



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS VIII  
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**MARY WILLIANY ALVES DOS SANTOS CARLOS**

**ANÁLISE DE ARGAMASSA COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO  
MIÚDO POR BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR**

**ARARUNA  
2018**

**MARY WILLIANY ALVES DOS SANTOS CARLOS**

**ANÁLISE DE ARGAMASSA COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO  
MIÚDO POR BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Materiais e componentes de construção.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Baracuy da Cunha Campos.

**ARARUNA  
2018**

C284a Carlos, Mary Williany Alves dos Santos.  
Análise de argamassa com substituição parcial do  
agregado miúdo por bagaço de cana-de-açúcar [manuscrito] /  
Mary Williany Alves dos Santos Carlos. - 2018.  
35 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em  
Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro  
de Ciências, Tecnologia e Saúde , 2018.

"Orientação : Prof. Dr. Daniel Baracuy da Cunha Campos ,  
Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."

1. Compósitos. 2. Fibras vegetais. 3. Sustentabilidade. 4.  
Argamassa.

21. ed. CDD 624.189

MARY WILIANY ALVES DOS SANTOS CARLOS

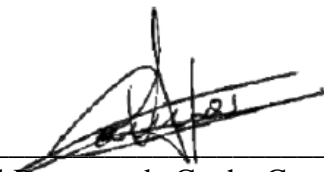
ANÁLISE DE ARGAMASSA COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO  
MIÚDO POR BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Materiais e componentes de construção.

Aprovada em: 06/06/2018.

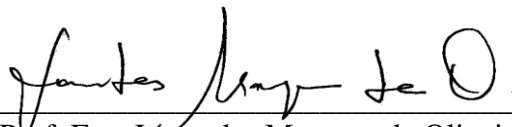
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Daniel Baracuy, da Cunha Campos (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Me. Alan Barbosa Cavalcanti  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Esp. Lauandes Marques de Oliveira  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

## **DEDICATÓRIA**

À Deus por ter me guiado e iluminado em todos os momentos da minha vida. Aos meus pais por todo incentivo, confiança e companheirismo depositado para a conclusão dessa etapa.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela determinação, força e sabedoria proporcionada para a conclusão deste trabalho.

Aos meus familiares, por todo apoio e acolhimento concebido ao longo da vida, em especial aos meus pais, Rozimares e Sebastião.

Aos meus colegas de graduação, em especial Felipe Alves, Ramon Rodrigues e ao grupo do Cuscuz com cominho por todo apoio, companheirismo, ensinamento e incentivo compartilhados ao longo desses anos.

A todos os professores e funcionários da Universidade Estadual da Paraíba do Campus VIII pelos ensinamentos e contribuição para meu aprendizado ao longo desse período de graduação. Em especial, ao professor Daniel Baracuy da Cunha Campos, pela ótima orientação.

A Divaldo Lima, técnico do laboratório de materiais e geotecnia da Universidade Estadual da Paraíba do Campus VIII, pela disponibilidade e paciência de me auxiliar na execução dos ensaios deste trabalho.

“Quando você tropeçar, mantenha a fé. Quando for nocauteado, levante rápido. Não ouça quem diz que você não pode ou não deve continuar.”

(Hillary Clinton)

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>10</b>
2.1 ARGAMASSA .....	10
<b>2.1.1 Componentes das Argamassas .....</b>	<b>11</b>
2.1.1.1 Agregado Miúdo.....	11
2.1.1.2 Água de Amassamento .....	12
2.1.1.3 Cimento .....	12
2.1.1.4 Aditivos .....	14
2.2 BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR.....	14
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>15</b>
3.1 MATERIAIS .....	16
3.2 MÉTODOS.....	17
<b>3.2.1 Tratamento e preparação do bagaço de cana-de-açúcar .....</b>	<b>17</b>
<b>3.2.2 Ensaio de caracterização .....</b>	<b>18</b>
3.2.2.1 Teor de umidade de agregado miúdo e bagaço de cana-de-açúcar .....	18
3.2.2.2 Análise granulométrica do agregado miúdo e bagaço de cana-de-açúcar.....	19
<b>3.2.3 Preparação da argamassa e moldagens dos corpos de prova.....</b>	<b>20</b>
<b>3.2.4 Ensaio de resistência à compressão .....</b>	<b>23</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>24</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>29</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>31</b>
<b>ANEXO A – EQUIPAMENTOS EMPREGADOS NA EXECUÇÃO DOS ENSAIOS</b>	
<b>(Autoria própria).....</b>	<b>34</b>



## ANÁLISE DE ARGAMASSA COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO POR BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Mary Williany Alves dos Santos Carlos\*

### RESUMO

Argamassas são materiais com propriedades de aderência e endurecimento, obtidas a partir da mistura de cimento, agregado miúdo, água, podendo conter adições e aditivos na sua constituição. O bagaço de cana-de-açúcar é um resíduo agroindustrial que pode ser empregado na confecção de compósitos. Desse modo, tem sido estudado a utilização deste para produção de materiais sustentáveis, em virtude de ser um elemento largamente disponível, de baixo custo aquisitivo e renovável. O objetivo do trabalho foi analisar as propriedades físico-mecânicas de argamassa com substituição parcial do agregado miúdo por bagaço de cana-de-açúcar. Inicialmente foram realizados os ensaios de análise granulométrica e teor de umidade do bagaço de cana-de-açúcar e areia, de acordo com as normas DNER – ME 213/1994 e NBR NM 248/2003, respectivamente. Foram moldados corpos de prova padrão no traço 1:3 de acordo com a NBR 7215/1996. Em seguida foram moldados corpos de prova com incorporação de bagaço de cana-de-açúcar nos teores de 5%, 10% e 15% em relação ao agregado miúdo, em frações volumétricas. Para análise de resistência à compressão, os corpos de prova foram rompidos nas idades de cura de 7, 14 e 28 dias. Os compósitos com 5% e 15% de incorporação de fibras aos 28 dias de cura, apresentaram valores de resistência à compressão iguais a  $23,22 \pm 3,07$  Mpa e  $17,23 \pm 0,61$  Mpa, respectivamente, podendo ser empregados nos serviços de regularização de piso, argamassa de assentamento, revestimento, entre outros. Dessa forma, tornando viável e possível o emprego do bagaço da cana-de-açúcar como agregado miúdo nas argamassas.

**Palavras-Chave:** Compósitos. Fibras vegetais. Sustentabilidade. Argamassa

### 1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento do mercado de construção civil, ocasionado pelos processos de expansão industrial e urbanização, houve grandes pontos ambientais com a retirada exacerbada de recursos naturais. Conseqüentemente, surge a necessidade do desenvolvimento de novos materiais e técnicas construtivas, que tenham como princípio o aproveitamento de resíduos renováveis, sendo estes capazes de conciliar os aspectos ambientais, econômicos e sociais, gerando, desse modo, pontos positivos.

Neste âmbito, uma das soluções é a utilização de compósitos com resíduos da agroindústria. As fibras naturais são materiais abundantes, biodegradáveis, renováveis e de baixo custo aquisitivo, além de atrativo pela possibilidade de produzir compósitos com baixa

---

\* Aluna de Graduação em Engenharia Civil na Universidade Estadual da Paraíba – Campus VIII.  
Email: mwilliany@gmail.com

massa específica e ductilidade eficiente (MOTTA, 2007). Entretanto, de acordo com Pinheiro (2008), esses resíduos apresentam algumas desvantagens, tais como elevada absorção de água, incompatibilidade entre as fibras, heterogeneidade na estrutura e na constituição química. Dentre as fibras empregadas na pasta cimentícia, destacam-se o sisal, fibra de côco, piaçava, malva, bagaço de cana-de-açúcar, entre outros.

Segundo Amaral (2013), o Brasil é considerado o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo. Este material ocasiona a produção acentuada de resíduos agroindustriais, provocando a formação de bagaço de cana-de-açúcar, que corresponde em cerca de 30% do total moído (SILVA, 2007). Contudo, originou-se o crescimento de pesquisa de materiais alternativos empregando o bagaço de cana-de-açúcar na matriz cimentícia, visando à utilização desse substrato; resultando em compósitos com boas características mecânicas, flexibilidade e baixo custo (SILVA et al., 2010).

Nesse cenário, o presente trabalho propõe uma alternativa de produção de compósitos, empregando o bagaço de cana-de-açúcar na matriz cimentícia, sendo, afim de avaliar e comparar as propriedades físicas e mecânicas do compósito estudado. Além de caracterizar o agregado miúdo e bagaço de cana-de-açúcar, através da análise granulométrica, de acordo com o descrito na NBR NM 248/2003; determinar o teor de umidade da areia e bagaço de cana-de-açúcar, conforme regido na norma DNER – ME 213/1994; moldar corpos de prova de argamassa convencional e com substituição parcial do agregado miúdo por bagaço de cana-de-açúcar e caracterizar mecanicamente os corpos de prova moldados, através de ensaio de resistência à compressão simples, segundo exposto na NBR 7215/1996.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 ARGAMASSA**

Argamassas são materiais com propriedades de aderência e endurecimento, adquiridas a partir da mistura homogênea de agregado miúdo, aglomerantes e água, além de poder conter adições minerais e aditivos caso necessite (NBR 7200, 1998). De acordo com Ambrozewicz (2012), estas são classificadas quanto ao emprego (comuns e refratárias), tipo de aglomerante (aéreas, hidráulicas e mistas), ao número de elementos ativos (simples e composta), à dosagem (magras ou cheias) e à consistência (secas, plásticas e fluídas).

Carasek (2007), afirma que as argamassas são bastante utilizadas na indústria de construção civil, podendo ser empregados nos serviços de revestimento, assentamento de

alvenaria e placas cerâmicas, regularização de pisos, entre outros. Contudo, é de suma importância o conhecimento adequado sobre as propriedades das argamassas (a trabalhabilidade, aderência, durabilidade, resistência mecânica, retenção de água e consistência), para empregá-la de maneira correta (ABCP, 2002).

## 2.1.1 Componentes das Argamassas

### 2.1.1.1 Agregado Miúdo

Agregados são materiais particulados, incoesivos, de atividade química praticamente nula, é um material, com uma vasta distribuição granulométrica (BAUER, 2000). De acordo com as dimensões das partículas são classificados em agregados graúdo e miúdo, sendo o segundo definido como as partículas passantes e retidas nas peneiras de abertura de 4,75 mm e 150 µm, respectivamente (ABNT 7211, 2005).

Conforme Ambrozewicz (2012), a granulometria do agregado influencia diretamente na característica de argamassas e concretos, como por exemplo, na trabalhabilidade (estado plástico), na compactidade e resistência mecânica (após o endurecimento). Contudo, nos casos em que a curva granulométrica não é contínua ou há muitos finos na composição do agregado, aumenta assim a relação de a/c, acarretando na diminuição da resistência mecânica e aumento da retração do material (ABCP, 2002). A Tabela 1 apresenta as propriedades das argamassas e a relação da composição granulométrica do agregado.

**Tabela 1-** Propriedades da argamassa e relação com a composição granulométrica do agregado

<b>Propriedade</b>	<b>Quanto mais fino</b>	<b>Quanto mais descontínua for a granulometria</b>	<b>Quanto maior o teor de grãos angulosos</b>
<b>Trabalhabilidade</b>	Melhor	Pior	Pior
<b>Retenção de Água</b>	Melhor	-	Melhor
<b>Retração na Secagem</b>	Aumenta	Aumenta	-
<b>Porosidade</b>	-	Aumenta	-
<b>Aderência</b>	Pior	Pior	Melhor
<b>Resistência Mecânica</b>	-	Pior	-
<b>Impermeabilidade</b>	Pior	Pior	-

**Fonte:** Adaptado do Manual do revestimento - ABCP (2002)

### 2.1.1.2 Água de Amassamento

A água é o meio que possibilita a efetivação das reações químicas entre os componentes das argamassas e concreto, é de suma importância a relação a/c para não acarretar em perdas de resistência à compressão ou diminuição da trabalhabilidade do material (ABCP, 2002). A percentagem de matéria orgânica e colóides na composição da água não podem ser altas, além de sais acima do padrão de potabilidade, a fim de garantir a durabilidade, homogeneidade e propriedades da mistura (ARMANGE apud GUIMARÃES, 2005).

Vale ressaltar a premissa que nem sempre quando a água é boa para beber, é boa para ser utilizada como água de amassamento, dar-se devido à existência de pequenos percentuais de açúcares e citratos na constituição da água, tornando-a insatisfatória para incorporação em argamassas e concretos (IBRACON, 2008). A Tabela 2 apresenta os teores de substâncias permitidos para o emprego de determinada água de amassamento.

**Tabela 2** - Teores máximos toleráveis em água de amassamento.

<b>Substância</b>	<b>Teor máximo (mg/L)</b>
<b>Matéria orgânica (expressa em oxigênio consumido)</b>	3
<b>Resíduo sólido</b>	5000
<b>Sulfatos (expresso em íons SO<sub>4</sub>)</b>	300
<b>Cloretos (expresso em íons CL)</b>	500
<b>Açúcar</b>	5

Fonte: Adptado de Ambrozewicz (2012)

### 2.1.1.3 Cimento

O cimento Portland é caracterizado como pó fino acinzentado, constituído por frações de aluminatos de cálcio e silicatos, possuindo ainda propriedades aglomerantes, o que o faz endurecer em contato com a água (RIBEIRO et al., 2002). O cimento é um material obtido a partir da moagem de uma mistura em frações apropriadas de adições ativas, clínquer e gesso, tendo o clínquer como o principal constituinte (SILVA, 2012).

Segundo a ABCP (2002), a contribuição deste material nas argamassas está relacionada diretamente com a resistência mecânica, além de contribuir com a retenção de água (diminuindo a retração) e plasticidade (aumentando a trabalhabilidade), ocasionado por

apresentarem finas partículas. A Tabela 3 apresenta os tipos de Cimento Portland e suas características.

**Tabela 3** - Tipos de Cimentos Portland e suas características

<b>TIPOS</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
<b>CPI - Cimento Portland Comum</b>	Não possuem adições além do gesso, sendo esse empregado para regularizar a pega.
<b>CP I -S - Cimento Portland Comum com adição</b>	Possuem até no máximo 5% de adições (escória de Alto-Forno, material Pozolânicos e carbonáticos).
<b>CP II-E - Cimento Portland Composto com Escória</b>	É constituído quimicamente por 94 a 56% de Clínquer + Gesso, 6 a 34% de escória de alto-forno e 0 a 10% de material carbonáticos. O CPEII-E é empregado em argamassa de assentamento e revestimento de tijolos e blocos, entre outros.
<b>CP II-Z - Cimento Portland Composto com Pozolana</b>	O CP II-Z é utilizado em argamassa de assentamento de azulejos e ladrilhos, argamassa armada, entre outros. É constituído quimicamente por 94 à 76% de Clínquer + Gesso, 6 à 14% de material pozolânico e 0 à 10% de material carbonáticos.
<b>CP II-F - Cimento Portland Composto com Fíler</b>	É composto quimicamente por 94 à 90% de Clínquer + Gesso e 6 à 10% de material carbonáticos.
<b>CP III - Cimento Portland de Alto-Forno</b>	É composto por percentagem de escória de alto forno varia de 35 a 70%, conferindo a maior impermeabilidade, baixo calor de hidratação e durabilidade. Utilizado em obras de grande porte e sujeitas as condições de alta agressividade.
<b>CP IV - Cimento Portland Pozolânico</b>	A Pozolana moída reage com o hidróxido de cálcio em presença de água, dando origem a reação de endurecimento da pasta. Vale salientar que o cimento enriquecido com Pozolana garante maior impermeabilidade à massa, desse modo sendo bastante empregado em obras de grande porte e maior agressividade.
<b>CP V-ARI-Cimento Portland de Alta Resistencia Inicial</b>	O CP V-ARI é usado em obras que necessitam de desforma rápida do concreto. Este cimento é caracterizado por adquire elevadas resistências nas primeiras idades de cura. Isto é decorrente das proporções de silicato tricálcio (C <sub>3</sub> S), permitindo alto calor de hidratação ao composto.
<b>CP RS - Cimento Portland Resistente aos Sulfatos</b>	É empregado em redes de esgotos domésticos e industriais, água do mar, em ambientes que o agente agressivo pode estar presente.
<b>CPB - Cimento Portland Branco (Estrutural e não estrutural)</b>	O CP B estrutural é usado para fins arquitetônicos em concretos brancos, enquanto o não estrutural é utilizado em fins não estruturais como, por exemplo, rejuntamento de pisos e azulejos.

Fonte: Adptado de Ambrozewicz (2012)

#### 2.1.1.4 Aditivos

Aditivos são produtos químicos adicionados ao traço de argamassas e concretos em pequenas proporções, objetivando melhorar as propriedades físico-químicas deste (NBR 13529, 1995). A Tabela 4 apresenta os principais tipos de aditivos empregados na matriz cimentícia.

**Tabela 4-** Principais tipos de aditivos

<b>TIPOS</b>	<b>FUNÇÃO</b>
<b>Redutores de água (plastificante)</b>	São utilizados para melhorar a trabalhabilidade da argamassa sem alterar a quantidade de água.
<b>Retentores de água</b>	Reduzem a evaporação e a exsudação de água da argamassa fresca e conferem capacidade de retenção de água frente à sucção por bases absorventes.
<b>Incorporador de ar</b>	Formam microbolhas de ar, estáveis, homoganeamente distribuídas na argamassa, aumentando a trabalhabilidade e atuando a favor da permeabilidade.
<b>Retardadores de pega</b>	Retardam a hidratação do cimento, proporcionando um tempo maior de utilização.
<b>Aumentadores da aderência</b>	Proporcionam a aderência química ao substrato.
<b>Hidrofugantes</b>	Reduzem a absorção de água da argamassa, mas não a tornam impermeável e permitem a passagem de vapor d'água.

**Fonte:** Adaptado do Manual do revestimento - ABCP (2002)

## 2.2 BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é caracterizada como cultura semiperene com metabolismo fotossintético C4, pertencente à família das plantas *poaceae*, sendo esta considerada como planta ornamental e silvestre (ELIA, 2016). Este produto agrícola é originado do sudeste da Ásia, trazido para o Brasil em meados do século 16 por Martin Afonso de Sousa, tendo como a principal região de produção a Zona da Mata Nordestina, passando a ter considerável importância para o País (MAPA, 2007).

Nos anos 2000 o Brasil apresentou uma produção de cana-de-açúcar maior que 457 milhões de toneladas, com uma área cultivada superior a 6,0 milhões de hectares, tendo quase 25% da produção mundial, tornando-se assim o maior produtor desse material (PEDRESCHI, 2009).

A cana-de-açúcar tem como principais subprodutos o açúcar, aguardente e etanol, o que ocasiona a geração acrescida de seu bagaço, provocando assim impactos ambientais. Contudo, o resíduo deste tem sido empregado na geração de energia e em reforço para compósitos (MULINARI, 2009).

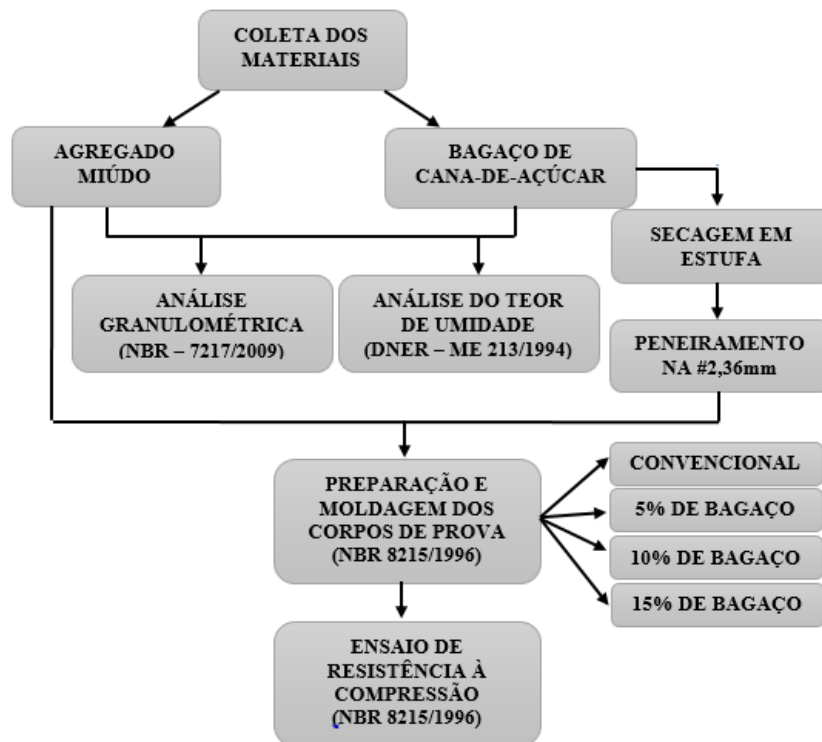
O bagaço em comparação com os demais resíduos da indústria agrícola é o material fibroso com maiores possibilidades industriais, devido a facilidade de aquisição disponível em grandes quantidades (SARMIENTO, 1996). O bagaço é uma biomassa vegetal lignocelulósico fibroso do colmo da cana-de-açúcar, obtido depois da moagem; constituído por um grupo de partículas de tamanhos variando entre 1 e 25 mm, sendo estes dependentes dos moinhos e da variedade da cana (GEPLACEA apud SARMIENTO, 1996).

Segundo Sarmiento (1996), o bagaço é composto fisicamente por fibras (43 a 52%), água (46 a 52%) e quantidades pequenas de sólidos solúveis e não solúveis (2 a 6%); podendo variar com o tempo de maturação, método de colheita, qualidade da cana, entre outros. Segundo Pedreschi (2009), quimicamente, o bagaço de cana-de-açúcar é constituído de celulose (26,6 a 54,3%), hemicelulose (14,3 a 24,4%) e lignina (22,7 a 29,7%). Contudo, pode variar em função do tipo da cana, solo e os métodos de colheita (PEDRESCHI, 2009).

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

Os experimentos realizados neste trabalho foram desenvolvidos nos laboratórios de materiais e geotecnia da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, Campus VIII, situado na cidade de Araruna – PB e no laboratório de materiais de construção do Instituto Federal da Paraíba – IFPB, localizado no município de Patos – PB. A Figura 1 apresenta todas as etapas desenvolvidas para realização deste trabalho.

**Figura 1-** Fluxograma de todas as etapas do trabalho



### 3.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados na pesquisa foram os seguintes:

- Bagaço da cana-de-açúcar obtido no mercado público da cidade de Patos–PB;
- A areia foi obtida em uma loja de material de construção, situada na cidade de Araruna-PB;
- Balança analítica de precisão 0,01g;
- Conjunto de cadinhos;
- Estufa elétrica da marca SOLOTEST;
- Conjunto de peneiras ABNT das séries intermediária e normal, tampa e fundo;
- Escova e pincel;
- Agitador mecânico de peneiras da marca SOLOTEST (ANEXO A);
- Moldes cilíndricos na dimensão 5x10cm (ANEXO A);
- O cimento utilizado para a análise foi do tipo Portland CP IV– 32 MPa, adquirido em uma loja de materiais de construção situada no município de Patos – PB;
- Misturador mecânico da marca SOLOTEST (ANEXO A);
- Prensa CBR/ ISC Elétrica para o ensaio de resistência à compressão simples (ANEXO A).



## 3.2 MÉTODOS

### 3.2.1 Tratamento e preparação do bagaço de cana-de-açúcar

O bagaço de cana-de-açúcar após ser processado na moenda para extração do caldo, resultou em um material que foi coletado e triturado na forrageira, visando a redução da granulometria das partículas. Posteriormente, realizou-se o tratamento o bagaço, que foi submerso em água, onde esta foi trocada a cada 24 horas até completar o período de 5 dias, método executado conforme o estudo realizado por Battistelle Et al. (2008). Esse procedimento visa remover às impurezas e açúcares que possam comprometer as características da argamassa. O resíduo obtido ao final desse processo foi empregado nos ensaios de teor de umidade e análise granulométrica. A Figura 2 apresenta o bagaço antes do tratamento (a) e após o tratamento (b), observando assim uma mudança na coloração, devido ao procedimento de submersão em água, ocorre a mudança da coloração do resíduo.

**Figura 2-** Bagaço de cana-de-açúcar. (a) antes do tratamento; (b) após o tratamento



Fonte: Autoria própria

Para o emprego do bagaço da cana-de-açúcar na formulação da argamassa, foi necessário a secagem deste em estufa por aproximadamente 48 horas a uma temperatura de 60 °C. Após a secagem, o mesmo foi peneirado na peneira de abertura 2,36mm, sendo assim utilizado apenas o material passante, optou-se por essa granulometria devido as frações correspondente ao agregado miúdo, conforme descrito na NBR 7215/1996. A Figura 3 apresenta o bagaço de cana-de-açúcar empregado na confecção dos corpos de prova de argamassa.

**Figura 3-** Bagaço de cana-de-açúcar passante na peneira de abertura 2,36 mm



**Fonte:** Autoria própria

### 3.2.2 Ensaios de caracterização

#### 3.2.2.1 Teor de umidade de agregado miúdo e bagaço de cana-de-açúcar

O teor de umidade da areia e do bagaço da cana-de-açúcar foram determinados pelo método da estufa, conforme descrito na DNER – ME 213/1994, no qual é possível quantificar a água presente nas amostras. Para a análise foram utilizadas três amostras de cada material. Inicialmente os cadinhos foram pesados e nomeados, e em seguida foram coletados aproximadamente 10,00g de areia e bagaço da cana-de-açúcar. A Tabela 5 apresenta os dados utilizados na determinação do teor de umidade.

**Tabela 5** – Massas mínimas das amostras de material úmido, em função do tamanho máximo das partículas

<b>Tamanho máximo das partículas mm (peneira)</b>	<b>Massa mínima da amostra úmida (g)</b>
<b>0,42 (n° 40)</b>	10
<b>4,8 (n° 4)</b>	100
<b>12,5</b>	300
<b>225</b>	500
<b>50</b>	1000

**Fonte:** DNER-ME 213 (1994)

Posteriormente, o conjunto de cadinho e amostra foram postos em estufa à 105 °C, por um período de 24 horas, sendo esses apresentados na Figura 4. Após retiradas da estufa, as

amostras foram postas em dessecador até que o conjunto atingisse a temperatura ambiente sem absorver novamente umidade, visto que os materiais em análise são higroscópicos.

**Figura 4-** Conjunto cadinho e amostra. (a) Agregado miúdo; (b) Bagaço de cana-de-açúcar



Fonte: Autoria própria

De posse dos valores obtidos com a pesagem foi calculado o teor de umidade da areia e do bagaço, com auxílio da expressão (1), conforme descrito na DNER – ME 213/1994.

$$h = \frac{m_i - m_f}{m_f} \times 100 \quad (1)$$

Onde,

$h$  = Teor de umidade, em %;

$m_i$  = massa inicial da amostra, em g;

$m_f$  = massa final da amostra, em g.

### 3.2.2.2 Análise granulométrica do agregado miúdo e bagaço de cana-de-açúcar

O ensaio foi realizado conforme descrito na NM 248/2003, onde foram determinadas as curvas granulométricas, diâmetros máximo e módulos de finura de ambas as amostras. Antecedendo o ensaio, foi adicionada uma amostra de agregado miúdo e bagaço de cana-de-açúcar em estufa a temperatura de 105°C por intervalo de aproximadamente 24 horas. Logo após, efetuou-se o quarteamento da amostra, conforme apresentada na Figura 5.

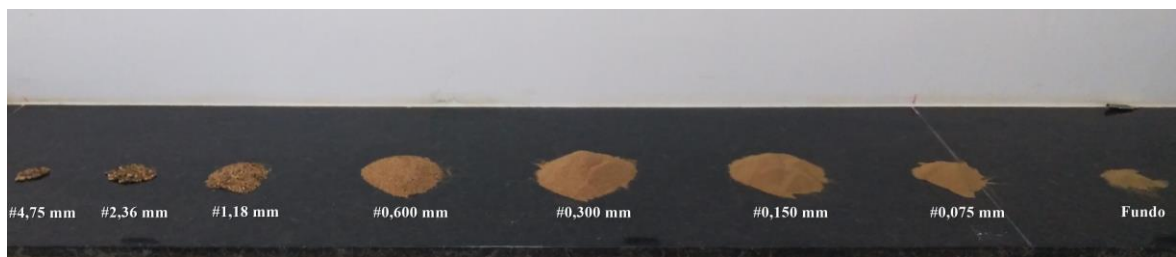
**Figura 5-** Procedimento de quarteamento do agregado miúdo.



Fonte: Autoria própria

Seguidamente, retirou-se aproximadamente 1000,00g de areia e 90,00 g de bagaço da cana-de-açúcar, a quantidade de amostra retirada para o bagaço foi devido ao material apresentar baixa densidade, desse modo ocupando um maior volume. As amostras selecionadas foram peneiradas nas séries de peneiras normal e intermediária, com auxílio do agitador de peneira mecânico da SOLOTEST. A Figura 6 mostra os materiais retidos das séries de peneiras.

**Figura 6-** Materiais retidos das séries de peneiras da amostra de agregado miúdo.



Fonte: Autoria própria

### 3.2.3 Preparação da argamassa e moldagens dos corpos de prova

A preparação da argamassa de cimento foi realizada conforme descrito na NBR 7215/1996. A análise foi executada em triplicada, sendo produzidos corpos de prova de argamassa em moldes cilíndricos com dimensões de 5 cm x 10 cm, sendo elaborada no traço de 1:3 e fator a/c de 0,48, de acordo com a Tabela 6.

**Tabela 6-** Quantidade de materiais para a argamassa convencional

<b>Material</b>	<b>Massa para mistura (g)</b>
<b>Cimento Portland</b>	624 ± 0,4
<b>Água</b>	300 ± 0,2
<b>Areia fração grossa (#2,4 mm e #1,2 mm)</b>	468 ± 0,3
<b>Areia fração média grossa (#1,2 mm e #0,6 mm)</b>	468 ± 0,3
<b>Areia fração média fina (#0,6 mm e #0,3 mm)</b>	468 ± 0,3
<b>Areia fração fina (#0,3 mm e # 0,15 mm)</b>	468 ± 0,3

Fonte: ABNT 7215 (1996)

As argamassas convencionais e com substituição parcial foram confeccionadas com auxílio do misturador mecânico. Inicialmente foram adicionados na cuba as massas de água e cimento, sendo estes misturados por 30s em velocidade baixa. Continuamente, foram colocadas as proporções de areia durante mesmo tempo e velocidade citados anteriormente. Em seguida, a velocidade foi acrescida, sendo a pasta misturado por um período de 30s, logo após o misturador foi desligado, em 15s foi removida a argamassa retida nas paredes da cuba e coberto com um pano úmido por 1min e 15s, totalizando 1 min e 30s. Passado esse intervalo, ligou-se o misturador em velocidade alta por 1min.

Posteriormente, de maneira análoga ao procedimento anterior foram preparadas as argamassas com substituição parcial do agregado miúdo por bagaço de cana-de-açúcar, conforme apresenta a Tabela 7.

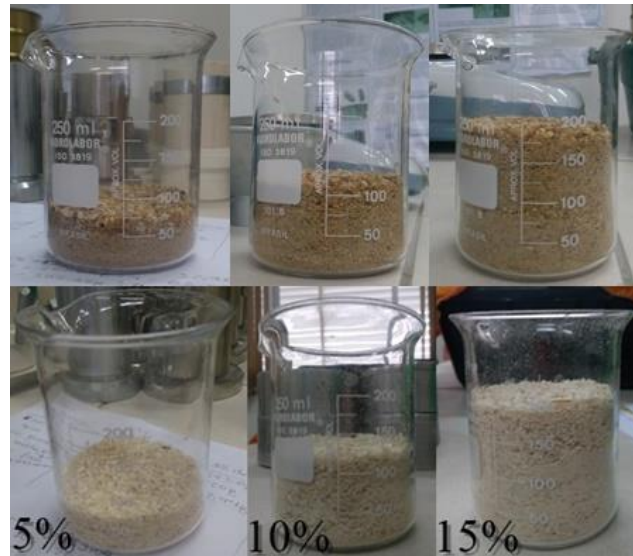
**Tabela 7-** Quantidade de materiais para confecção da argamassa com substituição parcial do agregado miúdo

<b>Material</b>	<b>Percentagem de substituição do bagaço da cana-de-açúcar</b>		
	<b>Para 5%</b>	<b>Para 10%</b>	<b>Para 15%</b>
<b>Cimento Portland (g)</b>	624 ± 0,4	624 ± 0,4	624 ± 0,4
<b>Água (g)</b>	300 ± 0,2	300 ± 0,2	300 ± 0,2
<b>Areia fração grossa (g)</b>	444,6 ± 0,3	412,2 ± 0,3	397,8 ± 0,3
<b>Areia fração média grossa (g)</b>	444,6 ± 0,3	421,2 ± 0,3	397,8 ± 0,3
<b>Areia fração média fina (g)</b>	444,6 ± 0,3	421,2 ± 0,3	397,8 ± 0,3
<b>Areia fração fina (g)</b>	444,6 ± 0,3	421,2 ± 0,3	397,8 ± 0,3

Fonte: Adaptado ABNT 7215 (1996)

A Figura 7 apresenta as percentagens do bagaço de cana-de-açúcar em substituição do agregado miúdo em ordem volumétrica, devido ao material apresentar baixa massa específica em comparação da areia.

**Figura 7-** Frações volumétricas de areia e bagaço de cana-de-açúcar

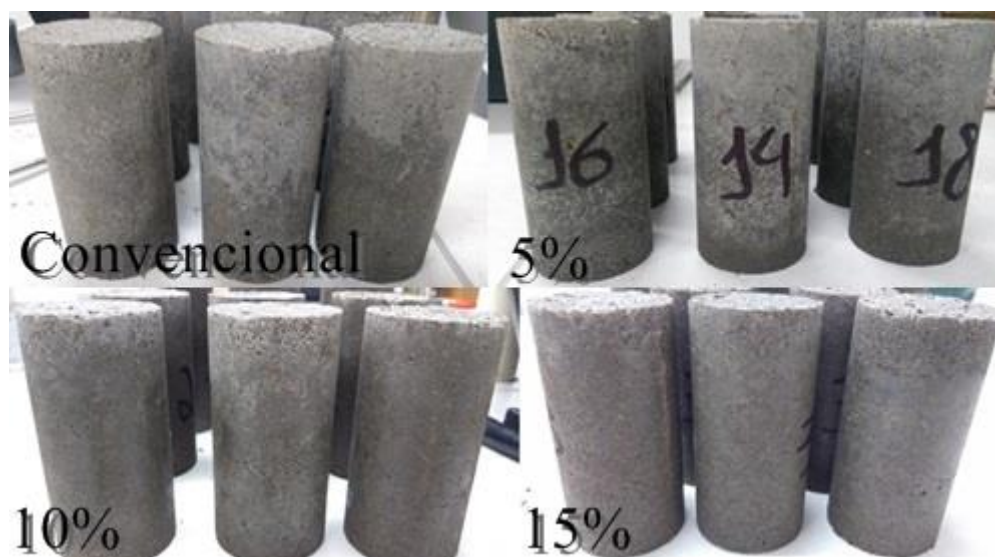


Fonte: Autoria própria

Subsequentemente, os moldes receberam finas camadas de óleo mineral, visando facilitar a desmoldagem dos corpos de prova das fôrmas. Posteriormente, foi realizado o preenchimento dos moldes, onde foram moldados com quatro camadas de alturas aproximadamente iguais, cujas camadas receberam 30 golpes uniformes com um soquete, sendo rasado ao final do procedimento, conforme descrito na NBR 7215 (1996).

Após 24 horas de moldagem os corpos de provas foram desmoldados. A Figura 8 apresenta os corpos de provas convencionais e com substituição parcial de agregado miúdo por bagaço da cana-de-açúcar, respectivamente.

**Figura 8-** Corpos de prova de argamassa após a desmolda



Fonte: Autoria própria

Seguidamente, os corpos de prova foram postos em cura câmara úmida, conforme apresenta a Figura 9. Optou-se por esse procedimento devido à análise realizada anteriormente com cura submersa em água saturada com cal, apresentar alta absorção de água ocasionada pelo bagaço da cana-de-açúcar. Sendo retirados após completarem as idades de 7, 14 e 28 dias de cura.

**Figura 9-** Cura úmida adaptada dos corpos de prova



**Fonte:** Autoria própria

### 3.2.4 Ensaio de resistência à compressão

A determinação da resistência à compressão dos corpos de prova de argamassas foi executada de acordo com os critérios da NBR 7215/1996, onde foram rompidos nas idades de 7, 14 e 28 dias cura. Primeiramente, cada corpo de prova foi submetido a uma carga compressiva uniaxial até o rompimento na prensa CBR/ISC Elétrica (SOLOTEST), sendo averiguado o número de voltas do relógio da prensa elétrica. A partir disso, foi calculada a força aplicada com auxílio da equação (2), disponibilizada pelo fabricante da máquina.

$$F = X \cdot 0,001 \cdot 1910,65(kgf) \cdot 9,81(N) \quad (2)$$

Onde,

X = N° de voltas do relógio.

A resistência à compressão foi calculada com o auxílio da equação 3.

$$R = \frac{F(N)}{A(m^2)} \quad (3)$$

Onde,

F = Força aplicada

A= área do corpo de prova

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 8 apresenta os teores de umidade das amostras de agregado miúdo e bagaço de cana-de-açúcar.

**Tabela 8-** Resultados do teor de umidade das amostras de agregado miúdo e bagaço da cana-de-açúcar

<b>Material</b>	<b>Teor de umidade (%)</b>
<b>Agregado miúdo</b>	2,586 ± 1,252
<b>Bagaço de cana-de-açúcar</b>	22,111 ± 5,196

**Fonte:** Dados da pesquisa (2017)

De acordo com a Tabela 8, observa-se um teor de umidade de  $2,586 \pm 1,25$  % para o agregado miúdo e de  $22,11 \pm 5,19$  % para o bagaço de cana-de-açúcar. Nota-se uma ampla diferença de percentual de umidade, devido às características físicas e químicas dos materiais individuais. Os estudos de Valenciano (2004) mostraram que a média do teor de umidade encontrado para a fibra de cana foi de igual a  $16,32 \pm 4,77$  %, valor aproximado ao obtido nesse trabalho.

A partir dos ensaios de análise granulométrica para o agregado miúdo e bagaço de cana-de-açúcar, regido pela NM 248/2003, foram calculados diâmetro máximo, módulo de finura e plotado a curva granulométrica para cada um dos materiais em estudo. A Tabela 9 apresentam os dados das análises granulométricas de cada material em estudo.



**Tabela 9-** Dados do ensaio de análise granulométrica do agregado miúdo

<b>Peneira (mm)</b>	<b>Massa Retida (g)</b>	<b>Massa retida Acumulada (g)</b>	<b>Massa Retida (%)</b>	<b>Massa Retida Acumulada (%)</b>	<b>Percentagem que passa da amostra total (%)</b>
<b>6,3</b>	0	0	0,00	0,00	100,00
<b>4,75</b>	6,42	6,42	0,64	0,64	99,36
<b>2,36</b>	23,28	29,7	2,33	2,97	97,03
<b>1,18</b>	63,4	93,1	6,35	9,32	90,68
<b>0,6</b>	184,93	278,03	18,52	27,85	72,15
<b>0,3</b>	351,37	629,4	35,19	63,04	36,96
<b>0,15</b>	263,18	892,58	26,36	89,40	10,60
<b>0,075</b>	86,96	979,54	8,71	98,11	1,89
<b>Fundo</b>	18,9	998,44	1,89	100,00	-
<b>Total</b>	998,44	-	100,00	-	-

**Fonte:** Dados da pesquisa (2017)

A princípio foi determinada a dimensão máxima característica, que consiste na malha de peneira na qual tem o percentual de massa retida acumulada igual ou inferior a 5%. Deste modo, de acordo com a Tabela 9, o agregado miúdo apresenta um diâmetro máximo igual a 4,75 mm.

A Tabela 10 apresenta os dados da análise granulométrica do bagaço de cana-de-açúcar.

**Tabela 10-** Dados do ensaio de análise granulométrica do bagaço de cana-de-açúcar

<b>Peneira (mm)</b>	<b>Massa Retida (g)</b>	<b>Massa retida Acumulada (g)</b>	<b>Massa Retida (%)</b>	<b>Massa Retida Acumulada (%)</b>	<b>Percentagem que passa da amostra total (%)</b>
<b>6,3</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	100,000
<b>4,75</b>	0,854	0,854	0,986	0,986	99,014
<b>2,36</b>	34,316	35,170	39,619	40,605	59,395
<b>1,18</b>	33,427	68,597	38,593	79,198	20,802
<b>0,6</b>	9,746	78,343	11,252	90,450	9,550
<b>0,3</b>	4,715	83,058	5,444	95,894	4,106
<b>0,15</b>	2,831	85,890	3,269	99,163	0,837
<b>0,075</b>	0,527	86,416	0,608	99,770	0,230
<b>Fundo</b>	0,199	86,615	0,230	100,000	-
<b>Total</b>	86,615	-	100,000	-	-

**Fonte:** Dados da pesquisa (2017)

De maneira análoga a anterior, foi determinado o diâmetro máximo do bagaço de cana-de-açúcar igual a 4,75mm, conforme os dados observados na Tabela 10. A Tabela 11 apresenta a classificação do agregado em conformidade com o módulo de finura.

**Tabela 11-** Classificação do agregado miúdo de acordo com o módulo de finura

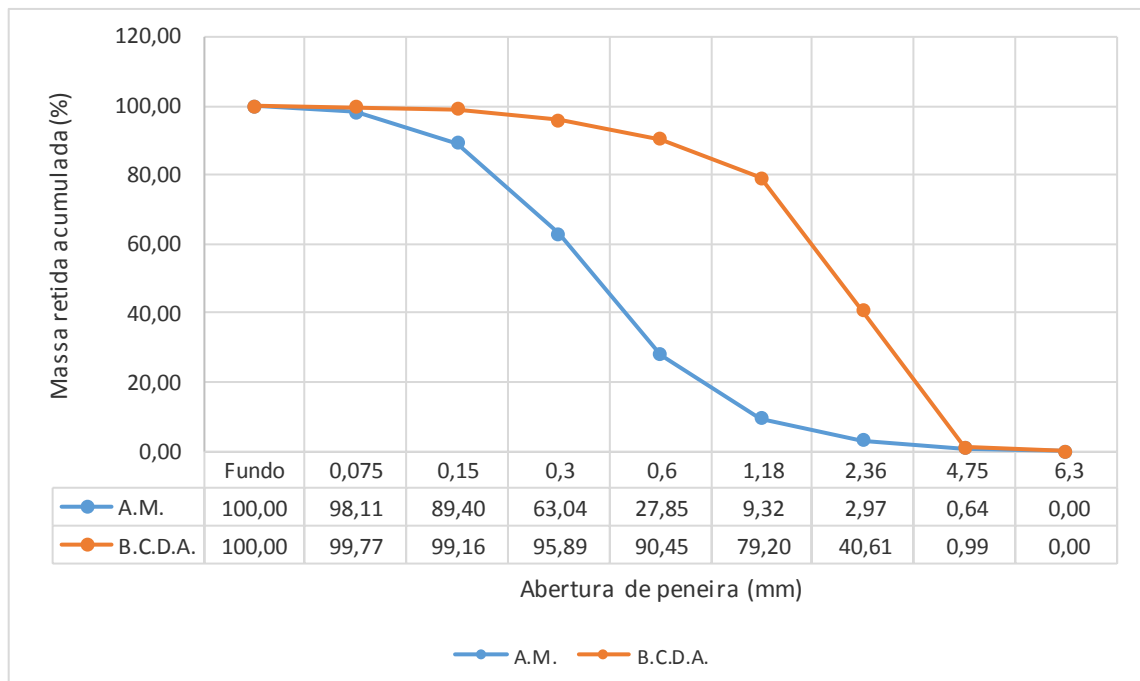
<b>Tipo</b>	<b>Módulo de finura (MF)</b>
<b>Grossa</b>	MF > 3,90
<b>Média</b>	3,90 > MF > 2,40
<b>Fina</b>	MF < 2,40

**Fonte:** Adaptado de Ambrozewicz (2012)

Posteriormente, determinou-se o módulo de finura para ambos agregados, o qual é definido pelo somatório das percentagens da massa retida acumulada dividido por 100. Dessa forma, o módulo de finura para o agregado miúdo é igual a 2,91 e, conforme a Tabela 11, o material é caracterizado como areia média, sendo esse tipo mais indicado para ser empregado em emboço. Entretanto, o bagaço de cana-de-açúcar tem módulo de finura de 5,06, classificando-se como agregado grosso.

A Figura 10 apresenta as curvas granulométricas do agregado miúdo e do bagaço de cana-de-açúcar.

**Figura 10-** Curvas Granulométricas do agregado miúdo (A.M.) e bagaço de cana-de-açúcar (B.C.D.A.)



**Fonte:** Dados da pesquisa (2017)

De acordo com os gráficos apresentados na Figura 10, a curva granulométrica da areia apresenta uma curva contínua, enquanto o bagaço de cana-de-açúcar mostra uma curva menos favorável quando comparada com o agregado miúdo, caracterizando-se como não muito contínua, ocasionando o aumento da relação a/c, trabalhabilidade e diminuição da resistência mecânica.

A Tabela 12, apresenta os valores de massa específica dos corpos de prova com adição de bagaço de cana-de-açúcar.

**Tabela 12-** Valores da massa específica dos corpos de prova

<b>Corpos de prova</b>	<b>Cura (dias)</b>	<b>Massa específica (kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>Convencional</b>	7	2104,33 ± 24,89
	14	2103,29 ± 59,58
	28	2164,20 ± 14,58
<b>5%</b>	7	2137,95 ± 38,53
	14	2092,15 ± 5,75
	28	2117,88 ± 21,94
<b>10%</b>	7	2043,01 ± 15,55
	14	2057,10 ± 14,36
	28	2071,93 ± 14,21
<b>15%</b>	7	2050,06 ± 17,92
	14	2027,64 ± 10,83
	28	2037,01 ± 16,37

**Fonte:** Dados da pesquisa (2018)

De acordo com a Tabela 12, o corpo de prova com incorporação de 15% de bagaço com 28 dias apresentou  $2037,01 \pm 16,37 \text{ Kg/m}^3$  e os corpos de prova convencional com idade de cura de 28 dias apresentou um resultado igual a  $2164,20 \pm 14,58 \text{ Kg/m}^3$ . Portanto, nota-se à influência significativa na massa específica dos compósitos com fibras na matriz cimentícia, ocasionando a diminuição da massa específica do corpo de prova de acordo com o aumento da percentagem de bagaço de cana-de-açúcar. Segundo Corradini (2014), a redução da massa específica do compósito com emprego de fibras é justificada devido ao aumento de espaços vazios.

A Tabela 13 apresenta os resultados de resistência a compressão dos corpos de prova com e sem adição de bagaço de cana-de-açúcar.

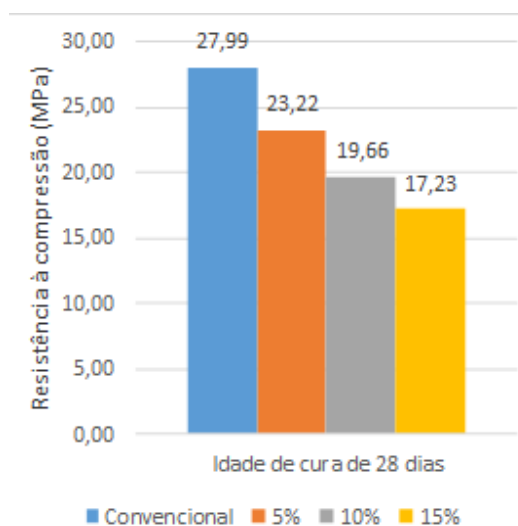
**Tabela 13-** Valores do ensaio de resistência à compressão

Corpos de prova	Cura	Resistência à compressão (MPa)
Convencional	7	15,97 ± 1,97
	14	20,54 ± 1,03
	28	27,99 ± 3,61
5%	7	13,70 ± 2,28
	14	18,77 ± 4,51
	28	23,22 ± 3,07
10%	7	12,20 ± 2,15
	14	16,03 ± 1,50
	28	19,66 ± 1,08
15%	7	12,07 ± 0,60
	14	13,39 ± 0,58
	28	17,23 ± 0,61

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

De acordo com a Tabela 13, o compósito que apresentou o maior valor de resistência à compressão foi o compósito com percentual de 5% de bagaço de cana-de-açúcar com cura de 28 dias, apresentando 17,04% de redução da resistência à compressão quando comparado com o convencional. Enquanto, o corpo de prova com a incorporação de 15% aos 28 dias de cura quando comparado ao sem adição para mesma idade do citado anteriormente, mostrou uma relação de 38,47% de redução da resistência à compressão.

O Gráfico 1 apresenta os resultados das médias da resistência à compressão dos corpos de provas de argamassa para a idade de cura de 28 dias.

**Gráfico 1-** Resultados das médias da resistência à compressão dos corpos de prova com idade de 28 dias.

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Nota-se a diminuição da resistência do material de acordo com o aumento da percentagem do bagaço, conforme mostra o Gráfico 1, fato similar ao encontrado por Corradinni (2014) ao adicionar fibras de cana-de-açúcar à matriz cimentícia; A perda de resistência à compressão é devido à falta de ancoragem entre a fibra e a matriz cimentícia, resultante da apresentação de uma superfície lisa na fibra.

Teixeira (2010) afirma que a falta de ancoragem entre fibra/matriz, provoca maiores poros e absorção de água, sendo observada a existência de muitos poros vazios ao longo da face dos corpos de provas desse trabalho, conforme apresentado na Figura 11.

**Figura 11-** Corpo de prova com incorporação de 15% de bagaço de cana-de-açúcar



Fonte: Autoria própria

## 5. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos no trabalho observa-se que o mesmo pode ser utilizado em substituição parcial do agregado miúdo em formulação de argamassa, visto que os resultados obtidos mostram viável e possível o emprego do bagaço da cana-de-açúcar, contribuindo assim para a redução dos impactos gerados ao meio ambiente, além de reduzir a exploração dos recursos naturais e promover a reciclagem de resíduos agroindustriais.

A incorporação de fibras reduziu significativamente a massa específica do compósito a um decréscimo na ordem de 5,88%, quando comparado aos corpos de prova convencional e com 15% de bagaço com idade de cura de 28 dias, apresentando  $2164,20 \pm 14,58 \text{ kg/m}^3$  e  $2037,01 \pm 16,37 \text{ kg/m}^3$ , respectivamente. Deste modo, garantindo assim uma diminuição do peso da estrutura sobre as fundações, além de produzir um material mais econômico e leve.

Entretanto, para a resistência à compressão o compósito que apresentou o maior valor de resistência à compressão, quando comparado com o convencional, foi o de teor equivalente a 5% de bagaço com 28 dias. Mostrou uma redução de 17,04%, enquanto o com a incorporação de 15% com 28 dias de cura apresentou uma relação de 38,47%. Vale ressaltar que a resistência da argamassa reduziu de acordo com o aumento das percentagens de bagaço de cana-de-açúcar, ocasionado pela má ancoragem da matriz cimentícia na superfície das fibras. Recomenda-se avaliar em futuros estudos o emprego do mesmo compósito, efetuando o tratamento químico do material de substituição a partir de resinas, possibilitando a boa ancoragem entre fibra/matriz.

Contudo, o compósito confeccionado com a incorporação de 5% de bagaço de cana-de-açúcar mostrou resultados mais favoráveis quando comparado com a argamassa convencional tanto para massa específica quanto para resistência, apresentando aos 28 dias de cura  $2117,88 \pm 21,94 \text{ kg/m}^3$  e  $23,22 \pm 3,07 \text{ Mpa}$ , respectivamente. Podendo ser empregado na regularização de piso, argamassa de assentamento, revestimento, entre outros.

## ABSTRACT

Mortars are materials with adhesion and hardening properties, obtained from the mixture of binder, small aggregate, water, and may contain additives and additives in their constitution. Sugarcane bagasse is an agroindustrial residue that can be used in the manufacture of composites. In this way, its use has been studied for the production of sustainable materials, because it is an abundant element, of low acquisition and renewable cost. The objective of this work was to analyze the physical-mechanical properties of mortar with partial replacement of the small aggregate by sugar cane bagasse. Initially, the tests of grain size analysis and moisture content of the sugarcane bagasse and sand were carried out, in accordance with DNER-ME 213/1994 and NBR 7217/2009, respectively. Standard specimens were molded in the 1: 3 trace according to NBR 7215/1996. Afterwards, samples containing sugarcane bagasse were molded at 5, 10 and 15% in relation to the small aggregate, in volumetric fractions. For compressive strength analysis the specimens were ruptured at curing ages of 7, 14 and 28 days. The composites with 5% and 15% of fiber incorporation at 28 days of curing presented values of compressive strength equal to  $23,22 \pm 3,07 \text{ Mpa}$  and  $17,23 \pm 0,61 \text{ Mpa}$ , respectively, being able to be used in the services of regularization of floor, mortar of settlement, coating, among others. In this way, making it feasible and possible to use sugarcane bagasse as an aggregate in mortars.

**Keywords:** Composites. Fibras vegetais. Sustainability. Mortar

## REFERÊNCIAS

AMARAL, Fernando Cezar Saraiva do. **Diferença do teor de fibra da Cana-de-açúcar para fins energéticos motivada pelo bioma** / Fernando Cezar Saraiva do Amaral e Silvio Roberto Lucena Tavares. — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 25 p. - (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627; 159)

AMBROZEWICZ, P.H.L. **Materiais de construção: normas, especificações, aplicação e ensaios de laboratório**. 1ed. 2012.

ARMANGE, Luciana Cristina. Utilização de Areia de Fundação Residual para Uso em Argamassa. Luciana Cristina Armange - Joinville, CCT/UEDESC, 2005.

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland. **Guia básico de utilização do cimento portland**. 7ed. São Paulo, 2002. 28p. (BT-106).

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland. **Manual de Revestimentos de Argamassa**. 1ed. São Paulo, 2002.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1998.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro, 1996.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7215: Agregados para concreto - Especificação** Rio de Janeiro, 1996.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13529: Revestimento de parede e tetos de argamassas inorgânicas**. Rio de Janeiro, 1995.

BATTISTELLE, Rosane Aparecida Gomes; MARCILIO, Carolina; LAHR, Francisco Antonio Rocco. **Emprego do Bagaço da Bana-deaçúcar (Saccharum officinarum) e das folhas caulinares do bambu da espécie Dendrocalamus giganteus na produção de chapas de partículas**. Minerva: Pesquisa & Tecnologia, São Carlos, Sp, v. 5, n. 3, p.297-305, out.

2008. Disponível em: <[http://www.fipai.org.br/Minerva 05\(03\) 09.pdf](http://www.fipai.org.br/Minerva_05(03)_09.pdf)>. Acesso em: 14 nov. 2017.

BAUER, L. A. FALCÃO. **Materiais de construção**. 5.ed. ver, Vol. 1. Minas Gerais: LCT – Livros técnicos e Científicos Editora S.A, 2000.

CARASEK, H. **Argamassas, Materiais de construção civil e princípio de ciência e engenharia de materiais**, Editor Geraldo C. Isaia, v.2, São Paulo, Brasil, 2007, pp. 863 -904.

CORRADINI, Rodrigo Mário. **A adição de fibras de cana-de-açúcar tratadas com resina fenólica em matriz cimentícia**. Universidade Federal de São João del-Rei. Departamento de Engenharia Mecânica. – São João del-Rei 2014 - Dissertação (mestrado).

DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER – ME 213/94: Solos – Determinação do teor de umidade**. Rio de Janeiro, 1994.

ELIA, Pedro. **Estabelecimento e desenvolvimento de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar sob diferentes lâminas de irrigação** / Pedro Elia. - - Piracicaba, 2016.

IBRACON - Instituto Brasileiro do Concreto. **CONCRETO: Ensino, Pesquisa e Realizações**. Vol.1.São Paulo, 2008.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Balanço nacional de cana -de-açúcar e agroenergia / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Secretaria de Produção e Agroenergia – Brasília, MAPA /SPAEE, 2007.

MOTTA, Leila Aparecida de Castra. **Caracterização de fibras curtas empregadas na construção Civil** / Leila Aparecida de Castro Motta, Vahan Agopyan. -- São Paulo: EPUSP, 2007.

MULINARI, Daniela Regina. **Comportamento térmico mecânico e morfológico dos compósitos de polietileno de alta densidade reforçados com fibras de celulose do bagaço de cana de açúcar** / Daniela Regina Mulinari. – Guaratinguetá: [s.n.], 2009.

PEDRESCHI, Ricardo. **Aproveitamento do bagaço de cana da indústria sucroalcooleira na produção de painéis aglomerados** / Ricardo Pedreschi. – Lavras: UFLA, 2009.

PINHEIRO, Manuel Filipe de Carvalho Alves. **COMPÓSITOS AVANÇADOS REFORÇADOS COM FIBRAS NATURAIS PARA CONSTRUÇÃO**. 2008. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2008.



RIBEIRO, C. C.; PINTO, J.D. DA S.; STARLING, T. **Materiais de Construção Civil**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2002.

SARMIENTO, Cecilia Ramirez. **Argamassa de cimento reforçada com fibras de bagaço de cana-de-açúcar e sua utilização como material de construção I** Cecilia Ramirez Sarmiento. -Campinas, SP: [s.n.], 1996.

SILVA, E. S, BORGES, J.C.S, OLIVEIRA NETO, M.L. **Efeito da adição de bagaço de cana de açúcar sobre as propriedades térmicas de pu de mamona**. Anais – CONNEPI, 2010.

SILVA, Gustavo Alexandre. **Diagnóstico do setor de agregados para a construção civil na região metropolitana de Natal - RN** / Gustavo Alexandre Silva. - Recife: O Autor, 2012.

SILVA, V. L. M. M., GOMES, W. C., ALSINA, O. L. S. **Utilização do bagaço de cana-de-açúcar como biomassa adsorvente na adsorção de poluentes orgânicos**. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.2, p.27-32, 2007.

TEIXEIRA, Ronaldo Soares. **Utilização de resíduos sucro-alcooleiros na fabricação de fibrocimento pelo processo de extrusão**. / Ronaldo Soares Teixeira; orientador Francisco Antonio Rocco Lahr.-- edição revisada -- São Carlos, 2010.

VALENCIANO, Martha del Carmen Mesa. **Durabilidade de compósitos cimentícios com materiais lignocelulósicos** / Martha del Carmen Mesa Valenciano. Campinas, SP: [s.n.], 2004.

**ANEXO A – EQUIPAMENTOS EMPREGADOS NA EXECUÇÃO DOS ENSAIOS**  
**(Autoria própria)**

**Figura 12-** Séries de peneiras e agitador mecânico



**Figura 13-** Moldes cilíndricos com dimensões de 5x10cm



**Figura 14-** Misturador Mecânico



**Figura 15-** Prensa CBR/ISC Elétrica (SOLOTEST)

