



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E**  
**ENGENHARIA DOS MATERIAIS**

**DESEMPENHO DE ARGAMASSAS À BASE DE CIMENTO COM REFORÇO DE**  
**FIBRA DE COCO BABAÇU**

**João Batista de Oliveira Libório Dourado**  
**Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Valdeci Bosco dos Santos**  
**Coorientador: Prof. Dr. Marcelo Barbosa Furtini**

**Teresina - Piauí**  
**2019**

**JOÃO BATISTA DE OLIVEIRA LIBÓRIO DOURADO**

**DESEMPENHO DE ARGAMASSAS À BASE DE CIMENTO COM REFORÇO DE  
FIBRA DE COCO BABAÇU**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais da Universidade Federal do Piauí – UFPI, como requisito complementar à obtenção do título de Mestre em Ciência e Engenharia dos Materiais.

**ORIENTADORA: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Valdeci Bosco dos Santos**

**COORIENTADOR: Prof. Dr. Marcelo Barbosa Furtini**

**Teresina-Piauí**

**2019**

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco  
Serviço de Processamento Técnico

D739d Dourado, João Batista de Oliveira Libório.  
Desempenho de argamassas à base de cimento com reforço  
de fibra de coco babaçu / João Batista de Oliveira Libório  
Dourado. – 2019.  
112 f.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia dos  
Materiais) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2019.  
“Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Valdeci Bosco dos Santos”.  
“Coorientador: Prof. Dr. Marcelo Barbosa Furtini”.

1. Argamassa. 2. Babaçu. 3. Fibras naturais. 4. Propriedades  
físicas e mecânicas. I. Título.

CDD 620.112

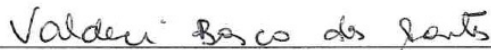
**JOÃO BATISTA DE OLIVEIRA LIBÓRIO DOURADO**

**“DESEMPENHO DE ARGAMASSAS À BASE DE CIMENTO COM REFORÇO DE FIBRA DE COCO BABAÇU”**

Dissertação submetida à coordenação do curso de Pós-graduação em Ciência dos Materiais da Universidade Federal do Piauí, como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Ciência dos Materiais.

Aprovada em: 10/12/2019

**Banca Examinadora:**



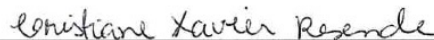
\_\_\_\_\_  
**Profa. Dra. Valdeci Bosco dos Santos - UFPI**  
**(Orientadora - Presidente)**



\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Marcelo Barbosa Furtini - UFPI**  
**(Coorientador)**



\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. José Milton Elias de Matos - UFPI**  
**(Examinador Interno)**



\_\_\_\_\_  
**Profa. Dra. Cristiane Xavier Resende - UFS**  
**(Examinadora Externa)**

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais, irmãos e noiva que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até a essa etapa.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Libório e Regina, pelo amor, educação e incentivo. À minha noiva, Bruna, pelo amor, compreensão, paciência e companheirismo. Aos meus irmãos, Jônatas e Giovanna, pela torcida, apoio, amizade e ensinamentos.

À professora Valdeci, pela orientação, paciência, confiança, dedicação e amizade durante toda essa caminhada

Ao meu eterno patrão e orientador, professor Marcelo, pela orientação, ensinamentos e amizade.

Aos professores Bartolomeu, Edson e Nícia, pelo bom trabalho executado e incentivo à pesquisa.

Ao Manhattan e à Nação, por me salvarem nos momentos de stress.

Aos meus amigos de mestrado, pela motivação de continuar lutando.

Aos meus companheiros de Pesquisa, Wilson e Maria, pelo suporte, auxílio e ensinamentos.

Aos meus companheiros de trabalho Kelson, Kleber, Felipe, Miquéias, Edgar e Jean, por me ajudarem durante todo esse tempo.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desse trabalho, muito obrigado!

## RESUMO

Mundialmente, é preocupante o aumento do consumo de matérias primas não-renováveis e de geração de resíduos industriais. A construção civil desempenha um papel essencial no desenvolvimento econômico do Brasil, e pesquisas científicas nesta área têm procurado contribuir através principalmente da diminuição da utilização de matéria-prima não renovável e, simultaneamente, o reaproveitamento de resíduos, transformando-os em subprodutos. Neste contexto, uma alternativa de fibra natural presente no Brasil e muito abundante no Estado do Piauí são as fibras de coco babaçu, ainda pouco exploradas na indústria de construção civil. O presente trabalho visou desenvolver uma argamassa reforçada com fibra de coco babaçu, com potencial uso na área de construção civil. Para isto, foi realizada a caracterização química e física das fibras de epicarpo de coco babaçu tratadas quimicamente (NaOH), assim como a produção e caracterização (física e mecânica) das argamassas reforçadas com três teores (0,6%, 1,0% e 1,4%) de fibras de coco babaçu. A título de comparação, argamassas convencionais também foram preparadas e caracterizadas. Os resultados obtidos para essas fibras, demonstraram que o tratamento alcalino aplicado foi eficaz para a interação das mesmas com a argamassa em estudo. Após a incorporação dos três teores das fibras de coco babaçu às argamassas, notou-se: uniformidade na consistência das massas, baixas taxas de percentagem de teor de umidade, absorção de água e de vazios e excelente adesão interfacial entre fibra e argamassa. As adições das fibras também contribuíram diretamente para o aumento da resistência à compressão e à tração da argamassa, sendo mais satisfatórios os resultados quando houve a adição de 0,6 e 1% de fibras. Assim sendo, conclui-se que a adição de fibra de coco babaçu é um aditivo em potencial para a melhoria das propriedades físicas e mecânicas de argamassa.

**Palavras-Chaves:** Argamassa; Fibras naturais; Babaçu; Propriedades físicas e mecânicas.

## ABSTRACT

Worldwide, the increasing consumption of non-renewable raw materials and industrial waste generation is of concern. Civil construction industry plays an essential role in Brazil's economic development, and scientific research in this area has sought to contribute mainly through the reduction of the use of non-renewable raw material and, at the same time, the reuse of waste, turning it into by-products. In this context, babassu coconut fibers are an alternative of natural fibers present in Brazil and very abundant in the State of Piauí, but still little explored in the construction industry. The present work aimed to develop a babassu coconut fiber-reinforced mortar, with potential use in the civil construction area. For this, the chemical and physical characterization of the chemically treated babassu coconut epicarp (NaOH) fibers was performed, as well as the production and characterization (physical and mechanical) of the reinforced mortars with three different contents (0.6%, 1.0% and 1.4%) of babassu coconut fibers. By way of comparison, conventional mortars were also prepared and characterized. The results obtained for the fibers demonstrated that the applied alkaline treatment was effective for the interaction between the fibers and the mortar. After incorporating the three contents of babassu coconut fibers into the mortars, it was observed: uniformity in the consistency of the masses, low rates of moisture content, water and voids absorption and excellent interfacial adhesion between fiber and mortar. The fiber additions also directly contributed to the increase of the compressive and tensile strength of the mortar, and the most satisfactory results were noted for the addition of 0.6 and 1% of fibers. Therefore, it is concluded that the addition of babassu coconut fiber is a potential additive for improving the physical and mechanical properties of mortar.

**Keywords:** Mortar; Natural fibers; Babassu; Physical and mechanical properties.



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
2 OBJETIVOS.....	18
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
REFERÊNCIAS .....	19
<b>2 CAPÍTULO 1: ARGAMASSAS CIMENTÍCIAS COM REFORÇO DE FIBRA NATURAL - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>22</b>
RESUMO.....	24
ABSTRACT .....	25
1 INTRODUÇÃO.....	26
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	27
2.1 ARGAMASSA .....	27
2.2 COMPONENTES DA ARGAMASSA .....	28
2.2.1 Cimento .....	28
2.2.2 Agregado miúdo .....	29
2.2.3 Água de amassamento .....	30
2.3. FIBRAS NATURAIS .....	31
2.3.1 Características das fibras naturais .....	32
2.3.2 Microestrutura .....	35
2.3.2.1 Fibras Ligno-celulósicas .....	35
2.3.2.2 Celulose .....	37
2.3.2.3 Hemicelulose .....	38
2.3.2.4 Lignina .....	38
2.3.3 Tratamento Alcalino .....	39

2.4 FIBRA DE COCO BABAÇU .....	41
2.5 ARGAMASSAS REFORÇADAS COM FIBRAS NATURAIS .....	43
2.6 PROPRIEDADE NO ESTADO FRESCO .....	44
2.7 PROPRIEDADES NO ESTADO ENDURECIDO .....	45
2.7.1 Aderência entre a fibra e a matriz cimentícia .....	45
2.7.2 Resistência a compressão .....	46
2.7.3 Resistência à Tração .....	48
3 CONCLUSÃO .....	49
REFERÊNCIAS .....	50
<b>3 CAPÍTULO 2: DESEMPENHO DE ARGAMASSAS À BASE DE CIMENTO COM REFORÇO DE FIBRA DE COCO BABAÇU .....</b>	<b>66</b>
RESUMO.....	68
ABSTRACT .....	69
1 INTRODUÇÃO.....	70
2 PARTE EXPERIMENTAL .....	72
2.1 MATERIAIS .....	72
2.2 MÉTODOS .....	73
2.2.1 Preparação das fibras de coco babaçu .....	73
2.2.2 Caracterização das fibras de coco babaçu.....	74
2.2.3 Preparação da argamassa .....	77
2.2.4 Preparação dos corpos de prova .....	79
2.2.5 Caracterização da argamassa .....	80
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	82
3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS FIBRAS DE COCO BABAÇU .....	82
3.1.1 Difração de raios X .....	82

3.1.2	Análise dimensional.....	84
3.1.3	Massa específica real.....	85
3.1.4	Absorção de água e Teor de umidade .....	85
3.1.5	Resistência à tração .....	86
3.1.6	Análise morfológica.....	87
3.2	CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS REFORÇADAS COM FIBRAS.....	88
3.2.1	Propriedades Físicas .....	88
3.2.2	Análise morfológica da argamassa reforçada com fibras.....	91
3.2.3	Resistencia à compressão.....	92
3.2.4	Resistência à tração.....	97
4	CONCLUSÃO .....	100
	SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS .....	101
	REFERÊNCIAS .....	102
	ANEXOS .....	112

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

Figura 1 – Estrutura da celulose, esquema da ilustração das moléculas de celulose .....	36
Figura 2 – Estrutura física da fibra ligno-celulósica .....	37
Figura 3 – Estrutura da celulose.....	37
Figura 4 – Corte transversal do coco babaçu .....	42

### CAPÍTULO 2

Figura 5 - Fibras de coco babaçu .....	73
Figura 6 - Tratamento das fibras de coco babaçu .....	74
Figura 7 - Preparação da argamassa com adição de fibras de coco babaçu (A) Homogeneidade na mistura de fibras, areia e cimento, (B) Adição de água à mistura, (C) argamassa finalizada, após completa mistura de todos os componentes .....	79
Figura 8 - Execução do Ensaio de consistência da argamassa: (A) Mesa e tronco de cone limpos, (B) Adição das camadas de argamassa seguida de compactação, (C) Tronco de cone preenchido e retirado material excedente, (D) Argamassa após os 30 golpes da mesa em 30 segundos, e (E-F) Medidas do diâmetro final da argamassa, usando uma régua. ....	80
Figura 9 - Difratoograma de raios X das fibras naturais e tratadas de coco babaçu.....	83
Figura 10 - Micrografia eletrônica de varredura das fibras naturais (4000x) .....	87
Figura 11 - Micrografia eletrônica de varredura das fibras tratadas (4000x) .....	88
Figura 12 - Índice de absorção de água e índice de vazios .....	90
Figura 13 - Micrografias das fibras na argamassa, (A-C): 500x de aproximação; (D): 5000x de aproximação .....	92
Figura 14 - Resistência a compressão das argamassas reforçadas com fibras .....	93

Figura 15 - Padrões de falhas das argamassas convencionais sob ensaio de compressão.....	95
Figura 16 - Padrões de falha das argamassas reforçadas com fibras de coco babaçu sob ensaio mecânico: (A) e (B) AR06, (C) e (D) AR10; (E) e (F) AR14.....	96
Figura 17 - Resistência à tração das argamassas reforçadas com fibras .....	97
Figura 18 - Padrões de falha das argamassas reforçadas sob ensaio de tração, (A) seção transversal do corpo de prova fraturado, (B) fratura do corpo de prova com fibras, (C) corte lateral do corpo de prova.....	99

## LISTA DE TABELAS

### INTRODUÇÃO

Tabela 1: Busca Resultados da pesquisa utilizando as palavras-chave nas bases de dados patentes e artigos.....	15
--	----

### CAPÍTULO 1

Tabela 2: Características físicas e mecânicas das fibras .....	33
--	----

### CAPÍTULO 2

Tabela 3: Características da areia usada na formulação da argamassa .....	72
---	----

Tabela 4: Quantidade de material para cada tipo de argamassa .....	78
--	----

Tabela 5: Características dimensionais das fibras natural e tratada .....	84
---	----

Tabela 6: Características físicas das fibras natural e tratada .....	86
--	----

Tabela 7: Propriedades físicas da argamassa .....	89
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

CO<sub>2</sub> – Dióxido de carbono

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR - Norma Brasileira

CP - Cimento Portland

MF - Módulo de finura

CEPED - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento

PET – Politereftalato de etileno

LIMAV – Laboratório Interdisciplinar de Materiais Avançados

INEAGRO - Laboratório de Manejo do Babaçu da Incubadora do Agronegócio

MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura

DRX – Difração de raio X

FN - Fibra natural

FT - Fibra tratada

IC - Índice de Cristalinidade

AN - Argamassa Natural

AR - Argamassa Reforçada

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento da população e conseqüentemente a crescente procura por habitações, mundialmente, resultou em significativa geração de resíduos, grande consumo de energia e de matérias primas não-renováveis e imensa poluição ambiental pela indústria da construção civil (Claramunt *et al.*, 2016; Onuaguluchi *et al.*, 2016). Portanto, a preocupação crescente com questões ambientais tem despertado grande interesse no que se refere ao incentivo ao estudo e à busca de materiais ecologicamente corretos.

Através de rastreamentos em quatro bases de dados de patentes (Instituto Nacional da Propriedade Industrial do Brasil - INPI; *European Patent Office - EPO*; *World Intellectual Property Organization - WIPO*; *United States Patent and Trademark Office - USPTO*) assim como em três bases de periódicos (*Scientific Electronic Library Online - SCIELO*; *Web of Science* e *Scopus*), foi possível avaliar o crescente estudo sobre o desenvolvimento de argamassas reforçadas com fibras vegetais. A Tabela 1, apresenta os resultados das buscas de anterioridades, realizadas em março de 2019.

Tabela 1 – Busca Resultados da pesquisa utilizando as palavras-chave nas bases de dados patentes e artigos.

Palavras-Chave	PATENTES				ARTIGOS		
	INPI	EPO	WIPO	USPTO	SCIELO	SCOPUS	WEB OF SCIENCE
<i>Mortar and fiber and natural</i>	2	189	131	112	7	144	204
<i>Mortar and fiber and vegetable</i>	0	27	21	11	2	19	43
<i>Mortar and babassu</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mortar and orbignya</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mortar and babaçu</i>	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria, 2019.



Os resultados encontrados, confirmam que existem muitos trabalhos publicados com fibras vegetais e naturais adicionadas às argamassas. Por exemplo, na base de periódicos da *Web of Science* aparecem 204 artigos com as palavras-chave “*mortar and fiber and natural*” e 43 artigos com os termos “*mortar and fiber and vegetable*”. Da mesma forma, para as palavras-chave “*mortar and fiber and natural*”, foram encontrados um maior número de patentes depositadas para as três bases internacionais.

O crescente interesse por estudos sobre o desenvolvimento de argamassas reforçadas com fibras vegetais é consequência da combinação de boas propriedades mecânicas, durabilidade e diminuição da massa específica (Çomak *et al.*, 2018; Dawood *et al.*, 2012; Kumar *et al.*, 2018 e da Silva *et al.*, 2014). Desta forma, as fibras vegetais tornaram-se uma importante classe de materiais de reforço, podendo atuar potencialmente no processo de sustentabilidade, com vistas às aplicações na área de materiais de construção. Elas apresentam várias características determinantes para o seu uso: têm baixa densidade, não emitem CO<sub>2</sub>, não são tóxicas, são biodegradáveis, não são abrasivas, são baratas, são oriundas de fonte renovável, podem ser encontradas como resíduos, evitam fissuras em compósitos e aumentam a resistência mecânica dos materiais compósitos (Araya-Letelier *et al.*, 2017; Ardanuy *et al.*, 2015; Benmansour *et al.*, 2014 e Claramunt *et al.*, 2016).

Pesquisas científicas também têm demonstrado que o uso em larga escala industrial das fibras vegetais nos compósitos cimentícios ainda é limitado. Elas apresentam caráter hidrofílico, o que reduz sua aderência à maioria das matrizes. Desta forma, tratamentos superficiais físicos e químicos têm sido comumente aplicados a essas fibras. Dentre eles, tratamento alcalino com NaOH tem se apresentado como um método de baixo custo, que produz uma modificação da superfície eficiente, resultando em aumento da interação fibra/matriz. Esses tratamentos são fundamentais para o comportamento físico e mecânico de materiais

compósitos (Ardanuy *et al.*, 2015; Dawood *et al.*, 2012; Eires *et al.*, 2014 e Onuaguluchi *et al.*, 2016).

O Brasil é considerado um dos países que possuem muitos recursos naturais disponíveis, grandes extensões territoriais cultiváveis e variadas espécies de plantas. Em particular, na região Norte e Nordeste estão presentes grandes quantidades de palmeiras. Por exemplo, O Estado do Piauí se destaca como detentor de uma das maiores concentrações de um dos principais recursos extrativistas vegetais, a palmeira de babaçu. De todos os componentes do fruto (coco babaçu), é possível obter matéria-prima para diversas aplicações: sabão, carvão, combustíveis, etanol, metanol e óleo (Araújo, 2008; Carrazza *et al.* 2012 e Sapiência, 2010). A camada mais externa do coco (epicarpo) é uma fonte rica em fibras e tem sido usada para a produção de xaxim, estofados, produtos artesanais, assim como resíduos utilizados para queima (combustível) (Almeida *et al.*, 2002; Carraza *et al.*, 2012 e Sapiência, 2010).

A utilização da fibra de epicarpo do coco babaçu aplicada à indústria de construção civil tem sido pouco explorada. Os resultados das buscas de anterioridades (Tabela 1), confirmam que não há informações quando se adiciona babaçu em nenhuma base de dados de patentes e artigos, uma vez utilizadas as palavras chaves “*mortar and babassu*”, “*mortar and orbignya*” e “*mortar and babaçu*”. Foram utilizadas palavras em inglês (*babaçu*), português (*babaçu*) e o termo científico (*orbignya*), com o intuito de aumentar as possibilidades de identificação de trabalhos sobre a aplicação do babaçu. Estes resultados indicam que há uma lacuna de oportunidades para pesquisa e desenvolvimento de produtos sustentáveis, aos quais podem se agregar valor. Considerando todo o exposto, este trabalho propõe o desenvolvimento e a caracterização físico-mecânica de argamassas reforçadas com fibras de coco babaçu. Também, avaliaram-se as propriedades química, física e mecânica destas fibras.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Desenvolver e caracterizar argamassas reforçadas com fibras de coco babaçu.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar as propriedades químicas, física e mecânicas das fibras;
- Produzir argamassas reforçadas com fibras;
- Avaliar a influência do teor de fibras na consistência da argamassa;
- Avaliar a influência do teor de fibras nas propriedades físicas (absorção de água, índices de vazio e densidade) das argamassas;
- Avaliar microestruturalmente a interface fibra-matriz das argamassas reforçadas.
- Avaliar a influência do teor de fibras na resistência mecânica (compressão e tração) das argamassas;

## REFERÊNCIAS

- Almeida, R. R., Del Menezzi, C. H. S., & Teixeira, D. E. (2002). Utilization of the coconut shell of babaçu (*Orbignya sp.*) to produce cement-bonded particleboard. *Bioresource Technology*, 85(2), 159-163.
- Araújo, E. C. E. (2008). Estado da arte e potencial do babaçu para a agroenergia. In *Embrapa Meio-Norte-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: Congresso brasileiro de plantas oleaginosas, óleos, gorduras e biodiesel, 5; clínica tecnológica em biodiesel, 2. 2008, Lavras. Biodiesel: tecnologia limpa. Anais... Lavras: UFLA, 2008.
- Araya-Letelier, G., Antico, F. C., Carrasco, M., Rojas, P., & García-Herrera, C. M. (2017). Effectiveness of new natural fibers on damage-mechanical performance of mortar. *Construction and Building Materials*, 152, 672-682.
- Ardanuy, M., Claramunt, J., & Toledo Filho, R. D. (2015). Cellulosic fiber reinforced cement-based composites: A review of recent research. *Construction and building materials*, 79, 115-128.
- Benmansour, N., Agoudjil, B., Gherabli, A., Kareche, A., & Boudenne, A. (2014). Thermal and mechanical performance of natural mortar reinforced with date palm fibers for use as insulating materials in building. *Energy and Buildings*, 81, 98-104.
- Carrazza, L. R., Ávila, J. C. C., & Silva, M. L. D. (2012). Manual tecnológico de aproveitamento integral do fruto e da folha do Babaçu. Brasília – DF: Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN).

Claramunt, J., Fernández-Carrasco, L. J., Ventura, H., & Ardanuy, M. (2016). Natural fiber nonwoven reinforced cement composites as sustainable materials for building envelopes. *Construction and Building Materials*, *115*, 230-239.

Çomak, B., Bideci, A., & Bideci, Ö. S. (2018). Effects of hemp fibers on characteristics of cement-based mortar. *Construction and Building Materials*, *169*, 794-799.

da Silva, E. J., da Silva, P. D., Marques, M. L., Junior, C. C. F., Garcia, F. C., & Luzardo, F. H. (2014). Resistência à compressão de argamassas em função da adição de fibra de coco. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, *18*(12), 1268-1273.

Dawood, E. T., & Ramli, M. (2012). Properties of high strength flowable mortar reinforced with palm fibers. *ISRN Civil Engineering*, 2012.

Eires, R., Cardoso, C. J. L., & Camões, A. (2014). Argamassas de terra e cal reforçadas com fibras naturais. In *Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis (CLB-MCS2014)* (pp. 317-325). Universidade do Minho.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Programa Nacional de Pesquisa: Babaçu (1984). Brasília.

Kumar, P., & Roy, R. (2018). Study and experimental investigation of flow and flexural properties of natural fiber reinforced self compacting concrete. *Procedia Computer Science*, *125*, 598-608.

Onuaguluchi, O., & Banthia, N. (2016). Plant-based natural fibre reinforced cement composites: A review. *Cement and Concrete Composites*, *68*, 96-108.

Sapiência, Informativo Científico da FAPEPI (2010); O potencial do Babaçu. Teresina, Piauí, n. 24, 1-16.