



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRO REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA  
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA



ESTUDO DA APLICAÇÃO DE FIBRAS NATURAIS DE JUTA EM PLACAS  
DE MATERIAL COMPÓSITO CIMENTÍCIO

Bolsista: Igor Roberto Cabral Oliveira, CNPq

MANAUS

2009



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRO REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA  
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA



RELATÓRIO FINAL  
PIB – E - 0040/2008  
ESTUDO DA APLICAÇÃO DE FIBRAS NATURAIS DE JUTA EM PLACAS  
DE MATERIAL COMPÓSITO CIMENTÍCIO

Bolsista: Igor Roberto Cabral Oliveira, CNPq  
Orientador: Prof. Dr. Raimundo Pereira de Vasconcelos

MANAUS

2009

Todos os direitos deste relatório são reservados à Universidade Federal do Amazonas, ao Núcleo de Estudo e Pesquisa em Ciência da Informação e aos seus autores. Parte deste relatório só poderá ser reproduzida para fins acadêmicos ou científicos.

Esta pesquisa, financiada pelo Conselho Nacional de Pesquisa – CNPq, através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da Universidade Federal do Amazonas, foi desenvolvida pelo Núcleo de Estudo e Pesquisa em Tecnologia da Construção Civil.

## RESUMO

# ESTUDO DA APLICAÇÃO DE FIBRAS NATURAIS DE JUTA EM PLACAS DE MATERIAL COMPÓSITO CIMENTÍCIO

A busca por materiais alternativos, como fibras vegetais tem surgido como opção econômica e ecologicamente adequada. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo a elaboração e estudo da caracterização física e mecânica do compósito laminado cimentício reforçado com fibras de Juta, distribuídas longitudinalmente. Foi acrescentado a matriz de argamassa fibras em frações volumétricas de 3%. O traço estabelecido no projeto foi de 1:3, sendo os laminados reforçados com uma camada de fibra de Juta, no sentido longitudinal. Foi também realizado a caracterização do agregado e do cimento Portland comum CPI-32. Após a mistura dos materiais o compósito foi colocado em moldes, formando placas. Em seguida, as placas foram ensaiadas pelo método da flexão para determinação da tensão última de resistência. Também foi realizado e analisado o ensaio de estanqueidade. Finalizando, verificou-se os resultados das placas, as quais tem a finalidade de vedação e complementação na aplicação em obras da construção civil.

**Palavras-chave:** Fibra, juta, argamassa, placas.

# **STUDY OF THE APPLICATION OF NATURAL JUTE FIBER IN PLATES OF COMPOSITE MATERIAL CIMENTÍCIO**

## **ABSTRACT**

The search for alternative materials, such as vegetable fibers has emerged as an option economically and ecologically appropriate. In this context, this study aimed at the development and study of physical and mechanical characterization of composite laminated fiber reinforced cementitious Jute, distributed along. Was added to the mortar matrix fiber volume fraction of 3%. The line was established in the design of 1:3, and laminates reinforced with a layer of jute fiber in the longitudinal direction. Was also performed to characterize the aggregate and ordinary Portland cement CPI-32. After mixing the composite material was placed in a mold, forming plaques. Then the plates were assayed by determining the bending resistance of the ultimate stress. Was also conducted and analyzed the leakage test. Finally, it was found the results of the plates, which has the purpose of sealing and supplementation during the application in construction works.

**Keywords:** fiber, jute, cement, plates.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01</b> – Classificação das fibras .....	20
<b>Figura 02</b> – Distribuição das fibras em laminados .....	26
<b>Figura 03</b> – Beneficiamento da fibra .....	29
<b>Figura 04</b> – Perspectiva da placa .....	45
<b>Figura 05</b> – Ensaio de flexão na placa .....	47

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01</b> – Composição Química da Juta .....	24
<b>Tabela 02</b> - Composição Granulométrica do Agregado Miúdo.....	49
<b>Tabela 03</b> – Determinação do peso específico .....	50
<b>Tabela 04</b> – Determinação da massa unitária em estado solto.....	51
<b>Tabela 05</b> – Determinação do teor de torrões de argila .....	52
<b>Tabela 06</b> – Determinação do teor de material pulverulento.....	52
<b>Tabela 07</b> – Determinação do pega da pasta .....	53
<b>Tabela 08</b> – Determinação da resistência a compressão.....	54
<b>Tabela 09</b> – Resistência média dos corpos de prova .....	55
<b>Tabela 10</b> – Resistência das placas.....	57
<b>Tabela 11</b> – Resultados do ensaio de estanqueidade.....	58

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 01</b> - Curva Granulométrica .....	50
<b>Gráfico 02</b> – Comparação das tensões .....	55
<b>Gráfico 03</b> – Curva da tensão média .....	56

## LISTA DE EQUAÇÕES

<b>Equação 01</b> – Peso específico absoluto do agregado miúdo .....	32
<b>Equação 02</b> – Peso específico aparente da areia .....	33
<b>Equação 03</b> – Tensão máxima na placa .....	48

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 01</b> – Propriedades de algumas fibras.....	21
<b>Quadro 02</b> – Produção de Juta na Região Norte .....	24
<b>Quadro 03</b> – Exigências físico e mecânica .....	27
<b>Quadro 04</b> – Exigências químicas .....	27

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	11
1.1 Considerações iniciais .....	11
1.2 Objetivos .....	12
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	13
2.1. Compósito .....	13
2.2. Cimento Portland .....	14
2.2.1 Considerações Gerais.....	14
2.2.2 Pega e Endurecimento .....	14
2.3 Agregado .....	15
2.3.1 Informações Gerais .....	15
2.3.2 Agregados miúdos – caracterização .....	15
2.4 Aditivos .....	17
2.4.1 Classificação Geral .....	17
2.5 Fibras .....	18
2.4.1 Fibras metálicas .....	18
2.5.2 Fibras minerais .....	20
2.5.3 Fibras orgânicas .....	20
2.5.3.1 Fibras orgânicas sintéticas .....	21
2.5.3.2 Fibras orgânicas naturais .....	23
2.5.3.2.1 Juta .....	23
2.6 Fatores que influenciam nas propriedades mecânicas da matriz com a fibra .....	24
2.6.1 Interação fibra-matriz .....	25
2.7 Laminados cimentícios .....	25
<b>3. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS</b> .....	27
3.1 Materiais utilizados .....	27
3.1.1 Cimento .....	27
3.1.2 Agregado .....	27
3.1.3 Aditivos .....	28
3.1.4 Água .....	28
3.1.5 Fibra de Juta.....	28
3.2 Caracterização dos materiais .....	30



3.2.1 Agregado Miúdo .....	30
3.2.1.1 Determinação da Composição Granulométrica do Agregado Miúdo (NBR 7217,1982).....	30
3.2.1.2 Determinação do peso específico absoluto do agregado Miúdo (NBR 9776, 1987)..	31
3.2.1.3 Determinação da massa unitária do agregado miúdo unido em estado solto (NBR 7251,1982) .....	33
3.2.1.4 Determinação do Teor de Argila em torrões no Agregado Miúdo (NBR 7218,1982) .....	34
3.2.1.5 Determinação do Teor de Material Pulverulento (NBR 7219,1982) .....	35
3.2.1.5 Avaliação das Impurezas Orgânicas das areias (NBR 7220,1982) .....	36
3.2.2 Cimento .....	38
3.2.2.1 Determinação de finura (NBR 11579, 1991) .....	38
3.2.2.2 Determinação de pega (NBR 11581, 1991) .....	40
3.2.2.3 Determinação da resistência à compressão (NBR 7215. 1991) .....	42
3.2.3 Obtenção e beneficiamento da fibra de Juta .....	42
3.2.4 Confecção da forma da matriz .....	45
3.2.5 Dosagem .....	45
3.2.6 Elaboração da produção dos laminados .....	45
3.2.7 Caracterização mecânica do compósito .....	47
3.2.7.1 Ensaio de Flexão .....	48
3.2.8 Caracterização física do compósito.....	48
3.2.8.1 Ensaio de Estanqueidade .....	48
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>49</b>
4.1 Agregado Miúdo .....	49
4.1.1 Determinação da Composição Granulométrica do Agregado Miúdo (NBR 7217,1982) .....	49
4.1.2 Determinação do peso específico absoluto do agregado Miúdo .....	50

4.1.3 Determinação da massa unitária do agregado miúdo unido em estado solto (NBR 7251,1982).....	51
4.1.4 Determinação do Teor de Argila em torrões no Agregado Miúdo (NBR 7218,1982)..	52
4.1.5 Determinação do Teor de Material Pulverulento (NBR 7219,1982) .....	52
4.1.6 Avaliação das Impurezas Orgânicas das areias (NBR 7220,1982) .....	52
4.2 Cimento .....	53
4.2.1 Determinação de finura (NBR 11579, 1991) .....	53
4.2.2 Determinação de pega (NBR 11581, 1991) .....	53
4.2.3 Determinação da resistência à compressão (NBR 7215. 1991) .....	55
4.3 Caracterização mecânica .....	57
4.3.1 Ensaio de flexão .....	57
4.4 Caracterização física .....	58
4.4.1 Ensaio de estanqueidade .....	58
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	<b>59</b>
<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>60</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 Considerações iniciais**

Uma grande variedade de fibras tem sido utilizada como reforço de matrizes à base de cimento devido à sua variedade, abundância, características mecânicas, baixo custo e menor consumo de energia para sua produção.

Atualmente a preocupação com o meio ambiente e com o desenvolvimento auto-sustentável vem sendo buscado entre meios científicos e com isso muitos estudos já foram realizados com diversas fibras naturais tais como sisal, coco, onde algumas propriedades destes tipos de materiais apresentaram bons resultados quando incorporados a matriz cimentícia, tornando-se uma boa alternativa como elemento de reforço. Por isso já estão sendo utilizados na aplicação em obras hidráulicas, pavimentos viários rígidos, túneis ferroviários e rodoviários, pisos industriais e em estruturas submetidas a esforços dinâmicos, uma vez que o material pode conduzir a estruturas mais duráveis e também visando principalmente o mercado de construção civil que vem crescendo grandemente no Brasil.

Por outro lado, algumas fibras naturais da região amazônica ainda não foram estudadas de modo a aproveitar todo o seu potencial para reforço de concreto e de argamassa.

Sendo assim, foram verificadas algumas propriedades físico mecânicas tanto dos compósitos cimentícios reforçados com fibra de Juta como compósitos sem reforço fibroso.

## 1.2 Objetivos

Geral:

Analisar determinadas características físico mecânicas de placas de argamassa reforçada com fibras de Juta (*Corchorus capsularis*), aplicadas como elemento de vedação em edificações.

Específicos:

- ✓ Caracterizar os componentes que constituem a argamassa;
- ✓ Verificar as características físicas com relação a estanqueidade dos compósitos produzidos;
- ✓ Verificar as características mecânicas com relação ao ensaio de flexão de três pontos dos compósitos produzidos;
- ✓ Analisar os resultados dos ensaios realizados com placas com reforço de Juta com os das placas convencionais.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2. 1. Compósito**

Segundo Silva (2003), os materiais compósitos podem surgir de combinações entre metais, material cimentício, cerâmicas, polímeros e outros. Dependendo das combinações, das condições de processamento e da incompatibilidade podem ser criados vários tipos de compósitos. Para utilização estrutural, geralmente usa-se fibras: metálicas, sintéticas e naturais, pois uma das características do uso é o reforço que estas promovem no material compósito. As fibras podem ser contínuas ou descontínuas, alinhadas ou com distribuição aleatória, podendo ser obtidas em uma variedade de formas, como mantas e estruturas têxteis de diferentes arquiteturas.

Segundo Gay (1991), o compósito é definido como sendo um material formado por dois ou mais materiais com características e aspectos diferentes, no entanto quando analisados macroscopicamente o mesmo é homogêneo, podendo possuir fibras longas ou curtas.

Os materiais que podem compor um material compósito podem ser classificados em dois tipos: matriz e reforço.

A matriz é o que confere estrutura ao material compósito, preenchendo os espaços vazios que ficam entre os materiais reforços e mantendo-os em suas posições relativas.

Segundo Aziz (1981), as matrizes cimentíceas mais utilizadas na produção de compósitos são formadas por cimento Portland, agregados e água. Uma grande vantagem da matriz cimentícea é o fato de ser um material de construção simples e barato que pode ser produzido com uso de equipamentos simples e pode ser moldado adquirindo qualquer forma, sendo um material de boas propriedades de resistência e vida útil

O material de reforços é o que realça as propriedades mecânicas, eletromagnéticas ou químicas do material compósito como um todo.

## **2.2 Cimento Portland**

### **2.2.1 Considerações Gerais**

Segundo Neville (2007) o cimento Portland é um material em forma de pó, constituído de silicatos e aluminatos de cálcio. Estes materiais ao serem misturados com água hidratam-se, endurecendo a massa e tendo por consequência uma elevada resistência mecânica.

Este cimento resulta da moagem do clínquer, obtido através de uma mistura de calcário e argila, convenientemente dosada e homogeneizada, aquecida até a fusão incipiente (30% de fase líquida), de tal forma que toda a cal se combine com os materiais argilosos, não resultando cal livre em quantidade prejudicial.

Após esta queima, adiciona-se sulfato de cálcio (gesso), cujo teor de sulfato não deve ultrapassar a 3%, a fim de regularizar o tempo de início das reações químicas do cimento. Como matéria prima para a fabricação deste composto tem-se, então, o calcário, argila e o gesso.

### **2.2.2 Pega e Endurecimento**

O período desde a adição da água até o início das reações com os compostos é chamado de início de pega, caracterizado pelo aumento da viscosidade e temperatura. Quando a pasta deixa de ser deformável tem-se o fim de pega. A massa continua a aumentar a coesão tendo-se então o endurecimento.

Quanto mais fino o grão do cimento mais rápido é o início de pega e mais demorado o seu fim;

O aumento da temperatura acelera as reações; baixas temperaturas retardam as mesmas, sendo que em temperaturas abaixo de 0 °C as paralisam;

Pega rápida menos de 30 min. - semi-rápida 30 -60 min - normal + 60 min.

Defini-se como pega rápida, quando o fim da pega acontece em menos de 30 min, enquanto a semi-rápida, o tempo fica entre 30 a 60 minutos, enquanto a normal fica acima de 60 minutos.

## **2.3 Agregado**

### **2.3.1 Informações Gerais**

Segundo Petrucci (1978), define-se agregado como o material granular, sem forma e volume definidos, geralmente inerte de dimensões e propriedades adequadas para a engenharia.

Pela importância, é fundamental o conhecimento das propriedades dos agregados, pois influenciam diretamente no comportamento da matriz. Como o projeto visa a produção de placa de argamassa com juta, logo será utilizado como agregado a areia na matriz cimentícia.

### **2.3.2 Agregados miúdos - caracterização**

Massa específica real: é a massa da unidade de volume excluindo-se os vazios entre grãos e os permeáveis, ou seja, a massa de unidade de volume dos grãos do agregado. Sua determinação é feita através do picnômetro ou do frasco de Chapman, preferencialmente.

Segundo Petrucci (1978), a massa específica real do agregado miúdo gira em torno de 2,65Kg/dm<sup>3</sup>.

Massa específica aparente: é o peso da unidade de volume, incluindo-se os vazios contidos nos grãos. É determinada preenchendo-se um recipiente de dimensões bem conhecidas com agregado deixando-o cair de uma altura de 10 a 12cm. É também chamada de unitária, sendo útil para a conversão das argamassas a concretos, em reação de peso para o volume. A areia, no estado solto, apresenta o peso unitário em forma de 1,50kg/dm<sup>3</sup>.

Teor de unidade: é a relação da massa de água absorvida pelo agregado que preenche total ou parcialmente as vazias, e a massa desse agregado quando seco. Sua determinação é feita, principalmente por meio da secagem em estufa; método do fogareiro; método do speedy; frasco de Chapman; outros.

Granulometria: é a proporção relativa, em porcentagem, dos diferentes tamanhos dos grãos que constituem o agregado. A composição granulométrica tem grande influência nas propriedades futuras das argamassas e concretos. É determinada através de peneiramento, através de peneiras com determinada abertura constituindo uma série padrão. A granulometria determina, também, o diâmetro máximo do agregado, que é a abertura da peneira em que fica retida acumulado uma porcentagem igual ou imediatamente inferior a 5%. Outro índice importante determinado pela granulometria é o módulo de finura, que é a soma das porcentagens retidas acumuladas divididas por 100.

Impurezas orgânicas: são materiais indesejáveis que estão presentes nas areias e que devida sua origem orgânica exercem ação prejudicial sobre a pega e o endurecimento das argamassas e concretos. A verificação das impurezas orgânicas da areia é feita através de comparação da amostra de agregado miúdo, misturado com uma solução de hidróxido de sódio, e de uma solução padrão de ácido tânico. a intensidade da cor da solução que continha



a areia em relação à solução de ácido tânico, informa se esta areia tem quantidade inferior ou superior a 300ppm.

Teor de material pulverulento: são partículas de argila que podem influenciar decisivamente no comportamento do concreto. A sua determinação é feita através da lavagem da areia, pois a água elimina essas partículas. A argila quando em pó fino contribuem no preenchimento dos vazios da areia, fazendo com que o cimento envolva melhor os grãos da areia. Entretanto, quando a argila envolve os grãos de areia e não se separa na mistura, afeta diretamente o desempenho da matriz.

## **2.4 Aditivos**

A ABNT, define aditivos como produtos que adicionados em pequena quantidade da mistura cimentícia modificam algumas de suas propriedades, no sentido de melhor adequá-las a determinadas finalidades ou condições.

### **2.4.1 Classificação Geral**

De modo geral os aditivos podem ser classificados como:

- Modificadores de pega - Retardador e Acelerador. Os aditivos retardadores de pega atrasam a pega inicial e o endurecimento do concreto, com uma pequena redução na quantidade de água. Eles são usados de preferência para evitar o perigoso efeito de acelerar a pega devido a altas temperaturas ou demora no lançamento e para manter o concreto trabalhável durante o período de lançamento.

- Redutores - Redutor de água, redutor de água e acelerador, redutor de água e retardador, redutor de água de alta eficiência, redutor de água de alta eficiência e retardador.

São normalmente materiais orgânicos usados para melhorar a qualidade do concreto, obtendo-se a resistência requerida com uma menor quantidade de cimento, ou aumentam a trabalhabilidade sem aumentar o conteúdo de água. Esses aditivos são apropriados para uso em concretos bombeados ou lançados em condições adversas;

- Incorporadores de ar - têm por principal finalidade aumentar a durabilidade das argamassas e concretos; melhoram também a plasticidade, facilitando a utilização.

## **2.5 Fibras**

Existe uma grande variedade de fibras para utilização em matrizes de cimento, tais como: fibras de amianto, fibras de vidro, fibras de metal como o aço-carbono e aço inox, fibras de carbono, fibras naturais como as de sisal, cânhamo, juta, coco, fibras de polipropileno e outras.

Além das propriedades mecânicas, as fibras podem diferir bastante umas das outras pelas suas características geométricas e pelos materiais usados na sua fabricação, podendo ser classificadas em três tipos básicos: as fibras metálicas, as minerais e as orgânicas (FILHO, 2005).

### **2.5.1 Fibras Metálicas**

As fibras metálicas, principalmente as de aço, são usadas em matrizes de concreto com o objetivo de melhorar características como: tenacidade, controle de fissuras, resistência à flexão, resistência ao impacto e à fadiga.

As fibras de aço são elementos descontínuos produzidos com uma variada gama de formatos, dimensões e mesmo de tipos de aço. Há três tipos mais comuns de fibras de aço disponíveis no mercado brasileiro (FIGUEIREDO, 2000).

O primeiro tipo a ser produzido foi a fibra de aço corrugada. Ela é produzida a partir do fio chato que sobra da produção da la de aço, tratando-se portanto de uma sobra industrial. Este fio é cortado, no comprimento desejado, o qual varia de 25mm, a 50mm, e conformado longitudinalmente para se obter o formato corrugado. Isto tem por objetivo melhorar a aderência da fibra com a matriz. Tem como vantagens principais o baixo custo e a pouca ou nenhuma interferência na consistência do concreto

O segundo tipo de fibras de aço foi desenvolvido e posteriormente produzido com o objetivo específico de atuar como reforço do concreto. Trata-se de uma fibra com ancoragem em gancho e seção retangular produzida a partir de chapas de aço que são cortadas na largura da fibra e, concomitantemente, conformadas de modo, a se obter o formato desejado da ancoragem em gancho (FIGUEIREDO, 2000).

O terceiro tipo de fibras de aço possui um formato similar ao do segundo com a diferença básica na forma circular característica da seção transversal. Estas fibras são produzidas a partir de fios trefilados progressivamente, até se chegar ao diâmetro desejado. Com isto, acabam por apresentar uma maior resistência mecânica (dado o seu encruamento), a qual pode ser ainda maior quando da utilização de aços com maior teor de carbono. Apresentam comprimentos variando de 25mm a 0mm e diâmetros de 0,5mm a 1,0mm (FIGUEIREDO, 2000).

### 2.5.2 Fibras Minerais

Incluem-se neste grupo as fibras de amianto ou asbesto e as fibras de vidro, entre outras. As primeiras, empregadas na produção de peças de cimento amianto, apresentam o inconveniente de absorverem grandes quantidades de água, ocasionando o aumento da relação água-cimento, sendo necessárias grandes quantidades de fibras e de cimento para se obter boas resistências. Além disso, são de difícil dispersão na matriz, dificultando uma distribuição uniforme, e também são nocivas à saúde humana.

Segundo Peruzzi (2002), apesar das fibras de vidro serem confeccionadas com um material frágil, o vidro, elas possuem propriedades satisfatórias para o emprego na construção civil, tais como: baixo coeficiente de dilatação térmica, boa resistência à tração e à vibração, retenção das propriedades mecânicas a altas temperaturas, grande alongamento na ruptura, facilidade de processamento, baixo custo se comparadas a outras fibras dúcteis, além de não serem nocivas à saúde, o que representa uma grande vantagem se comparadas às de amianto.

### 2.5.3 Fibras Orgânicas

As fibras orgânicas podem ser subdivididas em fibras naturais (celulósicas) e sintéticas (plásticas), conforme a figura 1.

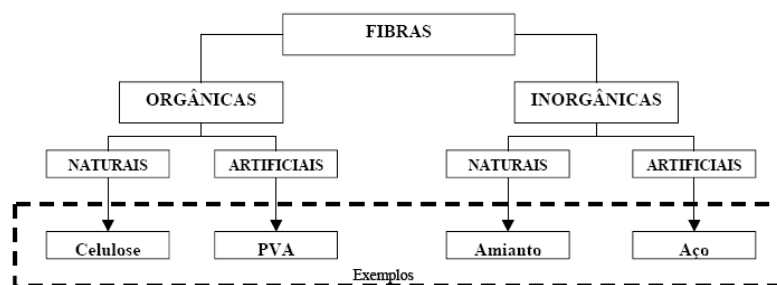


Figura 1 – Classificação das fibras

FONTE: Aziz, 1993

No quadro 1 são apresentadas algumas propriedades referente a fibras.

Tipo de fibra	Diâmetro (µm)	Massa Específica (kg/m <sup>3</sup> )	Coefficiente de Poisson	Resistência à tração (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)	Alongamento na ruptura (%)	Teores típicos volume (%)	Resistência aos álcalis
Amianto (crisotila)	0,02 a 20	2550	0,3	3500	168	2 a 3	10	Boa
Aço	5 a 500	7840	0,28 a 0,33	1000 a 3000	196 a 210	3 a 4	0,5 a 2	Boa
Vidro E	9 a 15	2550	0,22 a 0,25	2100 a 3500	77	2 a 3,5	1 a 8	Pobre
Vidro CEM-FIL	10 a 20	2700	0,22	2000 a 2800	70 a 84	2 a 3	1 a 8	Razoável
Carbono	8	1900	0,2 a 0,4	2450 a 3150	230 a 315	1	2 a 12	Boa
KEVLAR PRD 49 <sup>(*)</sup>	10	1450	0,32	2900	130 a 140	2	< 2	Boa
Polipropileno Fibrilado	4 a 30	910	0,29 a 0,46	300 a 400	6 a 8	8	0,2 a 2	Boa
Coco	100 a 400	-	-	120 a 200	19 a 26	10 a 25	1 a 5	Pobre
Sisal	7 a 47	-	-	280 a 568	13 a 26	3 a 5	1 a 5	Pobre
Juta	20 a 100	-	-	250 a 350	26 a 32	1,5 a 2	1 a 5	Pobre

Quadro 1 – Propriedades de algumas fibras

FONTE: Tezuka, 1999

### 2.5.3.1 Fibras Orgânicas Sintéticas

As fibras orgânicas mais utilizadas são as sintéticas, e, destas, em especial as de polipropileno fibrilado. Entretanto, cabe salientar que não só as fibras de polipropileno têm sido empregadas em matrizes cimentícias; outras fibras poliméricas, tais como fibras de náilon, polietileno, poliamida e poliéster são também bastante indicadas para este fim. Todas essas fibras possuem alta resistência à tração e um módulo de elasticidade baixo.

As fibras de polipropileno podem ser produzidas em uma grande variedade de formas, como monofilamentos, fitas e filmes, com seus comprimentos variando entre 6 mm e 50 mm (BALAGURU e SHAH, 1992).

As fibras de polipropileno possuem baixo módulo de elasticidade, grande capacidade de deformação, resistência aos álcalis e baixo custo. Suas desvantagens são baixa resistência

ao fogo, sensibilidade à luz solar e limitada aderência à matriz (BENTUR e MINDESS, 1990).

Entretanto, estas desvantagens podem ser contornadas, pois como trabalham embebidas na matriz de cimento, são minimizados os efeitos de sensibilidade à luz solar e resistência ao fogo, e com um tratamento superficial com adições minerais se contornam o problema de aderência fibra-matriz (RESENDE, 2003).

Consideráveis melhoras podem ser obtidas com o uso das fibras de polipropileno no concreto, com relação à capacidade de deformação, tenacidade, resistência ao impacto e controle da fissuração do compósito (BENTUR e MINDESS, 1990, ACI 544.1R-96, 2004).

A escolha de um determinado tipo de fibra a ser usada depende das características que se deseja do compósito obtido. As fibras com módulo de elasticidade menor e alongamento maior do que as matrizes de cimento, como, por exemplo, as fibras de polipropileno e polietileno, são capazes de absorver grandes energias, tendo grande resistência ao impacto e elevada tenacidade. Entretanto, não contribuem muito para o aumento de resistência do compósito.

Já as fibras com elevado módulo de elasticidade e resistência, como as de aço, vidro e carbono, produzem compósitos com elevada resistência à tração, rigidez e capacidade de resistir a cargas dinâmicas.

Em relação à composição, as fibras podem ser orgânicas ou inorgânicas. As fibras orgânicas se dividem, ainda, em naturais ou artificiais. Porém, para sua aplicação em compósitos cimentícios é necessário que elas passem por um tratamento e com isso gera controvérsias relacionadas a alguns tipos de fibras e sua classificação. Apesar de provenientes da natureza (plantas fibrosas ou madeiras), denominamos por fibra orgânica natural aqueles vegetais que não passaram por nenhum processo industrial antes de seu emprego como reforço.

### **2.5.3.2 Fibras Orgânicas Naturais**

As fibras orgânicas naturais possuem baixo custo de produção, devido à baixa quantidade de energia requerida no processo de extração das fibras, e por isso, têm mostrado ser uma excelente alternativa para o uso como elemento de reforço de matrizes frágeis, como, por exemplo, matrizes de cimento portland. As principais fibras orgânicas naturais utilizadas para este fim são: as fibras de coco, sisal, juta, bambu e piaçava.

Porém, um dos maiores problemas a ser enfrentado quando se deseja utilizar estes tipos de fibras em matrizes cimentícias parece ser a durabilidade dos compósitos. Quando estas fibras são inseridas na matriz cimentícia podem apresentar problemas de durabilidade, devido à sua limitada resistência à ação de ácidos e álcalis. A alcalinidade do meio pode levar, por exemplo, à mineralização das fibras e a uma conseqüente redução na tenacidade dos compósitos (BALAGURU e SHAH, 1992).

#### **2.5.3.2.1 Juta**

Segundo Santos (2004), a juta é uma fibra vegetal tradicionalmente usada para fazer cordas e sacos. Esta fibra é obtida da haste da planta (*Corchorus capsularis*) da família das Tiláceas, tendo seu comprimento variando acima de 1m. Sendo plantas anuais, herbáceas, cultivadas em larga escala na Índia e em Bangladesh (antigo Paquistão Oriental).

Essas plantas exigem um solo fértil e bem drenado, assim como um clima quente e úmido. Excessos de chuvas após a semeadura e uma estação muito seca são desastrosas ao seu crescimento (SANTOS,2004).

A história do cultivo de juta na Amazônia começa em 1930, com a chegada de uma Missão Japonesa, chefiada por Tsukasa Oyetsuka (SANTOS,2004).

Seguem abaixo na tabela 1 e no quadro 2 a composição química e produção da Juta na região Norte.

Elementos	%
Substâncias Incrustantes	24,06
Celulose	64,10
Cinza	0,70
Água	9,72
Gorduras Cerosas	0,36

Tabela 1 – Composição Química da Juta

FONTE: Companhias Têxteis de Castanhal, 2004

Produção	Juta t
1999	1.419 t
2000	1.369 t

Quadro 2 – Produção de Juta na Região Norte

FONTE: Santos, 2004

## 2.6 Fatores que influenciam nas propriedades mecânicas da matriz com a fibra

Segundo Oliveira (2000), as propriedades da matriz cimentícia com fibras dependem de inúmeros fatores, dos quais podem ser citados os seguintes:

- Resistência mecânica do material empregado na fabricação da fibra;
- Características geométricas da fibra;
- Relação  $l/d$  (comprimento/diâmetro ou diâmetro equivalente para seções não circulares), chamada de fator de forma da fibra;
- Teor de fibras adicionadas ao concreto;
- Orientação e distribuição das fibras dentro do concreto;



- Tensão de aderência entre as fibras e a matriz;
- Dimensão máxima do agregado utilizado para confecção da matriz;
- Relação entre o comprimento da fibra e a dimensão máxima do agregado.

### **2.6.1 Interação Fibra-Matriz**

Normalmente, no concreto existem inúmeras microfissuras e quando ele é submetido a esforços de tração ou flexão, as tensões se concentram rapidamente nas extremidades dessas fissuras, ocorrendo uma rápida propagação e aumento da abertura das mesmas, resultando numa ruptura frágil do material.

As fibras, ao interceptarem as fissuras, atuam como uma ponte de transferência de tensões. Na matriz fissurada, parte das tensões é transferida para as fibras ao longo de sua superfície, onde são desenvolvidas tensões de aderência. Conseqüentemente, para que ocorra a abertura das fissuras é necessária mais energia, e à medida que maior tensão é transferida através das fibras, mais microfissuras se formam na peça, tendo-se o que é chamado de estado de múltiplas fissuras (BALAGURU e SHAH, 1992).

A ruptura do material ocorre por alongamento elástico ou plástico das fibras, por degradação da matriz de concreto na zona de transição fibra-matriz, por deslizamento da fibra ou por sua ruptura.

### **2.7 Laminados Cimentícios**

Segundo LIMA (2004), verificou que com um laminado cimentício utilizando fibras vegetais, com baixo módulo de elasticidade e baixa aderência fibra-matriz, é possível atingir resultados maiores na tração e na flexão do que os resultados oferecidos na matriz simples.

Segundo Jones (1975) classifica os materiais compósitos em três classes, quais sejam: compósitos com fibras, que consiste em fibras dispersas ou alinhadas dentro de uma matriz; compósitos laminados, que são constituídos de camadas de diferentes materiais e compósitos particulados (ou em partículas) que são partículas de um determinado material inserido dentro de uma matriz.

Os compósitos mais produzidos consistem em fibras curtas dispersas no interior da matriz, a contribuição das fibras para as propriedades mecânicas do compósito são inferiores ao que ocorre quando são utilizadas fibras longas orientadas paralelas ao carregamento, conforme figura 2 que mostra diferentes distribuições de fibras em laminados.

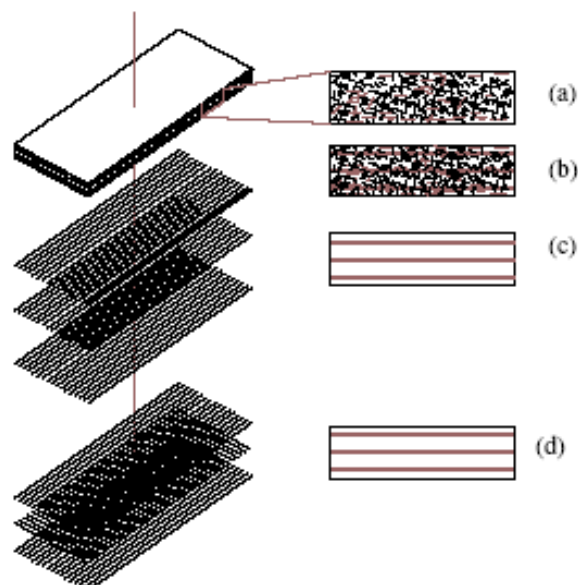


Figura 2 – Distribuição de fibras em laminados: (a) dispersas aleatoriamente; (b) hibridização com fibras curtas de longas; (c) fibras alinhadas em uma única direção e (d) fibras longas distribuídas em camadas perpendiculares.

FONTE: Filho, 2005

### 3. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

#### 3.1. Materiais utilizados

##### 3.1.1 Cimento

Neste trabalho foi utilizado o cimento Portland CPI-32, Figura 4, (NBR 11578, 1991), sendo um tipo de cimento portland muito adequado para o uso em construções de concreto de forma geral, cujas propriedades químicas, físicas e mecânicas são apresentadas no quadro 3 e 4.

Tipo de Cimento Portland	Classe	Finura		Tempos de pega		Resistência à compressão						
		Resíduo na Peneira 75mm (%)	Área Específica (m <sup>2</sup> /Kg)	Início (h)	Fim (h)	A frio (mm)	A quente (mm)	1 dia (Mpa)	3 dias (MPa)	7 dias (MPa)	28 dias (MPa)	91 dias (MPa)
	25	12	= 240	1	10	5	5	-	8	15	25	-
CPI	32		=260						10	20	32	
CPI-S	40	10	=280						15	25	40	

Quadro 3 – Exigências físico e mecânica

FONTE: Neville, 1997

Tipo de Cimento Portland	Resíduo Insolúvel (%)	Perda ao Fogo (%)	MgO (%)	SO <sub>3</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	S (%)
CPI	1,00	2,00	6,50	4,00	1,00	-
CPI-S	5,00	4,50			3,00	

Quadro 4 – Exigências químicas

FONTE: Neville, 1997

##### 3.1.2 Agregado

Foi utilizada nos experimentos uma areia quartzosa de oriunda dos rios da região com massa específica de 2,63 g/cm<sup>3</sup>.

### **3.1.3 Aditivos**

Adotou o superplastificante FOSROC REAX CONPLAST SP 430. Seguindo o mesmo procedimento Filho (2005), mas adotando no trabalho um plastificante comercialmente mais utilizado nas construções civis.

### **3.1.4 Água**

A água utilizada em toda a fase experimental foi proveniente da rede de abastecimento da cidade de Manaus, atendendo as características de ser potável.

### **3.1.5 Fibra de Juta**

As fibras de Juta utilizadas no projeto são oriundas do Município de Manacapuru-AM e foram fornecidas pela Empresa Industrial de Juta S.A - Jutal.

Segundo Filho (2005), as fibras devem antes de serem misturadas à matriz, as mesmas passarem por dois processos de beneficiamento. Primeiramente, ser submetidas a uma lavagem em água quente durante 15 minutos, para retirada de graxas e restos de resinas naturais que ficaram aderidas à superfície das fibras. Sendo necessário mais de 2 lavagens caso permaneça as impurezas, para assim atingir o total de limpeza das mesmas. Em seguida, as fibras são deixadas ao ar livre durante 24 horas para a secagem superficial. Então passam pelo segundo processo, onde são desembaraçadas, para separá-las em filamentos individuais e tomarem um aspecto alisado.

Porém, se as fibras depois do primeiro processo ainda estiverem com impurezas deve-se lavar a mão sem exercer muita força sobre elas, somente para retirar mais as impurezas, antes de passar para o segundo processo.

Na figura 3, pode-se observar a seqüência do processo de desembaraçamento, onde em (a), é mostrado as fibras após o processo de lavagem e secagem, em (b), é mostrado o instrumento utilizado para o processo de desembaraçamento das fibras e em (c), as fibras após o processo de t

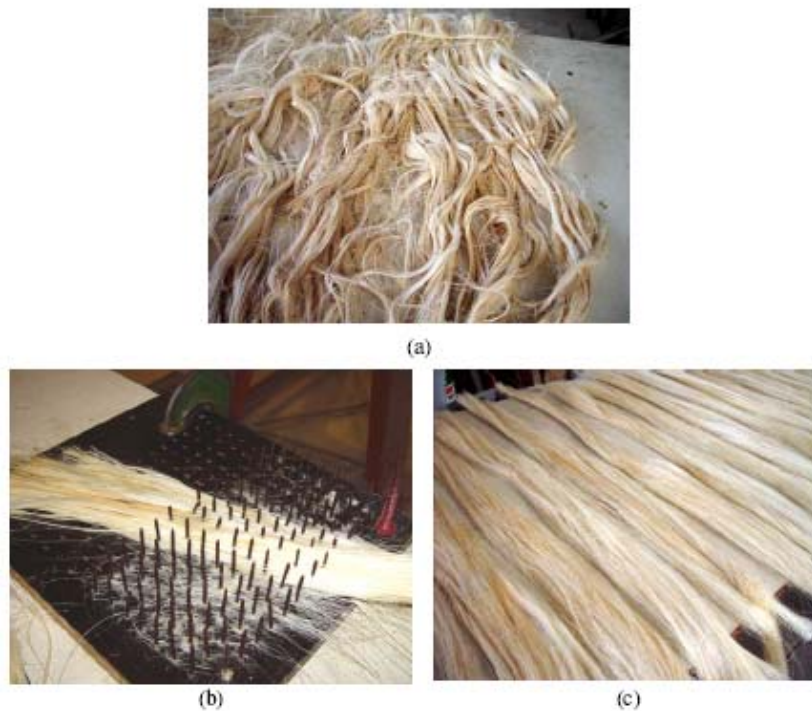


Figura 3 – Beneficiamento da fibra: (a) Fibras após lavagem e secagem, (b) Processo de desembaraçamento das fibras (c) Fibras limpas e separadas

FONTE: Filho,2005

Após o processo de desembaraçamento, as fibras são cortadas com um comprimento de 25 cm e pesadas de acordo com o número de camadas. Será utilizado o processo aleatório de disposição das fibras na matriz.

## **3.2 Caracterizações dos materiais**

### **3.2.1 Agregado miúdo**

Para a caracterização do agregado miúdo foram utilizados os métodos definidos conforme o padrão da ABNT discriminados abaixo.

#### **3.2.1.1 Determinação da Composição Granulométrica do Agregado Miúdo (NBR 7217,1982)**

Objetivo: Este ensaio tem por objetivo, determinar a composição granulométrica do agregado miúdo, bem como conhecer o módulo de finura e a dimensão máxima característica do agregado.

Materiais, equipamentos e acessórios utilizados:

- ✓ Conjunto de peneiras da ABNT: 4,80; 2,40; 1,20; 0,60; 0,30; 0,15;
- ✓ Tampa da peneira;
- ✓ Fundo da peneira;
- ✓ Escovas para limpeza das peneiras;
- ✓ Bandeja de 50 x 30 x 6 cm;
- ✓ Amostra de agregado miúdo (areia);
- ✓ Balança com capacidade máxima de 2010g e precisão de 0,1g;
- ✓ Espátula com cabo de madeira e folha de aço.

Procedimentos Experimentais:

A amostra de areia ensaiada foi coletada na quantidade de 1 Kg, conforme prescreve a NBR 7217. Reunidos todos os materiais, procedeu-se à execução do ensaio, montando-se a

bateria de peneiras, a seguir a sequência de numeração das peneiras e a figura 6, mostrando com é que fica o material nas peneiras: Peneiras (mm) : 4,8 ; 2,4 ; 1,2 ; 0,6 ; 0,3 ; 0,15 ; fundo.

A amostra, previamente seca ao ar, foi então peneirada através da bateria de peneiras, de maneira enérgica e contínua, permitindo a separação dos diferentes tamanhos dos grãos do agregado. Em cada peneira o material retido foi, então, separado e pesado, anotando-se o valor na planilha de composição granulométrica. Os grãos de agregado miúdo que ficaram presos nas malhas das peneiras foram retirados através da passagem da escova de aço, de modo que nenhuma partícula fosse perdida.

Ao final do processo, com todos os valores dos pesos retidos em cada peneira, procede-se o cálculo da planilha de composição granulométrica, definindo-se os percentuais de material retido e retido acumulado.

O percentual retido acumulado em relação a cada peneira da série utilizada, forneceu os dados para a definição da curva granulométrica do agregado miúdo em estudo. Também foram definidos o módulo de finura e o diâmetro máximo do agregado.

O módulo de finura foi obtido somando-se as percentagens retidas acumuladas e dividindo o somatório por 100. O diâmetro máximo do agregado miúdo foi definido como a malha da peneira na qual ficou retido o percentual acumulado igual o imediatamente inferior a 5%.

### **3.2.1.2 Determinação do peso específico absoluto do agregado miúdo (NBR 9776, 1987)**

Objetivo: Determinar o peso específico do agregado miúdo.

Materiais, equipamentos e acessórios utilizados:

- ✓ 500 g de areia;

- ✓ 200 ml de água;
- ✓ Bandeja de 50 x 30 x 6 cm;
- ✓ Frasco de CHAPMAM;
- ✓ Amostra de areia seca em estufa ou ao ar;
- ✓ Água destilada;
- ✓ Balança com capacidade máxima de 2010g e precisão de 0,1g;
- ✓ Funil;
- ✓ Flanela para enxugar as paredes internas do frasco deCHAPMAM;
- ✓ Espátula de aço.

#### Procedimentos Experimentais:

Seca-se a amostra na estufa num tempo mínimo de 12Hs. Coloca-se água destilada no frasco de CHAPMAM até atingir a marca de 200ml, que será chamado de leitura inicial (L1). Pesa-se em seguida 500g do agregado seco.

Coloca-se a amostra no frasco de CHAPMAM, gradualmente, agitando o frasco para expulsar todo ar contido entre os grãos da amostra. Após colocar toda a amostra no frasco, determina-se a leitura final, que será chamado de (L2).

Encontrado a leitura final (L2), aplica-se na fórmula:

$$\delta_{ABS} = \frac{500}{(L_2 - L_1)} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

$\delta_{ABS}$  = Peso específico absoluto ou real da amostra ;

L1 = Leitura inicial ;

L2 = Leitura final.

Determinado o primeiro ensaio, repete-se três vezes o mesmo ensaio e as mesmas condições de trabalho, para se determinar à média final dos ensaios.



### 3.2.1.3 Determinação da massa unitária do agregado miúdo unido em estado solto (NBR 7251,1982);

Objetivo: Este ensaio tem o objetivo de determinar a massa unitária do agregado miúdo no estado solto, fundamentado na NBR 7251

Materiais, equipamentos e acessórios utilizados:

- ✓ Balança com capacidade máxima de 150 kg e precisão de 100g;
- ✓ Caixa metálica de 15dm<sup>3</sup> ;
- ✓ Régua de acrílico, para rasar o material;
- ✓ Concha metálica;
- ✓ Amostra de areia.

Procedimentos de execução do ensaio:

Pesa-se a caixa metálica seca. Depois enche-se a caixa metálica do agregado miúdo com o auxílio de uma concha metálica. Em seguida, rasa-se a superfície do agregado miúdo com uma régua de acrílico. Após pesa-se o conjunto e determina-se o resultado.

Encontrado o resultado do conjunto, determina-se o volume da caixa, achando-se as dimensões internas da referida caixa.

Achado estes valores, calcula-se o peso específico aparente da areia, através da fórmula:

$$\gamma_{ap} = \frac{M}{V} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

$\gamma_{AP}$  = Peso específico aparente da areia ;

$M$  = Massa da areia encontrada pela subtração do conjunto do peso da caixa ;

$V$  = Volume da caixa metálica.

Observação:

Deve-se pesar pelo menos o dobro do volume do recipiente utilizado.

O agregado deve ser lançado numa altura que não deva exceder 10cm do topo do recipiente.

O ensaio deverá ser executado no mínimo duas vezes, não havendo variação de pesagem superior a 1% e diferença entre unidade maior do que 0,1g / cm<sup>3</sup>.

Repetir o ensaio três vezes nas mesmas condições de trabalho, com os mesmos cuidados, para se determinar uma média final entre os ensaios.

#### **3.2.1.4 Determinação do Teor de Argila em torrões no Agregado Miúdo**

**(NBR 7218,1982);**

Objetivo: Determinação aproximada dos torrões eventualmente presentes nos agregados.

Materiais, equipamentos e acessórios utilizados:

- ✓ Vasilhas metálicas;
- ✓ Peneiras 4,8; 1,2; 0,6;
- ✓ Espátula de aço;
- ✓ Balança com capacidade de 2010g e precisão de 0,1g;
- ✓ Escovas para limpeza das peneiras;

- ✓ Amostra de areia seca;
- ✓ Papel.

Procedimentos de execução do ensaio:

Peneira-se uma determinada quantidade de areia que passe na peneira 4,8 e fique retida na peneira 1,2.

Do material retido na peneira 1, 2, pesa-se 200 g. Utilizando-se de uma folha de jornal ou outro papel, despeja-se as 200 g do material e, tendo cuidado para não perder material, procede-se ao esmagamento dos possíveis torrões de argila existentes, com o auxílio da ponta dos dedos. Repete-se a mesma operação, no mínimo duas vezes, para que todos os torrões de argila sejam esmagados.

Em seguida, faz-se novo peneiramento determinando a quantidade de areia que ficará retida na peneira 0,6. O peso dos torrões de argila é obtido pela diferença entre os dois pesos e será expresso em porcentagem do peso inicial da amostra ensaiada.

Conhecida essa porcentagem e de posse da composição granulométrica do agregado, calcula-se o teor global de argila em torrões presentes no agregado.

### **3.2.1.5 Determinação do Teor de Material Pulverulento (NBR 7219,1982);**

Objetivo: Determinar o teor total de terra, argila e de outros materiais pulverulentos não argilosos, de partículas menores que 0,075 mm, presentes nos agregados.

Materiais, equipamentos e acessórios utilizados:

- ✓ Vasilha metálica;
- ✓ Balança com capacidade de 2010 g e precisão de 0,1 g;

- ✓ Peneira 0,075;
- ✓ 1kg de areia seca;
- ✓ Água;
- ✓ Espátula de aço.

Procedimentos de execução do ensaio:

Inicialmente a areia é colocada na vasilha e recoberta com água em excesso. Agita-se vigorosamente o material, de forma a provocar a separação e suspensão das partículas finas; parte da água é então cuidadosamente vertida, através da peneira.

Recobre-se o material com mais água e repete-se a operação até que a água de lavagem se torne límpida. O material retido na peneira vai sendo repostado na vasilha.

O material lavado é levado ao fogo para secar. Depois de seco, o material é pesado novamente. A massa dos materiais pulverulentos removidos pela lavagem é obtido por diferença entre as massas da amostra antes e depois da lavagem; será expresso em porcentagem da massa da amostra ensaiada.

#### **3.2.1.5 Avaliação das Impurezas Orgânicas das areias (NBR 7220,1982).**

A matéria orgânica presente nos agregados é oriunda da decomposição vegetal, principalmente ácido tânico e derivados, compondo húmus e argila orgânica. Nem toda matéria orgânica é prejudicial, e isto é verificável por meio de ensaios de resistência à compressão do concreto.

Objetivo: Determinar a avaliação colorimétrica das impurezas orgânicas nas areias.

Materiais, equipamentos e acessórios utilizados:

- ✓ 2 frasco erlenmeyer ou semelhante;
- ✓ Balança com capacidade de 2010 g e precisão de 0,1 g;
- ✓ 200g de areia seca;
- ✓ 1 Funil metálico ou semelhante;
- ✓ 197ml de solução de hidróxido de sódio;
- ✓ 3ml da solução de ácido tânico.

Procedimentos de execução do ensaio:

Em um frasco erlenmeyer ( ou recipiente semelhante) adiciona-se a 200g de areia seca, 100ml de solução de hidróxido de sódio: agita-se vigorosamente e deixa-se em repouso durante 24hs.

Se a cor do líquido da amostra Para comparação, prepara-se simultaneamente uma solução padrão, adicionando a 3ml da solução de ácido tânico, 97 da solução de hidróxido de sódio: agita-se também em repouso durante 24hs.

Findo o prazo indicado, a solução que esteve em contato coma areia é filtrada; procede-se então à comparação que estiver em contato com a areia não for mais escura que a cor amarela definida pela norma, a quantidade de material orgânico não é prejudicial; caso contrário, se a cor é escura , tendendo a marron, o agregado apresenta um teor elevado de matéria orgânica, não significando, todavia, que deva ser rejeitado: moldam-se corpos de prova de concreto com esse agregado que serão submetidos a ensaio de compressão axial e os resultados comparados com aqueles obt idos com um agregado insuspeito. A figura 7 mostra com uma areia apresenta um teor elevado de material orgânico.

## 3.2.2 Cimento

### 3.2.2.1 Determinação de finura (NBR 11579, 1991);

Objetivo: Verificar experimentalmente o modo pelo qual deve ser executado o ensaio normal de cimento portland, compreendendo a determinação de finura.

Materiais, equipamentos e acessórios utilizados:

- ✓ 50g de cimento
- ✓ Balanças com erros máximos tolerados: para mais e para menos nova (1/2000 do valor da carga), em uso 1/1000 do valor da carga;
- ✓ Balanças com erros máximos tolerados: para mais e para menos: para o valor nominal 50g tolerância 25mg;
- ✓ Peneira 0,075mm;
- ✓ Pincel, provido de cerdas de nylon ou natural, deve ter diâmetro 25 a 30 mm e cabo de madeira de aproximadamente 25 cm de comprimento.

Procedimentos de execução do ensaio:

Procedimento manual:

A peneira deve estar seca, limpa e encaixada no fundo. Colocar  $50g \pm 0,05g$  de cimento sobre a peneira. Segurar o conjunto com as duas mãos e imprimir-lhe um movimento de vaivém horizontal com os pulsos, de maneira que o cimento se espalhe sobre a superfície da tela. Peneirar até que o resíduo fique razoavelmente limpo, o que geralmente ocorre no intervalo de 3 a 5 minutos.

Colocar a tampa, retirar o fundo e dar golpes suaves no rebordo exterior do caixilho com o cabo do pincel para desprender as partículas aderidas à tela e à parede. Limpar com o

pincel toda a superfície inferior da peneira, encaixando-a no fundo após a limpeza deste com um pano. Retirar a tampa e continuar o peneiramento com suaves movimentos de vaivém horizontais durante 10 min, girando o conjunto a intervalos regulares. Nesta operação, o resíduo deve movimentar-se da maneira que fique uniformemente espalhado sobre toda a superfície da tela. No fim do período, colocar a tampa e limpar como indicado anteriormente.

Colocar a tampa e o fundo na peneira, segurar o conjunto com uma das mãos e, mantendo-o ligeiramente inclinado, imprimi-lhe um movimento de vaivém com auxílio de movimentos do pulso e do antebraço, batendo-o no fim de cada vaivém na palma da outra mão. Este peneiramento é executado dando 150 golpes durante 60s e girando de mais ou menos 60°, a cada 25 golpes. Logo após, limpar a parte inferior da peneira, passando todo material aderido para o fundo e pesar todo o cimento nele contido, com incerteza máxima de  $\pm 0,002g$ .

O peneiramento deve ser continuado até que o peso do cimento, que passa durante um minuto de peneiramento contínuo, seja inferior a 0,05g.

O cimento retido na peneira deve ser transferido para o prato da balança, tomando-se o cuidado de limpar com o pincel ambos os lados da tela para garantir a remoção de todo o material retido pela peneira. A pesagem desse resíduo deve ser feita com incerteza máxima de  $\pm 0,02g$ .

Procedimento mecânico:

a) È permitido o emprego de peneiradores mecânicos. Em caso de dúvida, o ensaio deve ser realizado pelo procedimento manual, devendo ser adotado como resultado final o valor obtido por este procedimento.

### 3.2.2.2 Determinação de pega (NBR 11581, 1991);

Objetivo: Verificar experimentalmente o modo pelo qual deve ser executado o ensaio normal de cimento portland, compreendendo a determinação de pega.

Materiais, equipamentos e acessórios utilizados:

- ✓ 400g de cimento;
- ✓ Água;
- ✓ Balanças com erros máximos tolerados: para mais e para menos nova (1/2000 do valor da carga), em uso 1/1000 do valor da carga;
- ✓ Balanças com erros máximos tolerados: para mais e para menos: para o valor nominal 50g tolerância 25mg;
- ✓ Aparelho de Vicat que deve obedecer aos seguintes requisitos:
- ✓ Peso da sonda  $300g \pm 0,5g$ ;
- ✓ Diâmetro da sonda  $10mm \pm 0,05mm$
- ✓ Diâmetro da agulha 1,13mm  $\left\{ \begin{array}{l} + 0,01mm \\ - 0,02mm \end{array} \right.$
- ✓ Molde obedecendo aos seguintes requisitos:
- ✓ Diâmetro interno do molde  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Superior } 70mm \pm 1mm \\ \text{Inferior } 80mm \pm 1mm \end{array} \right.$
- ✓ Altura do molde  $40mm \pm 0,5mm$ ;
- ✓ Espessura do molde  $8mm \pm 1mm$
- ✓ Chapa plana de vidro de pelo menos 5mm de espessura;
- ✓ Recipiente;
- ✓ Espátula.

Condições gerais:



Condições de ambiente: A temperatura do ar na sala de ensaios, bem como a das ferramentas e materiais, exceto a água, pode variar de 20°C a 28°C. A temperatura da água de amassamento deve ser de 23°C  $\pm$  2°C. A umidade relativa do ar não deve ser inferior 50%.

Condições da câmara úmida: A câmara úmida deve ser de dimensões tais que os corpos de prova possam ser armazenados com facilidade. A temperatura do ar da câmara úmida deve ser de 23°C  $\pm$  2°C e a umidade relativa de, pelo menos, 95%.

Condições da aparelhagem: Aparelho de Vicat operando com a sonda de Tetmajer - Faz-se descer a sonda de Tetmajer até sua extremidade repouse sobre a placa de vidro, ajustando-se o indicador no zero da escala graduada;

Aparelho de Vicat operando com a agulha de Vicat - Faz-se descer a agulha de Vicat até que sua extremidade repouse sobre a placa de vidro, ajustando-se o indicador no zero da escala graduada.

Procedimentos de execução do ensaio:

Coloca-se a quantidade de cimento no recipiente, e dispor em forma de coroa.

Lançar de uma vez a quantidade de água definida no interior da cratera e com uma espátula de aço, deitar sobre o líquido o material circundante, devendo essa operação durar um minuto.

Em seguida, com auxílio da espátula, amassar energicamente durante cinco minutos.

Terminado o amassamento, colocar com a espátula, no molde assente sobre a chapa, a pasta, em pequenas porções, sem socamento e, apenas com leve agitação da espátula para distribuir bem a pasta no molde. Em seguida, proceder à rasura do material que ultrapassar os bordos da fôrma com uma régua.

Terminadas as operações, faz-se descer sobre a pasta na sua parte central, a sonda de Tetmajer, até que sua superfície entre em contato com a superfície da pasta. Esta operação deve ser completada em 30s contados a partir do fim do amassamento. Soltar a haste e fazer a leitura do índice de consistência em milímetros da extremidade da sonda ao fundo da fôrma, 30s após o momento em que a haste é solta.

A consistência da pasta é considerada normal se for igual a  $\pm 6$  mm. Enquanto não se obter este resultado preparam-se diversas pastas, variando a quantidade de água e utilizando nova porção de cimento a cada tentativa.

Depois que se obter uma pasta considerada normal, determina-se o início de pega: Considera-se como início de pega o momento em que a agulha - sem choque e sem velocidade inicial, para o que deve ser levemente sustentada com os dedos estacionar a 1mm da placa de vidro, 30s após o início desta determinação. O tempo de início de pega é contado a partir do instante em que se lançou a água de amassamento.

O tempo de fim de pega é contado a partir do instante em que se lançou a água de amassamento até o momento em que a agulha, aplicada sobre a superfície da pasta, não deixar impressões apreciáveis.

### **3.2.2.3 Determinação da resistência à compressão (NBR 7215, 1991);**

Objetivo: Verificar experimentalmente o modo pelo qual deve ser executado o ensaio normal de cimento portland, compreendendo a determinação da resistência à compressão.

Materiais, equipamentos e acessórios utilizados:

- ✓ 624g de cimento CII F-32;
- ✓ 468g de areia grossa;

- ✓ 468g de areia média grossa;
- ✓ 468g de areia média fina;
- ✓ 468g de areia fina;
- ✓ 300g água
- ✓ Balanças com erros máximos tolerados: para mais e para menos nova (1/2000 do valor da carga), em uso 1/1000 do valor da carga;
- ✓ Balanças com erros máximos tolerados: para mais e para menos: para o valor nominal 50g tolerância 25mg;
- ✓ Misturador mecânico;
- ✓ Espátula, soquete;
- ✓ 12 moldes cilíndricos de diâmetro 50mm e altura 100mm;
- ✓ 1 régua metálica;
- ✓ Máquina de ensaio à compressão.

Procedimentos de execução do ensaio:

Executar a mistura mecânica colocando inicialmente na cuba toda quantidade de água e ajuntar o cimento. A mistura desses materiais deve ser feita com o misturador na velocidade baixa durante 30s.

Após esse tempo, e sem paralisar a operação de mistura, inicia-se a colocação da areia (quatro frações previamente misturadas), colocando gradualmente durante o tempo de 30s.

Imediatamente após a o término da colocação da areia, muda-se para velocidade alta, misturando durante 30s.

Após este tempo, desliga-se o misturador durante 1 min e 30s. Durante os primeiros 15s retira-se com auxílio de uma espátula, a argamassa que ficou aderida às paredes da cuba. Durante o tempo restante a argamassa fica em repouso na cuba tampada.

Imediatamente, após este intervalo, liga-se o misturador na velocidade alta , misturando os materiais durante 1 min. Deve ser registrada a hora em que o cimento é posto em contato com a água de mistura.

Para garantir a estanqueidade os moldes devem estar untados na superfície lateral interna e fundo com uma leve camada de óleo.

Coloca-se a argamassa na fôrma com auxílio da espátula, em quatro camadas de alturas iguais, recebendo cada camada 30 golpes moderados do soquete normal, uniformemente distribuído.

Essa operação deve ser terminada com a rasura do topo do corpo por meio de uma régua, que o operador faz deslizar sobre os bordos da fôrma.

Logo após a moldagem, inicia-se a cura ao ar dos corpos de prova, que ainda nos moldes devem ser colocados em câmara úmida, onde devem permanecer durante 20 a 24h.

Terminados o período inicial de cura, os corpos de prova devem ser removidos das fôrmas, devendo ficar em baixo d'água até o momento do ensaio.

Antes do ensaio é feito o capeamento dos corpos de prova com mistura de enxofre a quente, de maneira que satisfaça as condições geométricas.

Os corpos de prova, devem ser rompidos à compressão nas seguintes idades: 3,7 e 28 dias, contados a partir do instante em que o cimento é colocado em contato com a água.

### 3.3 Confeção da forma da matriz

Seguindo as mesmas dimensões de fabricação da forma de Filho (2005), a forma da placa do compósito será confeccionada de aço, medindo 400 mm x 150 mm x 12mm, conforme figura 4.



(a)



(b)

Figura 4 –Perspectiva da placa: (a) Vista de perfil da placa já fabricada e (b) vista de cima da placa.

### 3.2.5 Dosagem

Após a confecção das fibras foi adotado o traço da argamassa de 1:3:0,5. A elaboração do traço foi no misturador mecânico 20 dm<sup>3</sup>, pois o volume adquirido pela placa é pequeno. Também foi realizado o ensaio de abatimento para determinação da melhor trabalhabilidade do compósito cimentício que teve o valor de 17cm para 338ml de água para amostra padrão.

### 3.2.6 Elaboração da produção dos laminados

O processo de fabricação dos laminados foi seguido de acordo com Filho (2005) e pode ser resumido nos seguintes passos:

a) Produção da matriz: Os materiais da argamassa serão misturados em seus estados secos em um misturador de bancada, com capacidade de 20 dm<sup>3</sup>, na seguinte ordem: cimento, areia. O material seco será misturado durante 2 minutos, até que se verifique a homogeneização completa da mistura. O aditivo plastificante então diluído na água será adicionado lentamente na mistura.

b) Produção do laminado: Após a produção da argamassa, inicia-se a moldagem do laminado, colocando a primeira camada de matriz no molde. Para se garantir a espessura dessa camada, tem que ser calculado o seu volume e, com o peso específico da mistura fresca, calcular a massa de argamassa da primeira camada, procedimento que tem que ser repetido para a outra camada. Desta maneira, evita-se que a camada ultrapassasse a espessura desejada. Após a colocação da primeira camada, será usada uma espátula para regularização.

Após a colocação da primeira camada de argamassa, é colocada a primeira camada de fibras sendo distribuída aleatoriamente e pressionada manualmente para que assim penetrem na matriz. Por serem flexíveis, não deverão ficar completamente alinhadas à matriz. Este procedimento repete-se uma 1 camada de fibra (com adição de 3%) e 2 camadas de argamassa. Além destas placas também foi confeccionado as placas convencionais sem adição de fibras.

c) Prensagem: Após a moldagem, será colocada uma chapa de aço com espessura de 17 mm, que encaixava na fôrma e então a carga será distribuída uniformemente sobre toda a amostra, como é mostrado no esquema. A fôrma será colocada sobre uma chapa fina de aço que servirá para o transporte do corpo-de-prova, sendo que sobre essa chapa colocado um filtro de papel. Este papel filtro absorve e permiti a passagem da água expulsada do corpo-de-prova durante a prensagem e impedindo que os constituintes finos da argamassa se percam junto a saída da água.

A prensagem será realizada por uma máquina universal Emic localizada no Laboratório de Materiais/FT/UFAM, figura 10, com a capacidade de carga de 200 toneladas controlada.

Durante a aplicação da prensagem deve-se observa a aplicação de uma taxa de aproximadamente 1,8 ton/min.

### **3.2.7 Caracterização mecânica do compósito**

Nos intervalos de 3, 7 e 28 dias foi realizado um ensaios mecânicos de flexão para a caracterização das matrizes e dos compósitos. Todos os ensaios mecânicos serão realizados por uma máquina de ensaios universal EMIC com capacidade de cargade 200t, a mesmas da figura 10.

#### **3.2.7.1 Ensaio de Flexão**

Este ensaio obtém a carga no meio do vão da placa com uma velocidade de ensaio de 0,5mm/min. Os pontos de carga ficam centralizados e as placas ficam suportadas por dois apoios que distam-se entre si 350 mm, conforme figura 5.



Figura 5 – Ensaio de flexão nas placas

Na equação 1 a seguir, mostrar como obter a tensão na placa, onde “P” é a carga aplicada, “L” é o comprimento da placa, “B” é a largura da placa e “e” é a espessura da placa, observando que o único valor que varia é a carga.

$$\sigma = \frac{3 P L^3}{2xBxe^2} \quad (3)$$

### **3.2.8 Caracterização física do compósito**

#### **3.2.8.1 Ensaio de Estanqueidade**

Para se avaliar a estanqueidade desse material, adotou-se a norma NBR 5642 – Telhas de fibrocimento – Verificação da impermeabilidade.

As amostras serão com as dimensões de 150 mm x 400 mm x 12 mm de altura. Um tubo de PVC de seção circular reta, aberto nos extremos, com diâmetro interno de 35 mm e altura de 250 mm, será utilizado no ensaio. Os corpos-de-prova serão apoiados em suas laterais em posição horizontal, onde será colado, com uma cola selante, no centro de cada amostra. Após a secagem da cola, enche-se o tubo com água até formar a coluna de 250 mm. No intervalo de 24 horas observa-se se houve a ocorrência de vazamentos ou manchas de umidade na superfície inferior das amostra.



## 4. RESULTADOS E ANÁLISE

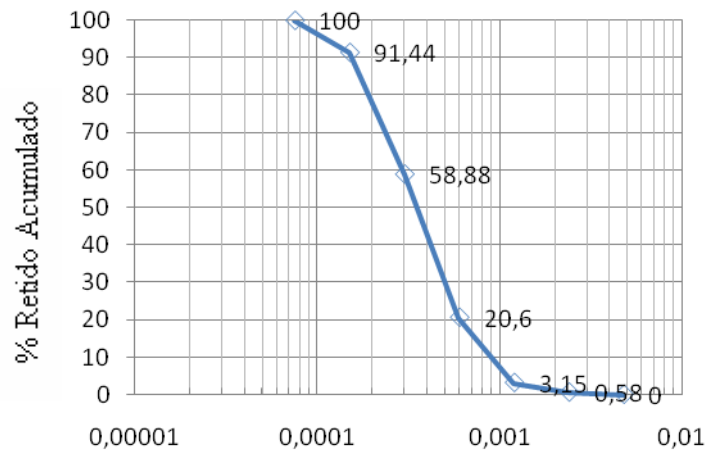
### 4.1 Agregado Miúdo

#### 4.1.1 Determinação da Composição Granulométrica do Agregado Miúdo

Na tabela 2 e no gráfico 1 serão mostradas a composição e a granulometria do agregado miúdo.

Peneiras	Material retido acumulado (g)	Porcentagem retida acumulada (%)
# 4,8	-	-
# 2,4	5,8	0,58
# 1,2	31,5	3,15
# 0,6	206	20,60
# 0,3	588,8	58,88
# 0,15	914,40	91,44
# 0,075	1000	100
$\Phi$ máx (mm)	3,15	-
MF	2,75	-

Tabela 2 – Composição Granulométrica do Agregado Miúdo



Peneiras (mm) na escala de log  
Gráfico 1 – Curva Granulométrica

O agregado miúdo ou areia, verificou-se que é classificada com mediana pois seu valor encontrou-se no intervalo de  $2,40 < MF < 3,90$ , ou seja, sua curva granulométrica é contínua, as partículas do agregado de determinado tamanho se agrupam de modo a não deixarem muito vazios. Logo este material, com relação a granulometria, esta em condições ideais para utilização no compósito.

#### 4.1.2 Determinação do peso específico absoluto do agregado miúdo

A tabela 3, a seguir, mostra o peso específico absoluto do agregado miúdo.

Leitura	L1	L2
Volume (ml)	200	390
Massa específica	2,63	

Tabela 3 – Determinação do peso específico

O resultado refletido neste ensaio demonstra o resultado padrão da grande maioria das massas específicas reais das areias ( $\gamma = 2,6 \text{ g/cm}^3$ ).

#### 4.1.3 Determinação da massa unitária do agregado miúdo unido em estado solto

Na tabela 4 mostra a massa unitária em estado seco do agregado miúdo.

Pesagens	Peso (Kg)
1 <sup>a</sup>	23,410
2 <sup>a</sup>	23,615
3 <sup>a</sup>	23,50
$\gamma_{\text{apar.}} \text{ (kg / dm}^3\text{)}$	1,26

Tabela 4 – Determinação da massa unitária em estado solto

Este valor apresentou-se próximo ao valor de referência indicados pela norma, e, portanto, é resultado coerentes e satisfatórios, o que permitem avaliar que o material analisado está em conformidade com os padrões que são escopo deste ensaio.

#### 4.1.4 Determinação do Teor de Argila em torrões no Agregado Miúdo;

Material retido na # 1,2 mm	200
Material retido na # 0,6 mm	199,5
Torrões de argila ( g )	0,5
Torrões de argila ( % )	0,25

Tabela 5 – Determinação do teor de torrões de argila

Na descrição do resultado chegou-se ao seguinte valor para a areia analisada. Teor de argila em torrões no agregado miúdo: T. A = 0, 25%. Este valor encontra-se fora da faixa de rejeição que em conformidade com a norma não pode ser superior a 1,5%.

#### 4.1.5 Determinação do Teor de Material Pulverulento;

Amostra seca e s/ lavagem ( g ) =	1000
Amostra seca e c/ lavagem ( g ) =	995,30
Material Pulverulento ( g ) =	4,7
Material Pulverulento ( % ) =	0,47

Tabela 6 – Determinação teor de material pulverulento

#### 4.1.6 Avaliação das Impurezas Orgânicas das areias;

Abservou-se que a cor da amostra que contia areia encontrava-se mais escura que a solução amarela defnida pela norma, pode observar a figura 12. Lembrando que não deve ser

rejeitado, sendo necessário a moldagem de corpos de prova de concreto para assim serem submetidos a ensaios de compressão e feito uma análise de aprovação ou não.

## 4.2 Cimento

### 4.2.1 Determinação de finura;

O ensaio foi realizado segundo a norma, no entanto a balança não tinha precisão solicitada para o ensaio.

### 4.2.2 Determinação de pega;

---

#### *Quant. Ideal de Água p/ Pasta Normal*

---

Sonda de Tetmajer.

120 ml de água (quant.aleatória).

400 g de cimento.

Molde cônico e placa de vidro lisa.

Medida na Sonda de Tejmajer c/ 123 ml de água, igual a 6,5 mm acima da placa de vidro.

123 ml de água (quant.Ideal p/ consistência Normal da Pasta).

---

#### *Tempo de Início e Fim de Pega*

---

Aparelho de Vicat

128 ml de água (quant.ideal)

400 g de cimento

---

#### *Controle do horário do ensaio*

---

Hora	Observação	Altura (mm)
------	------------	-------------

---

13:40	mistura água-cimento	0
14:40	1ª medida c/ agulha de Vicat	0
15:25	2ª medida c/ agulha de Vicat	0
15:35	3ª medida c/ agulha de Vicat	1,5 : Deu-se início de Pega
15:45	4ª medida c/ agulha de Vicat	acima de 1,5
16:05	5ª medida c/ agulha de Vicat	acima de 1,5
16:25	6ª medida c/ agulha de Vicat	: Deu-se o fim da Pega

Tabela 7 – Determinação do pega da pasta

Como o índice de consistência medido para a água de amassamento de 128ml encontra-se na faixa do índice de consistência normal, então esta será a água de amassamento a utilizar no ensaio de tempo de pega.

A pega foi considerada normal, pois o tempo de endurecimento da pasta de cimento passou de 60 minutos, ficando entorno de duas horas e quarenta cinco minutos.

### Resistência a compressão do cimento Portland - CP-32

Corpo de Prova	Idade (dias)	Carga máxima (Kgf)	Tensão máxima (Mpa)	Avaliação
CP 1	3	4187,41	20,91	Aceito
CP 2		4450,49	22,23	Aceito
CP 3	7	6237,26	31,15	Aceito
CP 4		5820,71	29,07	Aceito
CP 5	28	7421,40	37,06	Aceito
CP 6		7388,25	36,90	Aceito

Tabela 8 – Determinação da resistência a compressão.

### 4.2.3 Determinação da resistência à compressão

De acordo com a norma se o desvio padrão relativo máximo de um resultado for superior a 8% comparado com outros esta amostra deverá ser rejeitada. Em seguida, tirou-se o valor mediando dos resultados separando em dias e comparando com os limites mínimos da resistência à compressão, fixados pelas especificações da ABNT.

<b>Idade (dias)</b>	<b>Res. Min. por norma CPI-32 (Mpa)</b>	<b>Tensão de média de ruptura (Mpa)</b>
3	10	20,88
7	20	30,82
28	32	35,99

Tabela 9 – Resistência média dos corpos de prova.

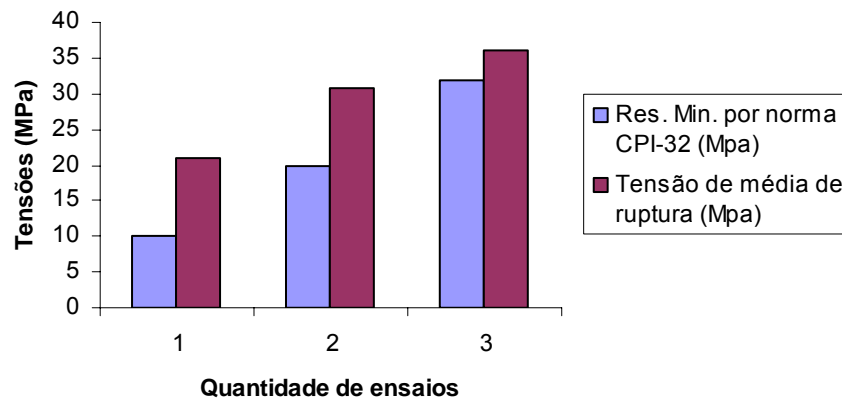


Gráfico 2 – Comparação das tensões.

Em relação à tensão mediana retirada dos corpos de prova do ensaio de cimento obtiveram acima do previsto pela norma, logo atendendo a exigência de 3, 7 e 28 dias. No gráfico 4, mostra a curva de tensão média dos copos de prova.

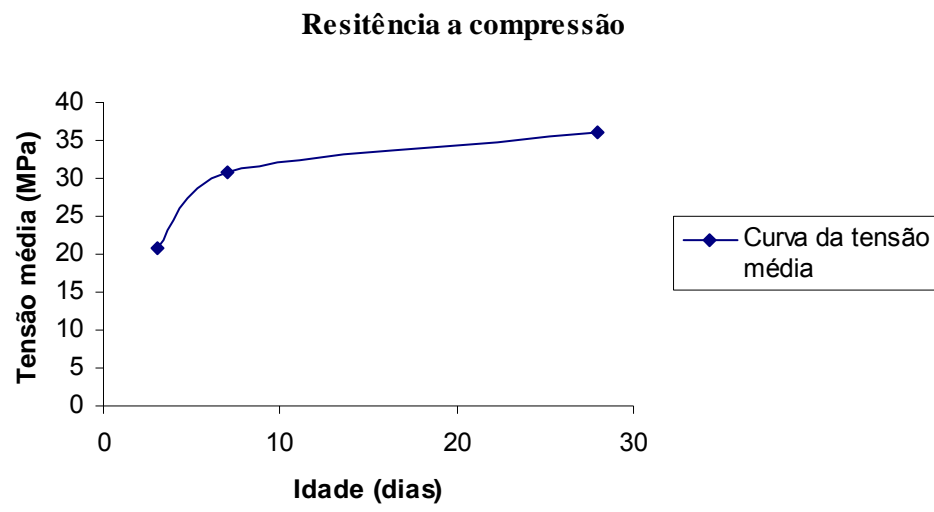


Gráfico 3 – Curva da tensão média.



### 4.3 Caracterização mecânica

#### 4.3.1 Ensaio de flexão

No ensaio de flexão, as placas com reforço fibroso tiveram um ganho de resistência em torno de 12%, suportam mais ao carregamento exercido.

Identificação	Teor de fibra (%)		Data	Propriedade Mecânica - Ensaio de Flexão			
	Placa	Composição	Data de Rompimento	Peso da Fibra (g)	Tensão Máxima (Mpa)	Força Máxima (N)	Força Máxima (Kg)
T1 - P1	Ar+C+Ad+Ag	0%	27/4/2009	-	2,88	259,40	25,94
T1 - P2	Ar+C+Ad+Ag	0%	25/5/2009	-	2,51	226,24	22,62
T2 - P3	Ar+C+Ad+Ag+ 1FJ	3%	26/5/2009	11,50	3,12	280,54	28,05
T2 - P4	Ar+C+Ad+Ag+ 1FJ	3%	28/5/2009	12,00	2,92	262,44	26,24

Tabela 10 – Resistências das placas.

As placas que continham adição de 3% de fibra de juta, ou seja, uma camada, teve-se maior resistência que as primeiras placas sem adição de fibras. As placas do tipo 2 tiveram melhor trabalhabilidade em relação as placas tipo 3, onde para a espessura da placa que estava sendo desenvolvida, a quantidade de fibra teve dificuldade de se misturar (trabalhar) junto a

compósito cimentício, diminuindo assim a resistência e as propriedades comparada a placa padrão.

#### 4.4 Caracterização Física

##### 4.4.1 Ensaio de estanqueidade

Na tabela 11 observa que não houve a penetração da água para a face inferior da placa, considerando que a mesma absorveu bem a infiltração.

Identificação		Data		Ambiente		Resultado
Placa	Dimensão (mm)	Início	Fim	Úmidade %	Temper. °C	
T1 - P1	400x150x120	9/7/2009	10/7/2009	72	30	Não houve manchas de umidade
T1 - P2	400x150x120	9/7/2009	10/7/2009	72	30	Não houve manchas de umidade
T2 - P3	400x150x120	9/7/2009	10/7/2009	72	30	Não houve manchas de umidade
T2 - P4	400x150x120	9/7/2009	10/7/2009	72	30	Não houve manchas de umidade
T3 - P6	400x150x120	9/7/2009	10/7/2009	72	30	Não houve manchas de umidade

Tabela 11 – Resultados do ensaio de estanqueidade

## 5. CONCLUSÕES

Em relação ao cimento e ao agregado miúdo utilizados nos ensaios, mostrou-se que os mesmos atendiam as exigências estabelecidas pelas normas.

Com relação ao comportamento das placas no ensaio de flexão, as placas com adição de 3% de adição de fibras de juta suportaram satisfatoriamente aos esforços, pois com o surgimento da primeira fissura houve a transferência da carga para as fibras ocasionando um prolongamento do tempo até a ruptura e ao aumento de resistência em comparação as placas sem adição fibras.

No ensaio de estanqueidade todas as placas atenderam a norma.

Como sugestão de trabalhos futuros deve-se melhorar a distribuição das fibras no interior da matriz em forma de tecido ou em malhas e pesquisar uma forma de otimizar o processo de produção destes compósitos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 7251- Agregado em estado solto - Determinação da massa unitária, 1982.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 9776 - Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman, 1987.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 7217 - Agregados – Determinação da composição granulométrica, 1987.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 7218 - Agregados – Determinação do teor de argila em torrões nos agregados, 1982.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 7219 - Agregados – Determinação de material materiais pulverulentos nos agregados, 1982.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 7220 - Agregados – Avaliação das impurezas orgânicas das areias para concreto, 1982.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 5734 - Agregados – Peneiras para ensaios, 1981.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 7223 - Agregados - Determinação da consistência pelo Abatimento do tronco de cone, 1983.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 5734 - Agregados – Peneiras para ensaios, 1980.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 11579 - Cimento Portland – Determinação da finura por meio da peneira 75 $\mu$ m (n $^{\circ}$ 200), 1991.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 5741 - Cimento Portland – Extração e preparação de amostras, 1991.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 11581 - Cimento Portland – Determinação dos tempos de pega, 1991.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 11580 - Cimento Portland – Determinação da água da pasta de consistência normal, 1991.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT 1991 - NBR 7215 - Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 13276 Argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 1994.

AZIZ M. A., PARAMASIVAM P. and LEE S. L., “Prospects for natural fibre reinforced concretes in construction”. The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete, V. 3, No 2, Singapura,1981.

BALAGURU, P. N., SHAH, S.P., 1992, Fibre-Reinforced Cement Composites, McGraw-Hill

COMPANHIA TÊXTIL DE CASTANHAL. Juta. Disponível em:  
<http://www.castanhal.com.br/index800.jsp>. Acesso em: 18 de Setembro de 2008.

BENTUR, A., MINDESS, S., 1990, Fiber Reinforced Cementitious Composites. Elsevier Science publishers LTD.

FIGUEIREDO, Antônio Domingues. Concreto com fibras de aço. 2000. 68p. Boletim Técnico, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

FILHO, João de Almeida Melo. Desenvolvimento e Caracterização de Laminados cimentícios reforçados com Fibras Longas de Sisal. 2005. 114p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro- COPPE, Rio de Janeiro.

GAY,D., 1991, “Matériaux Composites”, Editions Hermes, Paris, France.

JONES, R. M., “Mechanics of Composite Materials”, McGraw-Hill Company, 1975.

LIMA, Paulo Roberto Lopes. Análise teórica e experimentos reforçados com fibras de sisal. 2004. 263p. Dissertação (Doutorado em ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE, Rio de Janeiro.

NEVILLE, Adam - Propriedades do Concreto, 2ª ed, PINI, 1997.

OLIVEIRA, Patrícia Lizi. Projeto Estrutural de Pavimentos rodoviários e de pisos industriais de concreto. 2000. 246p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, São Carlos.

PERUZZI, Antônio de Paulo. Comportamento das fibras de vidro convencionais em matriz de cimento Portland modificado com látex e adição de sílica ativa. 2002. 111p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos.

PETRUCCI, E. G. R. Matérias de construção. Porto Alegre: Globo, 1978.

SANTOS, Eliana Souza. Potencial da juta e da malva no município de Manacapuru-AM. 2004. 56p. Dissertação (Graduação em Ciências Econômicas) – Universidade Nilton Lins, Manaus.

SILVA, R. V., Compósito de resina poliuretano derivada de óleo de mamona e fibras vegetais. Ciência e Engenharia de Materiais/USP, São Carlos, 2003.

TEZUKA, Y., 1999, “Concreto Armado com Fibras”. 2ª ed., São Paulo, Fevereiro, ABCP