizados como reforço de concreto sendo que os primordiais são as tiras de aço, as tiras poliméricas e as tiras naturais. Existem vários estudos recentes sobre a importância das tiras de aço no comportamento do concreto que foram divulgados (FATHI,2014).

A influência das fibras poliméricas no funcionamento do concreto foi analisada por diversos pesquisadores sobre diferentes aspectos. A adição de tiras de polipropileno evolui significativamente as propriedades mecânicas do concreto, entre elas a resistência à tração, tenacidade e resistência à abrasão . A resistência à compressão com a adição de tiras poliméricas apresenta redução na variação (KHALOO, 2014).

4.2.2 Aspectos básicos

As fibras no concreto atuam nas fissuras ao longo da maturação da pasta de cimento protegendo o aparecimento das microfissuras, além de inserir-se na pasta enrijecida, trabalhando como barreira ao desenvolvimento da entrada e do comprimento da fissura. Múltiplos eventos ocorrem no concreto com tiras, dentre eles os mais importantes são derivados da matriz do concreto aos fatores físicos e geométricos, os teores das tiras empregadas e a composição entre as tiras e a matriz. As condutas de lançamentos e adensamento são fenômenos relevantes, pois interferem diretamente a distribuição e o direcionamento das tiras na matriz.

Novas pesquisas e análises dos concretos com tiras emergiram na atualidade. A escolha por esse compósito é superior em todo o mundo e os cientistas disponibilizaram diversos tipos de tiras no mercado: fibra de aço (retas, onduladas, torcidas, deformadas nos polos com ganchos), tiras poliméricas (PP, poliéster, nylon e aramida), tiras de vidro.

Conforme Nosheen (2018), a aplicação de fibras em concreto iniciou-se em 1911, quando Grahan aprofundou-se na análise da adição de tiras de aço, com a ideia de elevar os níveis da resistência do concreto armado. Na década de 60, surgiu o aprimoramento de caráter técnico e científico e emergiram várias aplicações e práticas do concreto fibroso apresentados no mercado.

Metha (2010) enfatiza sobre o surgimento do primeiro concreto com fim estrutural criado em 1971, com a finalidade de produzir painéis pré-moldados de 3250mm² e 65 mm de grossura. O concreto acarretava 3% em massa de fibra de aço estirada a frio, com 0,25 mm de diâmetro e 25mm de comprimento. Os painéis foram aproveitados na garagem do estacionamento no aeroporto de Heathrow em Londres. Nessa situação, os concretos com tiras de aço adquiriram notoriedade diversa nas seguintes aplicações: pisos industriais, pavimentos, revestimentos de túneis, blocos de ancoragem de cabos de proteção e outras regiões de condensação de tensões, tubos de águas pluviais, esgotos, bueiros, cascas, telhas, elementos de contenção, estacas-prancha, elementos e estruturas submetidos a sismos, elementos afetados em alto impacto, dormente, elementos estruturais fabricados em geral.

Segundo Hwang (2016), as tiras devem ser aplicadas com total serventia dos elementos, em que a troca de tensões é muito relativa (pavimento e revestimento de túneis) abrangendo as três dimensões; elementos muito adornados em que os extremos entre as armaduras inviabilizam a concretagem; materiais de menor proporção em que o posicionamento inadequado da armadura convencional pode alterar de forma acintosa a altura adequada, em elementos em pouco desenvolvimento.

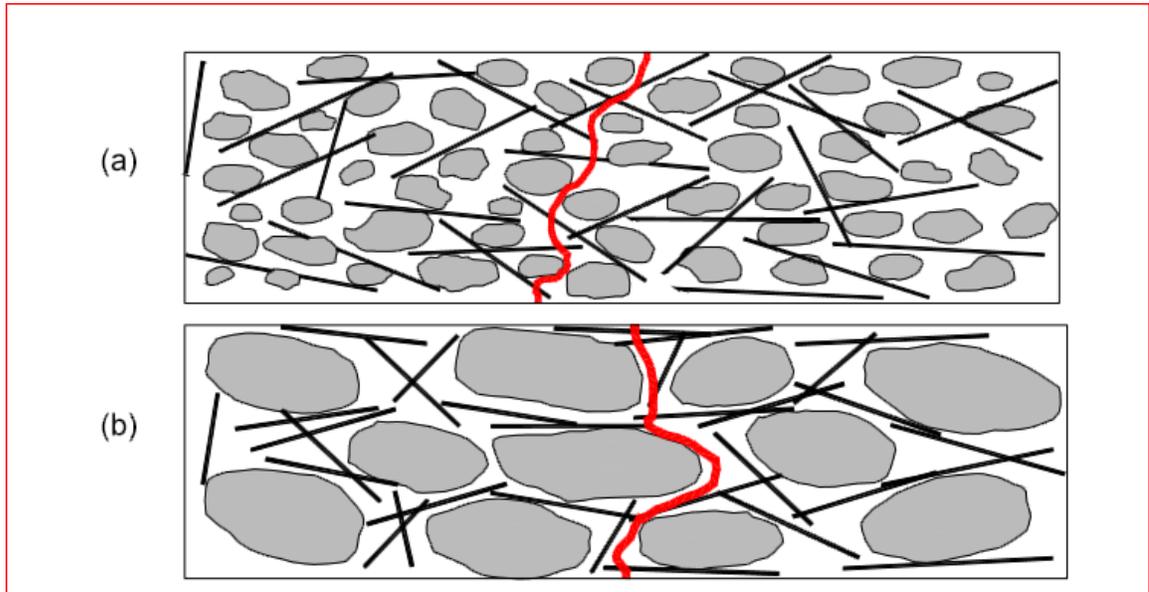
4.2.3 Matriz de concreto

O concreto com tiras é composto de cimento hidráulico, água, agregados miúdos, agregados graúdos e tiras discretas descontínuadas apresentando, diversas vezes, aditivos químicos e junções de minerais para o enriquecimento nos processos de resistência e trabalhabilidade.

Segundo Carasek (2007), o tipo de cimento com o acréscimo de tiras ao concreto tem ótima aceitação. Entretanto, este cimento deve estar em conformidade com o emprego e a resistência pretendida. Porém, a dimensão em alta escala é significativa à ação do concreto com tiras, pois cada etapa deste concreto não deve ultrapassar mais que 20mm e propensão não superior a 10mm para não sofrer alteração na organização uniforme das fibras .Há possibilidade de ocorrer um risco de desaceleração entre os traços de tiras e os álcalis do cimento.

Figueiredo (2013) aponta para as proporções do agregado, quanto mais elevada a extensão do agregado, maiores são os problemas de intervenção no concreto, interferindo positivamente o uso da fibra. Recomenda-se que haja afinidade no espaço entre os agregados e as fibras, de forma que as fibras captam com maior frequência as fissuras que transcorrem no interstício do compósito. Este evento está representado na figura 1 abaixo:

Figura 1 - Concreto com tiras onde há (a) e onde não há (b) compatibilidade dimensional entre as tiras e o agregado graúdo



Fonte: Figueiredo, 2013.

Ilustração da ação da fibra como proteção do concreto e não unicamente mantido como auxílio da massa industrializada. Portanto esta compatibilidade é de assaz importância, pois as fissuras emergem-se especificamente na região de interface na decorrência do agregado graúdo e a apta do concreto de menor e moderada resistência mecânica. Essa extensão da fibra pode ser o dobro da dimensão ampliada do graúdo, sugerindo-se aproximadamente 2,5 a 3 vezes para ocorrer a atuação dessas através do elo de transmissão de tensões nas fissuras (CALLISTER, 2016).

4.2.4 Compósito e interação fibra-matriz

O uso de adicionais redutores de água é usual no concreto de tiras. Essa aplicação de aditivos minerais tendo, por exemplo, a microsilica, tem sido comumente utilizada nestes concretos. A atuação de microsilica favorece a matriz potencialmente densa, aprimorando o processo fibra-matriz e as particularidades mecânicas do concreto (CASTRO, 2011).

É importante ressaltar o aspecto material estrutural, que detém um minucioso balanço na redução da adesão entre a fibra-matriz. Deste modo, as tiras apresentam

uma ligação reprimida com a matriz, podendo passar sob os carregamentos baixos, contribuindo de maneira ineficaz na redução da fissuração. Diante deste fato, as tiras reduzem a tenacidade do sistema. Conseqüentemente, as tiras comportam como junções ineficientes, desenvolvendo um avanço superficial das propriedades mecânicas.

A ligação da fibra-matriz submete-se em diversos fatores, tais como: atrito da fibra-matriz, engrenagem mecânica da matriz na fibra, tendo como junção físico-química entre os materiais. Esses fenômenos são acionados pelas peculiaridades das tiras (volume, módulo de elasticidade, resistência, geometria e orientação) e partem unicamente da matriz (composição, episódio de fissuração e propriedades físico-mecânicas).

Antes de a matriz fissurar o processo dominante, ocorre a transição de tensões elásticas e o trajeto longínquo da fibra e da matriz na modalidade, ocorrendo a interação entre os sistemas sendo geometricamente compatíveis. Nas etapas mais evoluídas de carregamentos (fenômeno de tração ou flexão), as microfissuras aparecem e, rapidamente, as tensões armazenam-se nas extremidades dessas fissuras, ocasionando uma aceleração no processo e uma elevação da entrada finalizando na partilha sensível do material.

A fragmentação por tração dos concretos com fibra surge na dilatação plástica ou elástica das tiras por declinação da matriz de concreto na zona de transferência fibra-matriz, por estancamento da fibra ou por seu rompimento.

A resistência do concreto com fibra é uma classificação do perfil requerido pela direção das tiras, não sendo padronizado. Contudo, com o concreto vibrado as tiras agem com influência prioritária perpendicular à localização de concretagem. A compilação remete ao aconselhamento diferenciado, destacando o uso da vibração superficial (direção paralela à forma), porém este evento é realizado in loco. O receptor de vibradores internos deve ter uma abundância de pasta e uma taxa reduzida de fibras (HWANG, 2016).

Schettino (2015) cita os fatores de interferência das fibras, bem como as características geométricas, a quantidade volumétrica embutida ao concreto, a

resistência mecânica na fabricação, a tensão e a adesão no interstício da matriz fibrosa e a razão entre os diâmetros da fibra e o agregado. Ressaltam-se que os elementos primordiais do concreto são alterados pela adição de tiras.

4.2.5 Trabalhabilidade

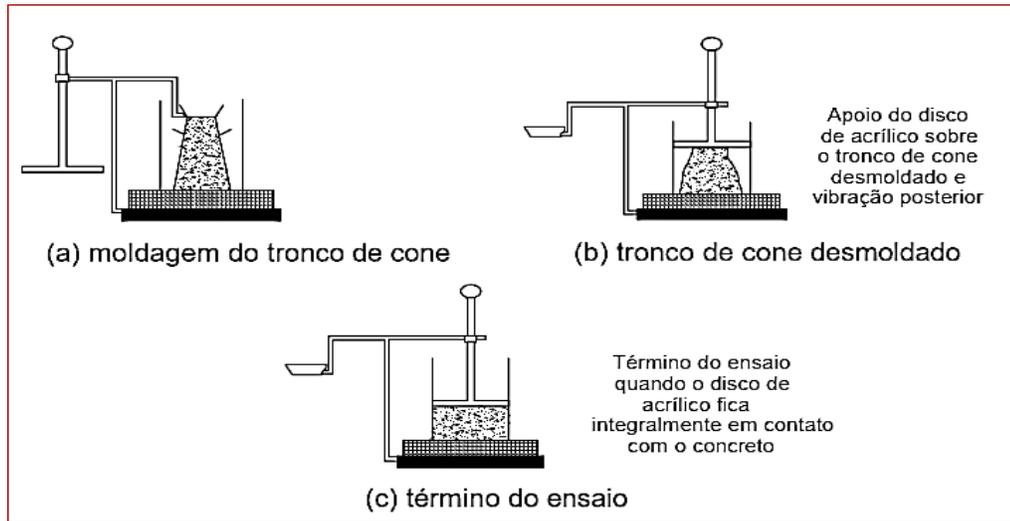
A ausência de funcionalidade do concreto com tiras tange no armazenamento volumétrico de tiras. Entretanto, o formato das tiras, a característica da máquina, mistura selecionado na fabricação da fusão, o perfil e a forma quantitativa de plastificante empregado na mistura, para que ocorra a intervenção na trabalhabilidade do concreto (CALLISTER, 2016).

O acréscimo de tiras converte os fatores de solidificação do compósito e a sua trabalhabilidade. Superpondo-se na decorrência da adição das tiras ao concreto, acrescentando-se uma vasta área superficial que demanda água de molhagem que, quanto maior o formato das tiras, maior será o abalroamento do concreto (CUNHA, 2015).

Metha (2010) ressalta que o decréscimo da textura do concreto com fibras, a projeção e a compactação são mais satisfatórias do que em um concreto convencional com tiras de baixa consistência. Destacam-se três métodos para comprovar a aplicabilidade do compósito com tiras no estado fresco e são as seguintes:

- Abatimento do tronco de cone;
- Tronco de cone invertido;
- Ensaio de Vebe, no qual a variação de consistência do concreto é intitulado como sendo o momento adequado para remoldar o concreto contido no equipamento no formato troncônico para o formato cilíndrico, conforme a figura 2 abaixo:

Figura 2 - Ensaio de Vebe



Fonte: Metha, 2010.

4.2.6 O efeito da geometria das fibras

Encontra-se uma variedade de processos de fabricação de tiras de aço, destacando-se o talho de arame perfilado de aço de menor teor carbônico. Em sua maioria, as tiras de aço são confeccionadas com aço de carbono, entretanto as que contêm ligas metálicas apresentam maior resistência à corrosão, porém são mais eficientes para a aplicação em concretos refratários e em estruturas náuticas.

As geometrias das tiras de aço apresentam uma enorme variedade. A fibra de aço achatada apresenta parâmetros variando entre 0,15mm e 0,64mm de espessura e largura variando entre 0,25mm e 2,0mm. Esta padronização geométrica da fibra consiste na resultante entre comprimento e diâmetros equiparados, normalmente apresentando valores na faixa de 20 a 100. Quando menor, o comprimento da fibra reduz a seção transversal, sendo a espessura pouco valorizada no processo. Quanto maior a espessura da fibra, mais elevada será a capacidade de resistência após a fissuração do concreto (RIBEIRO, 2018).

No caso de tiras de aço onduladas, essas estão disponíveis tanto no seu comprimento quanto nas extremidades. Apesar disso, as tiras de aço são coladas umas nas outras com colas especialmente solúveis em água, produzindo feixes de 10 a 30

tiras para estabelecer o grau de manipulação ideal na adição do concreto (BENTUR, 2007).

Na perspectiva de Castanheira (2017), os materiais compostos em cimento como os agregados são selecionados naturalmente na inserção de materiais poliméricos e, além disso, acarretando em bons custos-benefícios demonstrando, porém, dificuldades em relação à ductilidade, resistência à ruptura e capacidade de absorver energia de deformação.

As tiras poliméricas são divididas geometricamente em microtiras e macrotiras com o acréscimo de microtiras de polipropileno (diâmetro equivalente micrométrico e espessura próxima da unidade). No Brasil, comumente observa-se um favorecimento para otimizar fissuração por retratação e controle da exsudação, embora as tiras não apresentem características estruturais, enquanto as macrotiras de polipropileno (diâmetro equivalente milimétrico e estrutura variando entre 20 e 100) são intituladas como tiras estruturais e disputam com as tiras de aço. Na América do Norte e Europa, a comercialização dessas tiras encontra-se em larga escala no mercado, diferindo do que ocorre no Brasil (MOREIRA, 2017).

Diante de Patil (2015) justifica que a diminuição da fissura e exsudação com aplicação das tiras de polímeros desenvolveu-se do fator de que as tiras atrapalham o fluxo hidráulico no núcleo do concreto, erguendo a sua coesão. Essa alteração pode desencadear em várias aplicações específicas como o compósito projetado, evitando riscos de deslocamento (patologia agressiva ao concreto devido ao ataque químico e falhas no projeto) e comprovando a estabilidade dimensional do concreto recém desformado.

As fibras de aço são mais comuns e eficazes para o concreto, já as tiras de polímero são mais utilizadas em trabalhos específicos, tendo como exemplo o concreto arquitetônico ou decorativo, que tem por características a redução do impacto visual das tiras. Nessa perspectiva adversa, as tiras de polipropileno e poliéster, ou de nylon, são mais utilizadas.

Observa-se uma superioridade discrepante da fibra de aço, ao compará-la com a fibra de polímeros. Entretanto, as tiras poliméricas têm por características de garantia

proporcionar um custo-benefício considerável para a construção civil. Contudo, a fibra de aço oferta maior desempenho e eficácia apresentando um custo significativamente elevado (METHA, 2010).

4.2.7 O efeito da resistência das fibras

A característica principal da aplicação de tiras ao concreto é não modificar a sua resistência à compressão. Entretanto, o desempenho das tiras é transmitir as tensões através das fissuras, sendo oriundas de cisalhamento, como ocorre no ensaio de compressão. Os concretos com tiras apontam que os volumes de tiras produzidas são menores do que 2%, e com isso, as suas propriedades de resistência à compressão, módulo de elasticidade e tensão máxima, apresentam um aumento discreto quando submetido à tração e à flexão. O aumento volumétrico das tiras desencadeia tanto na elevação, quanto na redução da resistência e no módulo de elasticidade. A redução volumétrica das tiras é detectada quanto ao fator negativo, como no teor elevado do ar, influenciados pelo acréscimo de tiras na matriz sendo preponderantes (WU, 2018).

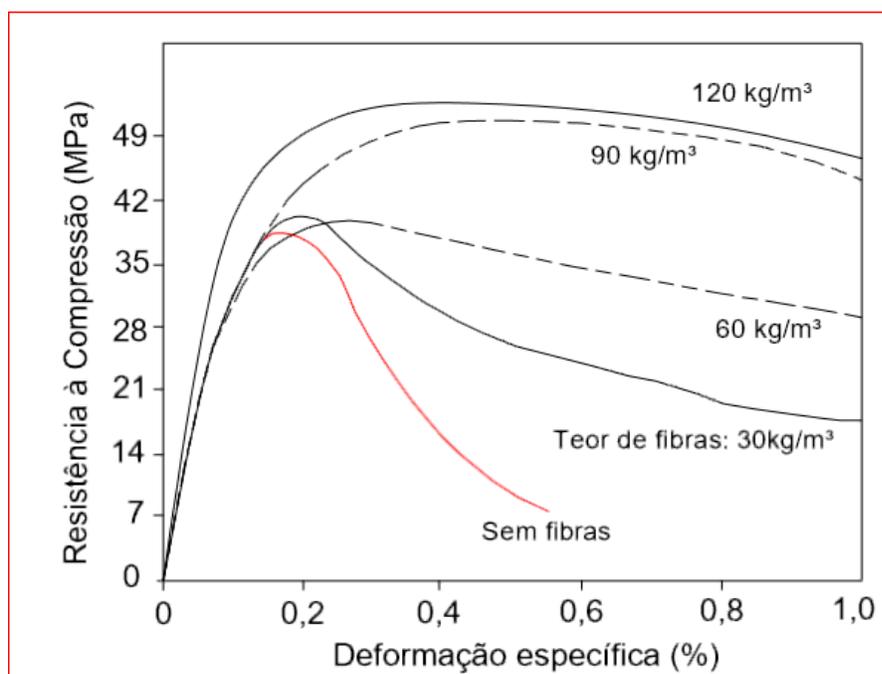
Conquanto a compactação da matriz relacionada ao armazenamento da mistura do agregado seco e o uso do misturador e vibrações apropriados, a elevação da resistência e de módulo podem ser constatados na atuação de tiras em quantidades elevadas, proporcionando o aumento da resistência à compressão com presença de fibras de aço é de 25% e para os níveis volumétricos da fibra é de 2,0%(HWANG,2018).

Segundo Alves (2013), os experimentos de compressão em corpos de provas cilíndricos foram realizados em três dosagens distintas, com adição de fibra de aço, utilizando ganchos nas pontas, com comprimento de 30mm, diâmetro de 0,62mm e estrutura 48, nos teores de 0%, 0,75% e 1,50% em níveis volumétricos. Os resultados indicam que a adição de fibras não resulta no aumento da resistência da compressão, tendo que a alteração não ultrapassou 16%.

Os concretos de resistência elevada com adição de fibras diferenciam o eixo crescente da curva de tensão, de compressão versus deformação específica, sendo eles: resistência, módulo de elasticidade, deformação relativa à tensão máxima. Assim,

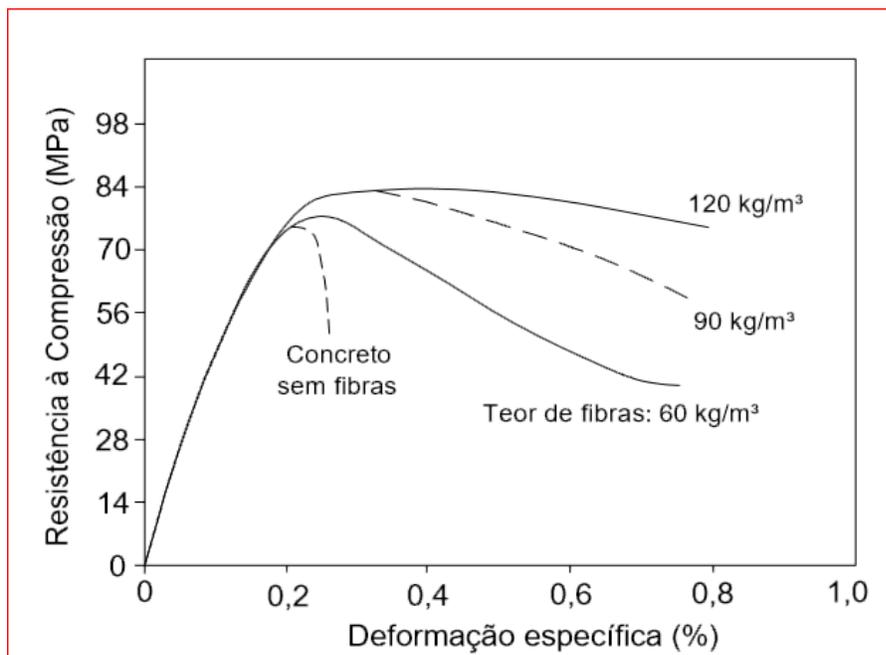
são relacionados aos concretos de resistência normal. Porém, tanto para concreto de resistência reduzida quanto para os de resistência elevada, o resultado pós-pico é distinto em relação ao concreto sem tiras, exibindo o aumento de ductilidade, como se pode observar no confronto entre curva de tensão e deformação específica, representado na figura 3 e 4 abaixo:

Figura 3 - Comportamento sob compressão do concreto de resistência normal com fibra de aço



Fonte: Metha,2010.

Figura 4 - Comportamento sob compressão do concreto de alta resistência com tiras de aço



Fonte: Metha, 2010.

O esforço energético pós-fissura por compressão da matriz apresentará, por sua vez, distintas funções de localização das fibras. A compactação do concreto na acepção perpendicular em relação à localização das tiras resultará no aumento do vigor energético pós-fissura que o compactado, na forma perpendicular à localização da fibra, apresentará o maior esforço de energia posterior à fissuração do que o concreto compactado no contexto paralelo à localização desejável das tiras (WU, 2018).

A resistência à tração das tiras no concreto obtém, através de três ensaios divergentes, ensaio de tração direta, avaliação de tração indireta, que consiste no teste de tração por compressão diametral chamado de ensaio brasileiro, a prova de tração na flexão.

O experimento de assaz importância para calcular resistência à tração do concreto é o teste de tração direta. Todavia, o referido ensaio requer a aplicação de colas de alta precisão, é de efetuação mais dificultosa de todos os ensaios e, por essa razão, é realizado somente em trabalhos científicos. Ainda que não tenha uma regra definida sobre o melhor ou pior ensaio de resistência à tração do concreto, essa é definida como padrão nos processos de cálculo de estruturas do concreto,

exemplificado segundo NBR 6118 (2007) para a contabilidade da fissuração e da armadura mínima da resistência à força e ruptura de materiais com a ausência de armadura transversal e tensão de junção, sendo este evento julgado a partir de sentenças que classificam com a resistência à compressão.

No contexto de resistência à tração direta, é comprovada a inexistência de uma metodologia definida para o teste de tração direta, ocasionando distintas variedades de moldes de corpos de prova e condicionamento de apoio (NAAMAN, 2003).

Conforme Bentur (2007), a partir da inclusão dos efeitos de tiras utilizados no exercício prático (1% em volume), na multiplicação da resistência a atração direta limita-se em 20% e os excessos são quantificados pelo uso de tiras com maior espessura.

Em concordância com Dias (2018), o acrescentamento de 1,5% de tiras em volumes da matriz à base de cimento remete a uma elevação de 30 a 40% na resistência à tração direta.

As matrizes com agrupamentos das tiras (concreto de alta resistência com inclusão de cinza volante, por exemplo) viabilizam a elevação adicional nos resultados do teste da resistência à tração.

As tiras enfileiradas e localizadas nas tensões de tração fabricam acréscimos satisfatórios na resistência à tração direta, superando as tiras que estão ocasionalmente distribuídas na matriz do concreto.

4.3 **Composição das *embalagens cartonadas***

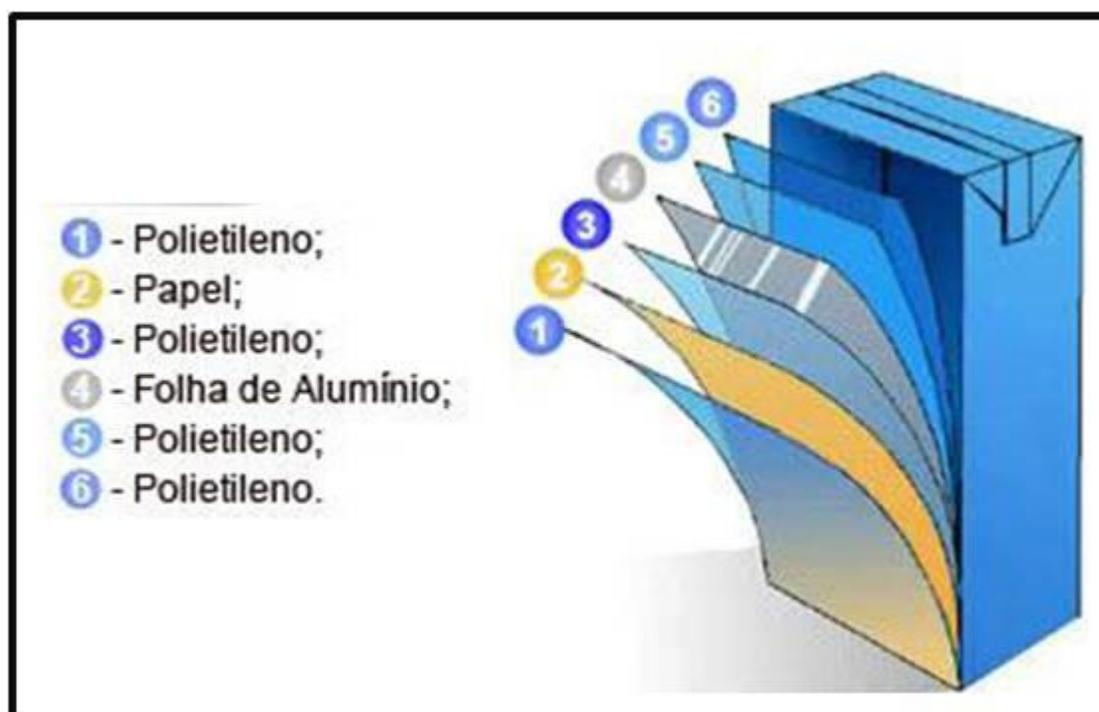
As embalagens *cartonadas*, as quais um dos derivados do nome referência, a maior fabricante das embalagens “longa vida”, este produto teve início em 1952 na Suécia com a criação de uma embalagem em formato de paralelepípedo e formada por camadas de papel e plástico, iniciadas por Ruben Rausing, com o objetivo de armazenar alimentos líquidos perecíveis (Fiorelli, 2008).

Em 1961 sucedeu-se a criação da embalagem como é conhecida nos dias de hoje, com camadas de papel, plástico e alumínio. Entretanto, no Brasil a comercialização deste produto iniciou-se nos começos da década de 70 e obteve uma

grande adesão das empresas produtoras e do mercado consumidor, pois a embalagem permitia a perfeita conservação de alimentos perecíveis, como leite, armazenamento de suco, o que apresentava grande auxílio devido a facilidade de preservar a qualidade durante o transporte.

A embalagem cartonada asséptica, também chamada de longa vida, tetra pak ou multicamadas são compostas por seis camadas de tipos diversos, portando três tipos de materiais, agregando 75% papel, 20% plástico e 5% alumínio. A distribuição dos seguintes materiais é dividida em três camadas de materiais: polietileno, papel e alumínio (Ajam, 2013). As camadas de proteção são na figura 5.

Figura 5 – Camadas de proteção da embalagem cartonada asséptica



Fonte: (AJAM, 2013)

Segundo Cempre (2015), cada material desta estrutura possui uma função específica:

1. Camada de Polietileno: Tem a função de proteger a embalagem contra umidade externa.
2. Camadas de Papel Duplex: O papel branco serve para permiti a impressão e o pardo garante a estabilidade e rigidez, garantindo estrutura à embalagem. Representa 75% de toda estrutura do material de embalagem.
3. Camada de Polietileno: oferecer aderência entre as camadas de papel e alumínio.
4. Camada de Alumínio: Se não existisse essa camada não seria asséptica. Já que, tem a função de evitar a entrada de ar e luz na embalagem, perda de aroma e evitar contaminações.
5. Camada de Polietileno: oferecer aderência entre as camadas de polietileno e alumínio.
6. Camada de Polietileno: Tem a função de proteção, impedindo o contato do alimento com o alumínio.

Segundo López (2016), o plástico é denominado polietileno de baixa densidade, sendo um polímero parcialmente cristalino. São distribuídos entre 50 e 60% no seu processo de produção, variando a sua pressão entre 1000 e 3000 atmosferas e temperaturas alcançando 100 e 300 °C.

O material característico chamado Polietileno de baixa densidade (PEBD) reúne uma única aderência caracterizando alta flexibilidade, alta resistência ao impacto, boa processabilidade. O alumínio destaca-se por sua afluência e utilizações estruturais. É consenso que o alumínio encontra-se em abundância, sendo aproveitadas em nosso cotidiano as embalagens de cosméticos, materiais hospitalares, além do uso na indústria automotiva e na construção civil (Pedroso, 2007).

O papel é um dos elementos mais utilizados no dia-a-dia. É extraído da polpa de madeira de árvores como pinheiros e eucalipto. O papel constitui-se de elementos

fibrosos de origem vegetal e tem por características alto teor de celulose, baixo custo e fácil acesso.

4.3.1 Reciclagem das embalagens cartonada assépticas

Com o aumento populacional e o crescimento industrial caracteriza-se o aumento da quantia de resíduos orgânicos e inorgânicos na sociedade. De acordo com a quantidade de lixo produzido em massa, a reciclagem torna-se cada vez mais importante. Segundo o Compromisso Empresarial Para Reciclagem (CEMPRE), o Brasil apresenta índices elevados em comparação aos demais países do Mercosul. Dados afirmam, que no ano de 2015 o Brasil foi responsável por reciclar 21% de embalagens de *Treta Pak*, totalizando mais de 59 mil toneladas. Ressalta-se que cada tonelada de embalagem reciclada de *Treta Pak* gira em torno de 680 quilos de papel *krafit*, sendo previsto um elevado número de reciclagem dessas embalagens, devido às iniciativas de coletas seletivas organizadas pelas iniciativas privadas, cooperativas e comunidades em grande parte da sociedade, dando aparato ao desenvolvimento de novos processos tecnológicos (CEMPRE, 2016).

Além da reciclagem das embalagens de *Treta Pak* resultar em papel *Krafit*, também resulta em componentes para papelão ondulado, papel cartão, embalagem para ovos, palmilhas para sapatos, papel tissue e outros componentes. Preocupando-se com o impacto ambiental, outra técnica de reutilização é a fabricação das telhas, de placas, vigas de concretos e pavimentação de estradas utilizando a embalagem *cartonada* por apresentar durabilidade do material de fácil acesso à coleta do material e baixo custo para construção civil.

4.3.2 Adição de tiras embalagem cartonada no concreto

Conceitualmente, adição de tiras de *Treta Pak* na constituição do concreto é um composto relativamente inovador. No início dos anos 1960, presenciou-se o surgimento de novos produtos aos quais se derivam as tiras poliméricas, metálicas, vegetais e minerais. Originou-se nos Estados Unidos em 1971 a linhagem de pesquisa envolvendo

diversos tipos de tiras. O estudo tinha por objetivo reforços de materiais de construção. (LÓPEZ, 2016).

A junção de compósitos fibrosos no Brasil é algo ainda mais recente na escala industrial, sendo difundida a partir de 1990. Nos dias de hoje, tem sido difundido o consumo de tiras de várias formas e tamanhos, produzidas em aço, plástico, vidro e matérias naturais, embora as tiras de aço venham se destacando no mercado industrial obtendo uma positiva aceitação na construção civil (CEMPRE, 2016).

Segundo Ajam (2013), as tiras são apontadas como elementos descontínuos portando comprimento maior que a dimensão da seção transversal, podendo apresentar uma diversificação de matérias desde a fibra natural, como o sisal até o aço, vidro, polímeros, pet e *Treta Pak*. A classificação das tiras podem se caracterizar por tamanho, variando em partes curtas ou longas e pela apresentação em soltas, coladas, monofilamentos e fibriladas.

As tiras são classificadas em dois aspectos distintos: curtos e longos. As tiras curtas agem diretamente sobre a argamassa, otimizando grande parte da fissura no compósito sobre a carga, não alterando a resistência e trabalhabilidade em níveis significativos podendo, assim, elevar os níveis de ductilidade. As tiras longas interferem na matriz do concreto reduzindo as microfissuras, entretanto diminuem a trabalhabilidade, proporcionando ao concreto uma elevada resistência à tração (METHA, 2010).

Nosheen (2018) ressalta a importância da fibra-matriz cimentada em conceitos gerais, destacando dois efeitos relevantes: o primeiro é caracterizado por tonificar o compósito sobre todas as formas de transporte induzindo positivamente tensões de tração. Isso significa tração indireta, flexão e cisalhamento. O segundo é apresentado significativo progresso na ductilidade e a coesão da matriz de fibra com característica tênue.

A inclusão das tiras tem um grande impacto na resistência à tração na flexão. Há registros de aumento acima de 100% na resistência para o nível elevado do teor de tiras. Sendo muito eficiente na trabalhabilidade do concreto, a fibra ultrapassa as barreiras das fissuras que compõem o concreto, interferindo no funcionamento de

cargas polarizadas ou quando confrontadas às mudanças climáticas (SALVADOR, 2013).

A adição de embalagens de *Treta Pak* ao concreto provoca a redução na massa específica do mesmo. Considerando que a embalagem *Treta Pak* é composta de materiais leves, menos densas em comparação à areia, resultando na redução da massa específica.

5 MATERIAS E MÉTODOS

5.1 Materiais utilizados

5.1.1 Cimento CIII

Em todo o trabalho, incluindo os estudos preliminares e o estudo inicial, foi utilizado cimento *Portland padrão CIII-40 (figura 6)*, comumente usados 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 (Torres, 2017).

Composição do cimento CIII: (AMBROZEWICZ, 2012)

- Clínquer e Gesso: 25 a 65%
- Escória: 35 a 70%
- Calcário: 0 a 5%

Figura 6- Cimento CP III- 40



Fonte: (AUTOR, 2017)

5.1.2 Brita

A brita 1, tipo natural, com o tamanho de 19mm, composta basicamente por granito e oriunda da extração da Pedreira de Volta Redonda, foi concedida pelo UniFOA.

5.1.3 Areia

A areia média padronizada e adquirida no laboratório do UNIFOA para confecção dos corpos de prova, possui tamanho médio de 2mm a 0,6mm, conforme figura 7 abaixo.

Figura 7 - Areia



Fonte: (AUTOR, 2017)

5.1.4 Embalagens cartonadas assépticas

As tiras de embalagens cartonadas oriundas da coleta de caixa de suco, foram submetidas ao mecanismo de corte por guilhotina, em tiras nas dimensões de 30mm x 3mm. Conforme figura 8 abaixo.

Figura 8 - Filamento de embalagens cartonadas assépticas

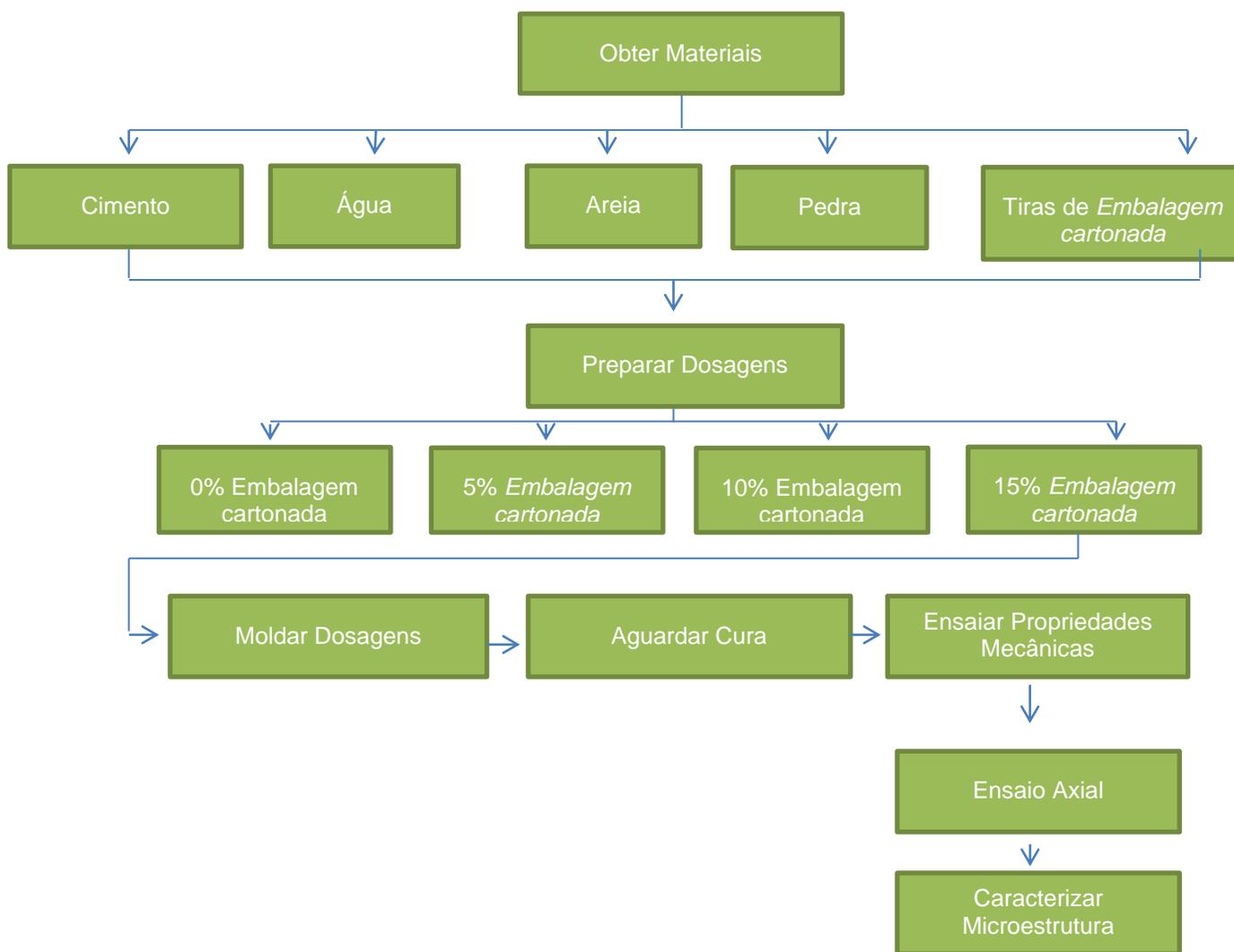


Fonte: (AUTOR, 2017)

5.2 Métodos

Este capítulo expõe todas as técnicas implementadas envolvendo o processo de caracterização da microestrutura do material pesquisado para esse estudo. A figura 9 demonstra um fluxograma que exibe de forma gráfica todo o processo.

Figura 9 - Fluxograma do método aplicado



Fonte: (AUTOR, 2017)

5.2.1 Seleção do material

O material escolhido nesta pesquisa foi fruto de coleta de matérias recicláveis. Deste modo, foram selecionadas caixas de embalagens cartonadas de 1 litro de leite e

de suco. Após a separação das caixas, foram encaminhadas para retirada dos resíduos e secagem viabilizando a preservação da matéria-prima analisada.

As caixas de embalagens cartonadas assépticas foram submetidas em duas etapas distintas; a primeira tratou as embalagens para cortes em tiras de 30mm, conforme mostra a figura 10. A segunda etapa de cortes foi na guilhotina, obtendo tiras de 30mm x 3mm.

Para Schettino (2015), essas dimensões foram confeccionadas com sucesso em sua pesquisa para cortar tiras de politereftalato de etileno (PET).

Figura 10 –Tiras de embalagens cartonadas assépticas



Fonte: (AUTOR, 2017)

5.2.2 Preparação das misturas

No laboratório de Engenharia do UniFOA, os materiais foram utilizados para obtenção de traços de concreto por meio de tiras de embalagens cartonada, areia e o cimento com os traços 1:2:3. Na fração de uma porção de cimento para duas de areia e três de brita, posteriormente todo material foi inserido na betoneira figura 11, para que se alcance a homogeneidade do concreto.

Figura 11 –Betoneira



Fonte: (AUTOR, 2017).

5.2.3 Ensaio Slump Test

De acordo com a NBR NM 67-96, o cone de Abrans ilustrado na figura 12 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 6cm.

Figura 12 - Cone de Abrans



Fonte: (AUTOR, 2017)

5.2.4 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, conforme figura 13, em torno de 16 x 60cm em cada camada, devendo esta repousar, em média, 24 horas.

Figura 13 - Soquete corpo de prova



Fonte: (AUTOR, 2017)

Conforme a NBR 5738, os corpos de prova são padronizados com formato cilíndrico e diametral de 10X20 cm.

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 3, e ainda com a composição sem adição de fibras de embalagens cartonadas, que serve como controle, conforme visto na tabela 2.

Tabela 2 - Sequência da Adição de cimento, areia, pedra e embalagens cartonada

Traço	Cimento (kg)	Areia (kg)	Brita(kg)	Embalagens cartonada (%)	Água (L)
T1(0%de tiras)	7	14	21	0%	4,5
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

Fonte: (AUTOR, 2017)

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, conforme visto na figura14.

Figura 14 - Desinformação de CP



Fonte: (AUTOR, 2017)

5.2.5 Lançamento na câmara 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, conforme visto na figura15.

Figura 15 - Lançamento na Câmara úmida



Fonte: (AUTOR, 2017)

5.3 CARACTERIZAÇÃO

5.3.1 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. Foram selecionadas por tamanhos decrescentes de 2,4mm; 1,2mm, 600 μ m, 300 μ m e 150 μ m, conforme visto na figura16.

Figura 16 - Peneiras para miúdos



Fonte: (AUTOR, 2017)

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, conforme visto na figura 17.

Figura 17 – Peneiras: agregados graúdos



Fonte: (AUTOR, 2017)

5.3.2 Ensaio de Resistência à compressão

Os corpos de prova foram submetidos à prensa da marca EMIC - PC150C (destacada na figura 18) 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. Foram utilizados discos neoprene que foram submetidos à resistência a compressão do material pesquisado. Os corpos de prova foram testados individualmente em uma máquina de prensa hidráulica de carga contínua, com ausência de choque e com a presença de tensão a uma taxa de carregamento de $(0,05 \pm 0,02)$ MPa/s findando a ruptura do material, consequentemente, de 7, 14, 21 e 28 dias.

Figura 18 - Prensa hidráulica



Fonte: (AUTOR, 2017)

5.3.3 Análise de MEV

Os corpos de prova foram analisados em sua morfologia, com o uso do MEV da marca HITACHI modelo TM 3000, com uso de um detector de elétrons secundários e tensão no tubo de 5 kV. O equipamento encontra-se disponível no laboratório de Caracterização de Materiais do UNIFOA Volta Redonda- RJ.

5.3.4 Índice de vazios e Absorção de água

Os ensaios de índice de vazios e absorção de água foram definidos, conforme a NBR 9778/1987:

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 72h e, após esse período, procedeu-se a pesagem de cada amostra seca em balança de precisão do modelo Bel.

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 72h, sendo as quatro primeiras horas, a amostra imersa a 1/3 de seu volume. Nas quatro horas seguintes, a amostra imersa a 2/3 de seu volume e nas 64 horas restantes, completamente imersas, conforme recomenda a NBR 9778/1987. Posteriormente a esse período é realizada a pesagem das amostras.

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

Após estes procedimentos, foram realizados os cálculos para determinação da absorção de água e índice de vazios das amostras, nos quais serão demonstrados de acordo com as equações 1 e 2, respectivamente.

$$A_{Ag} = [(Msat - Ms)/Ms]x100 \quad (1)$$

Onde,

A_{Ag} = Absorção de água (%)

Ms = Massa da amostra seca em estufa (g)

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

$$I_V = [(Msat - Ms)/(Msat - Mi)]x100 \quad (2)$$

Onde,

I_V = Índice de vazios (%)

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)

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 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. 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, conforme visto na tabela 4 (Coutinho, 2016).

Tabela 3 - 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)

6.2 Resistência à Compressão

Na tabela 5, mostram-se os resultados de resistência à compressão de amostras curadas naturais testados após 7, 14, 21 e 28 dias de cura, de acordo com a NBR 7215 (ABNT 2014). Os CPs, com adição das tiras de embalagens cartonadas e cura de sete dias, apresentaram uma oscilação considerável nos resultados dos testes. A resistência mecânica à compressão apresentada, com adição de 5%, demonstrou o resultado representado na tabela 5, que foi de 22,53 MPa 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 MPa e 16,22 MPa, respectivamente. Mas, mesmo assim, é possível a aplicação desse material em pavimentação, praças, hall de condomínios e shoppings, conforme NBR 5739 (1994).

Tabela 4 - Resultados dos Ensaios de resistência à Compressão Axial nos corpos de prova cilíndrico

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)

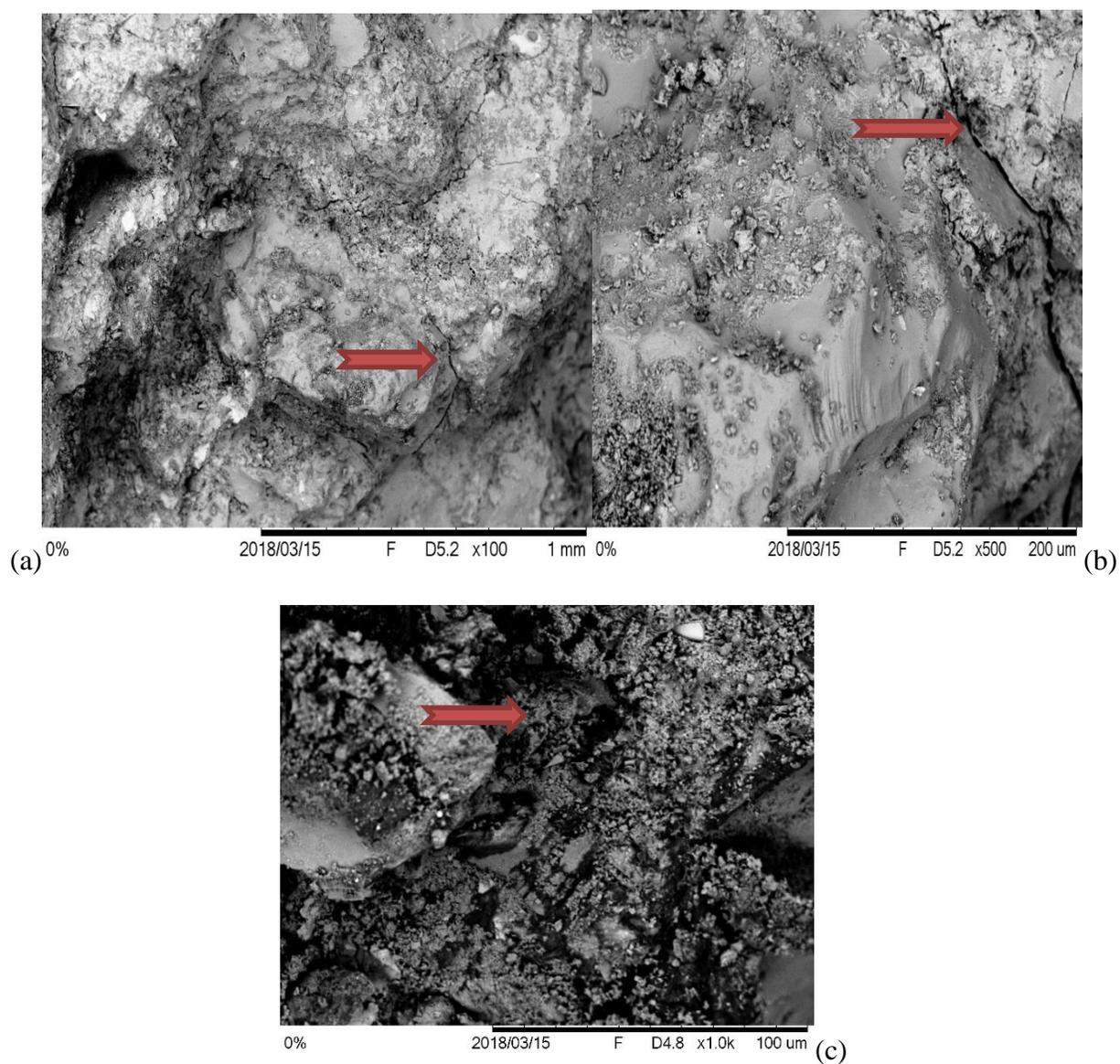
6.3 MEV

As figuras 19 a 21 mostram composição de concreto com tiras de embalagens cartonadas, com traços de 0%, 5% e 15%; e ilustram as imagens MEV (a) x100 (b) x 500 e (c) x1000 das superfícies de fratura dos concretos após 28 dias de cura. Em todas, pode-se visualizar uma microestrutura com presença de tiras de embalagens cartonadas entre as pastas e agregados, porosidade e a presença de algumas microtrincas, conforme indicado nas figuras 19 (a), (b) e (c). De acordo com Coutinho (2016) o compósito reciclado eleva a aderência existente entre o agregado e a pasta,

devido o efeito físico de preenchimento dos espaços vazios que torna a matriz mais densa.

Figura 19 - Micrografia obtida por MEV no concreto natural com ampliação em x 100 x 500 x 1000

(MEV 28 dias)

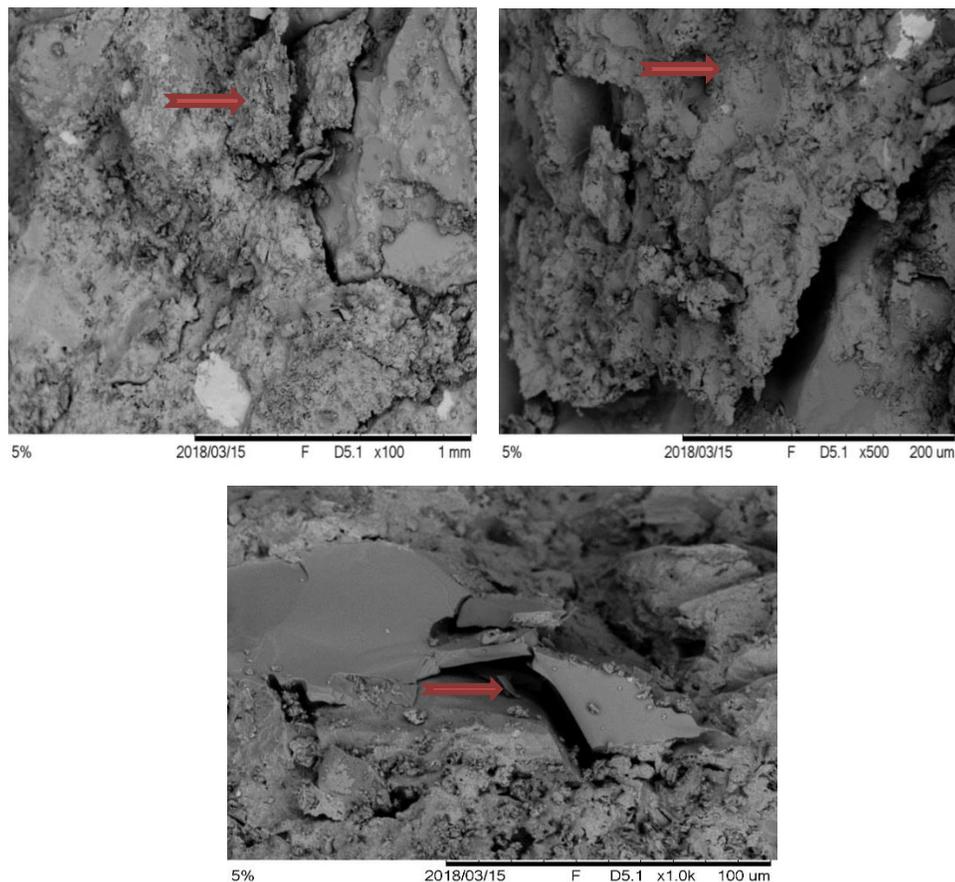


Fonte: (AUTOR, 2018)

A figura 20 apresenta uma vista das ampliações (a) x100 (b) x500 (c) x1000. Na micrografia 20 (a) e 20(b) constatou-se que as partículas mais finas sofreram a formação mineralógica clássica, microfraturas e a interface entre os grãos aglutinados pelo ligante. Na micrografia 20(c) observou-se a formação de cristais aderidos às interfaces dos contornos dos grãos, em face de possível concentração de energia em seu contorno.

Segundo Figueiredo 2016, observa-se na micrografia, o aspecto morfológico alterado da superfície da fratura ,devido a maior quantidade de partículas presentes no compósito.

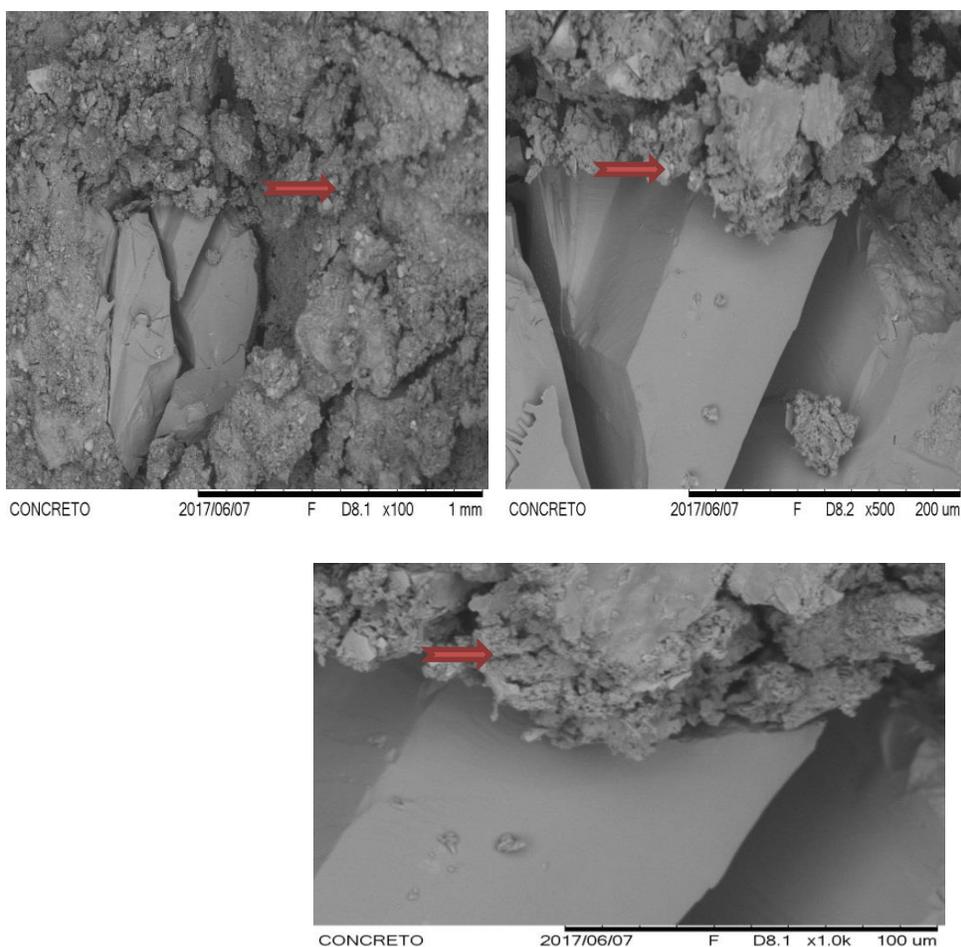
Figura 20 - Micrografia obtida por MEV com ação de 5% de tiras de *embalagem cartonada* no concreto com ampliação em x 100, x 500 x e 1000 (MEV 28 dias)



Fonte: (AUTOR, 2017)

A micrografia obtida no MEV ilustra a morfologia com 15% da tira da embalagem cartonada. Pode-se observar com detalhes a falta de coesão entre as tiras de embalagem cartonada à argamassa, favorecendo o surgimento de espaços vazios. As micrografias da figura 21, apresentam uma vista das ampliações 100X e 500X das figuras 21 (a) e (b) com presença do agregado de embalagens cartonadas e com trincas na interface do concreto, indicadas nas figuras, respectivamente. Na figura 21(c) foi possível identificar a existência do material reciclado expandido aderido à interface do concreto, em consequência da absorção de água, fato que contribui para a perda de resistência mecânica do concreto (Figueiredo, 2016).

Figura 21 - Micrografia obtida por MEV com ação de 15% da fibra de *embalagem cartonada* no concreto com ampliação em (a) x 100, (b) x 500 e (c) x 1000 (MEV 28 dias)



Fonte: (AUTOR, 2017)

6.4 Absorção de Água

Para respaldar a absorção de água por imersão, aplicou-se como referência a NBR 9778 – Determinação da absorção de água por Imersão. A Tabela 6 apresenta os resultados de absorção de água.

A média de absorção entre os corpos de prova com 0% de adição foi de 3,487% e o desvio padrão das amostras foram 0,090 %.

As amostras a 5% de adição de *embalagem cartonada* não apresentaram distinção considerável de absorção entre os corpos de prova de 3,481% e o desvio padrão de 0,127%.

As amostras a 10% de adição de tiras de embalagem cartonada não apresentaram distinção considerável de absorção entre os corpos de prova de 3,463% e o desvio padrão de 0,187%.

As amostras a 15% de adição de tiras de embalagens cartonadas não apresentaram diferença considerável de absorção entre os corpos de prova de 3,525% e o desvio padrão de 0,007%.

Diante dos resultados exibidos na tabela 5, é possível afirmar que os resultados da média da absorção de água foram semelhantes entre todas as composições. Possivelmente, este fato se deve a constituição das embalagens cartonadas assépticas, que tem uma característica impermeável, devido a presença de alumínio e polietileno na sua composição.

Tabela 5 - Resultado da análise de absorção de água

Corpo de Prova	CP1	CP2	Média	Desvio Padrão (I)
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

Fonte: (AUTOR, 2017)

6.5 Índices de vazios

Ao fazer uma análise comparativa entre os índices de vazios e as micrografias de MEV, as imagens estão condizentes aos valores da tabela 6. Uma vez que o índice vazio na superfície do material apresentou a média de 1,268% e desvio padrão de 0,028% para a composição sem adição.

Ao comparar o Cp com adição de 15% de material reciclável ao MEV, a representação das micrografias associada aos resultados numéricos, visualizou-se o índice de vazios na superfície do concreto, de média 1,834% e desvio padrão de 0,624%. Os resultados são semelhantes entre as composições, este fato se deve a pouca interação das fibras de embalagens cartonadas na interface com o concreto. (López, 2016)

Tabela 6- Resultado dos índices de vazios

Corpo de Prova	CP1	CP2	Média (%)	Desvio Padrão (%)
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

7 CONCLUSÕES

As tiras de *embalagem cartonada* 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.

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 MPa e desvio padrão 0,090 MPa. 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.

Os percentuais obtidos de absorção de água e índice de vazios foram determinantes para a conclusão da presente dissertação. Foram observados com os cálculos de índice vazios, que os concretos naturais, sem adição de material reciclado, apresentaram redução de espaços vazios em sua interface com resultados entre média de 1,268% e desvio padrão de 0,028.

Os Cps com 15% de adição de tiras de embalagens cartonadas exibiram o aumento de espaços vazios em sua superfície, fenômeno observado com clareza,

auxiliado pelo MEV. Os resultados foram de 1,834% para a média e de 0,624% para o desvio padrão.

7.SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTURO

Como uma única pesquisa é impossível vencer todos os estudos sobre o comportamento de um material, assim são feitas sugestões para trabalhos futuros.

- ✓ Impermeabilizar as tiras de embalagens cartonadas
- ✓ Micronizar o tamanho das fibras de embalagens cartonadas assépticas, que serão adicionadas ao concreto
- ✓ Confeccionar pisos de concreto com adição de embalagens cartonadas assépticas

9 REFERÊNCIAS

ABNT Associação Brasileira De Normas Técnicas NBR 5733:1991 Cimento Portland de alta resistência inicial – Especificação. Rio de Janeiro

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas (2006). *NBR. 5738- Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto*. Rio de Janeiro.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5.732- Cimento Portland comum-especificação. Rio de Janeiro,1991.5p.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5739.Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, 2007.

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. *NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto.* Rio de Janeiro (2014).

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7215. Determinação da resistência à compressão de cimento Portland. Rio de Janeiro (2008).

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. *NBR. 9778- Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por imersão – Índice de vazios e massa específica*. Rio de Janeiro (2005).

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NRB NM 67: Concreto: - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro:

AJAM, H. K. (2013). Utilization of sheredded tetra-pak in hot mix asphalt. *Al-Qadisiyah Journal for Engineering Sciences*, 6(3), 287-293.

ALVES L.F.S.J. Compósitos obtidos a partir da incorporação de resíduos de embalagens longa vida triturado, em telhas de concreto: Preparação e caracterização mecânica. ENEPEX- Dourados- MS /2013.

Amaral, P. T. D. (2017). *Análise dos efeitos de 2ª ordem em barras comprimidas de concreto armado* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

AMBROZEWICZ, Paulo Henrique Laporte. **Materiais de construção**. 2012.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7.214. Normal para ensaio de cimento. Rio de Janeiro,1982. 7p.

BAUER, L. A. **Materiais de construção**. 5ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011,471 p.

BENTUR, A.; MINDESS, S. Fibre Reinforced Cementations Composites. London and New York: Modern Concrete Technology Series, 601 p. 2 ed. 2007.

BETSUYAKU, Renato Yochio. **Construção de eco tijolos com adição de areia diatomácea**. 2015. Dissertação (mestrado Profissional em Materiais) – Centro Universitário de Volta Redonda.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010). Brasília: Diário Oficial da União, 2010. Disponível em . Acesso em 20.05.18.

CALLISTER jr; WILLIAN, D. **Ciências e Engenharia dos Materiais**. Uma introdução. 9ªEd.LTC- Livros Técnicos e científicos S.A: Rio de Janeiro, 2016.

CARASEK, H. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de matérias**. Ed. G.C. Isaias- São Paulo: IBRACON, 2007.

CASTANHEIRA, Bruno César Angelini. Estudo da qualidade de argamassas estabilizadas utilizadas em alvenaria estrutural. 2017.

CASTRO, A.L. Fibras e polipropileno e sua influência no comportamento de concretos expostos a altas temperaturas. Revista Cerâmica 57,2011 pag. 22-31.

CEMPRE, 2014. Política Nacional de Resíduos Sólidos - O impacto da nova lei contra o aquecimento global, Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE) e Centro de Tecnologia de Embalagem do Instituto de Tecnologia de Alimentos (CETEA/ITAL).

CONAMA. Conselho Nacional do Meio ambiente. **Resolução nº 258 de 26 de agosto de 1999**.Brasília 1999.

COUTINHO, Rogério de Oliveira. **Produção de paver a partir do compósito de concreto com reaproveitamento de resíduos sólidos gerados na construção civil**. Volta Redonda: UniFOA,2016.

CUNHA, C. Salles. **Traços de concreto sem função estrutural com adição de entulho**. 2015. Dissertação (mestrado Profissional em Materiais) – Centro Universitário de Volta Redonda

DIAS, R. Comparação da determinação da tenacidade do concreto reforçado com fibras de aço por meio do ensaio de abertura por encunhamento e da ASTM C1609. 2018.

FATHI, A., SALIH, M., SHAFIG, N., NURRUDIN, M.F., ELHEBER, A. and MEMON, F.A. (2014), "Comparison of the 150 Experimental investigation on self-compacting concrete reinforced with steel fibers effects of different fibers on the properties of self-compacting concrete", Res. J. Appl. Sci. Eng. Tech., 7(16), 3332-3341

FIGUEIREDO, L.R.F **Composito de polietileno de ultra alto-peso molecular (PEUAPM) e quasicristal (AlcuFe): Comportamento térmico e mecânico.** Universidade Federal da Paraíba - 2013

FIORELLI, J. Avaliação da eficiência térmica de telha reciclada à base de embalagens longa vida, 2008.

HWANG, J.-H.; LEE, D.H.; JU, H.; KIM, K.S.; KANG, T.H.-K.; PAN, Z.: Shear deformation of steel fiber-reinforced prestressed concrete beams. Int. J. Concr. Struct. Mater. 10(3), 53–63 (2016)

KHALOO, A., Molaei Raisi, E., Hosseini, P. and Tahsiri, H. (2014), "Mechanical performance of selfcompacting concrete reinforced with steel fibers", Constr. Build. Mater., 51, 179-186.

LACERDA, C. **Traços de argamassa utilizando escoria de aciaria elétrica.** 2015. Dissertação (mestrado Profissional em Materiais) – Centro Universitário de Volta Redonda.

LÓPEZ, M.M. **“Modificación fisicoquímica mediante radiación gamma de los materiales de reciclprovenientes de envases tetra pak y su reuso en concreto polimérico.** 2016 Programa de Posgrado en Ciencias Ambientales en la Facultad de Química de la Universidad Autónoma del Estado de México.

METHA, P. K. e MONTEIRO, P.J.M. Concreto: Estruturas, Propriedades e Materiais. Editora Pini, São Paulo, (2010).

MONTE, R. Caracterização e controle do comportamento mecânico do concreto reforçado com fibras para tubos. 2015. 158 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

MOREIRA, G.C. **Agregados alternativos na fratura em modo-misto de argamassas poliméricas**, 2017.

NAAMAN, A. E. Engineered Steel fibers with Optimal Properties for Reinforcement of Cement Composites. *Journal of Advanced Concrete Technology*. Japan Concrete Institute, v. 1, n. 9, p. 241-252, 2003.

NEVES, A. C. R. R.; CASTRO, L. O. A. **Separação de materiais recicláveis: panorama no Brasil e incentivos à prática**. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v.8, p.1734-1742, 2012.

NEVILLE, A. M. *Propriedades do Concreto*. 5.ed. Porto Alegre: BOOKMAN, 2016.

NOSHEEN, H. An Investigation on Shear Behavior of Prestressed Concrete Beams Cast by Fiber Reinforced Concrete. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 2018, 1-9.

PATIL, S.P.M.; PAWAR, M.M.: Prediction of shear strength of steel fiber reinforced concrete beams without web reinforcement. *Int. J. Eng. Res. Technol.* 4(04) (2015)

PEDROSO, M. C. **Sustentabilidade na cadeia reversa de suprimentos: um estudo de caso do Projeto Plasma**. *Revista de Administração*, v.42, p.414-430, 2007.

PEREIRA, R.D.A. Um estudo dos canais reversos em uma empresa de embalagens cartonadas/ Rio de Janeiro XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção 2008.

SALVADOR, R.P “Comparative evaluation of the mechanical behavior of synthetic and steel fiber-reinforced concrete *Revista Matéria*, v.18,n.2,pg.1273-1285,2013.

SCHETTINO,R.M. **Concreto com adição de tiras de politeraftalato de etileno**. 2015. Dissertação (mestrado Profissional em Materiais) – Centro Universitário de Volta Redonda.

SILVA,K.C.P **Reaproveitamento de resíduos de embalagens Tetra Pak em coberturas** .*Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.19, n.1, p.58–63, 2015.

TORRES, D.R.**Influência da variação da velocidade de rotação e do tipo de cimento nas propriedades de argamassas de revestimento nos estados frescos e endurecidos**. *Revista Cerâmica*, n.368 dez.2017.

UEMURA, M.R.B A Logística reversa de embalagens cartonadas e a redução de emissão de gases de efeito estufa: o caso tetra pak. SEMEAD, 2017 pg de 1-13.

WU, X., KANG, T. H. K., LIN, Y., & HWANG, H. J. (2018). Shear Strength of Reinforced Concrete Beams with Precast High-Performance Fiber-Reinforced Cementitious Composite Permanent Form. *Composite Structures*.