



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

Waleskha Benevenuto Pinto Neves

**INCORPORAÇÃO DE FIBRA DE COCO NA CAMADA DE REVESTIMENTO
ASFÁLTICO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS.**

PAU DOS FERROS/RN

2020

Waleskha Benevenuto Pinto Neves

**INCORPORAÇÃO DE FIBRA DE COCO NA CAMADA DE REVESTIMENTO
ASFÁLTICO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS.**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semiárido como requisito para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. Dra. Shirlene Kelly Santos Carmo

Co orientadora: Prof. Me. Marília Cavalcanti Santiago

PAU DOS FERROS/RN

2020

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, com os dados fornecidos pelo (a) autor(a)

N513i Neves, Waleskha Benevenuto Pinto .
INCORPORAÇÃO DE FIBRA DE COCO NA CAMADA DE
REVESTIMENTO ASFÁLTICO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS. /
Waleskha Benevenuto Pinto Neves. - 2020.
60 f. : il.

Orientadora: Shirlene Kelly Santos Carmo.
Coorientadora: Marília Cavalcanti Santiago.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2020.

1. coco. 2. asfalto. 3. caracterização físico-
química. 4. resistência. I. Carmo, Shirlene Kelly
Santos , orient. II. Santiago, Marília Cavalcanti
, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

Waleskha Benevenuto Pinto Neves

**INCORPORAÇÃO DE FIBRA DE COCO NA CAMADA DE REVESTIMENTO
ASFÁLTICO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS.**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semiárido como requisito para
obtenção do título de Bacharela em Engenharia
Civil

Defendida em: 30 / 01 / 2020.

BANCA EXAMINADORA

Shirlene Kelly S. Carmo

Prof. Dra. Shirlene Kelly Santos Carmo
Presidente

Marília Cavalcanti Santiago

Prof. Me. Marília Cavalcanti Santiago
Membro Examinador (Co orientadora)

Cláudio Rogério Cruz de Sousa

Prof. Dr. Cláudio Rogério Cruz de Sousa
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro à DEUS, pela força, saúde, determinação e por nunca me deixar fraquejar em momento algum durante esses cinco anos do curso de Engenharia Civil.

Em nome dos meus pais Waldonildo e Remédios, meu irmão Wescley, minha cunhada Nayara, meus sobrinhos Lucas e Mariana, agradeço a todos meus tios, primos e demais familiares pelo suporte dado e por sempre me ensinarem a ser melhor e nunca desistir dos meus sonhos. Obrigada por toda energia positiva transmitida mesmo de longe e por todo exemplo de garra e perseverança que vocês me passam.

A minha orientadora, mãe e amiga, Shirlene Carmo, que durante esses cinco anos de curso foi sempre uma fonte inesgotável de inspiração e uma mola propulsora para o meu crescimento profissional. Agradeço também a minha co orientadora Marília Santiago, pela amizade, paciência, ajuda e contribuição ao trabalho, encarando juntamente com Shirlene este grande desafio.

Aos meus companheiros de laboratório Breno e Karina, por juntos encarar todas as dificuldades encontradas durante os ensaios, com a relação amigável e respeitosa de sempre. Agradeço em nome de Isis, Lorena, Daniella e Victor, eu agradeço a todos os meus amigos da UFERSA por terem sempre sido abrigo, proteção e casa durante todo o período de graduação.

Por meio de Cleto, Melque, Ingrid e Sarah, transmito meus singelos agradecimentos a todos meus irmãos de consideração da cidade de Sousa por sempre de perto ou de longe serem colo, consolo e donos das melhores palavras de força, coragem e determinação.

E a todos aqueles que de uma forma ou outra contribuíram sempre com o trabalho, com a faculdade e com a vida durante este período de graduação!

RESUMO

Os materiais lignocelulósicos são o tipo de materiais orgânicos mais presentes na biosfera, cerca de 60% da biomassa vegetal, estes materiais são constituídos basicamente por três componentes: a celulose, a hemicelulose e a lignina. A celulose é um polissacarídeo formado por uma cadeia longa de glicose. A hemicelulose é um componente amorfo e tem maior facilidade de ser quebrada por calor do que a celulose. Já a lignina é o componente estrutural dos vegetais, agindo como um cimento proporcionando rigidez a estruturas e ainda é o maior constituinte não carboidrato, que corresponde de 15% a 25% do vegetal. Dentre os inúmeros segmentos da Engenharia Civil, a pavimentação é caracterizada como uma estrutura de camadas finitas, construída sobre a superfície de terraplanagem, destinada a resistir aos esforços provenientes do tráfego de veículos e como também assegurar aos usuários boas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança. Tendo em vista essas observações, esse trabalho apresentou como principal objetivo a obtenção de resultados satisfatórios que justifiquem a adição da fibra de coco na camada de revestimento asfáltico e redução das taxas de desperdício do coco. Como etapas intermediárias, realizou-se a caracterização físico-química da fibra de coco e testes envolvendo a introdução da mesma no traço asfáltico. Como principais resultados, observou-se uma composição de lignina em torno de 28% do material, já nos ensaios de granulometria, foi obtida a curva representativa dos pontos, dentro da faixa de utilização dos agregados. Mesmo o ensaio de resistência à compressão não obtendo bons resultados devido ao molde para corpo de prova e prensa utilizados. A partir dos ensaios foi possível observar que por meio das análises químicas da fibra de coco foi possível resultados observados, por meio da caracterização físico-química do material, e através dos ensaios, observa-se a fibra do coco com características satisfatórias para incorporação no asfalto. Tendo como perspectiva para trabalhos futuros, sugere-se a confecção de moldes e ruptura dos mesmos em condições adequadas, visto que a prensa e o molde dos corpos de provas não utilizados não era para revestimento asfáltico, para observação do ganho de resistência. Com isso, observando as questões socio-econômicas pode-se concluir que os índices de desperdício da fibra de coco podem ser reduzidos a partir da utilização em produtos alternativos como no traço asfáltico.

Palavras-chave: coco, asfalto, caracterização físico-química, resistência.

ABSTRACT

Lignocellulosic materials are the type of organic materials most present in the biosphere, about 60% of plant biomass, these materials are basically composed of three components: cellulose, hemicellulose and lignin. Cellulose is a polysaccharide formed by a long chain of glucose. Hemicellulose is an amorphous component and is more easily broken by heat than cellulose. Lignin is the structural component of vegetables, acting as a cement providing rigidity to structures and is still the largest non-carbohydrate constituent, which corresponds to 15% to 25% of the vegetable. Among the numerous segments of Civil Engineering, paving is characterized as a finite layer structure, built on the earthwork surface, designed to resist the efforts caused by vehicle traffic and also to ensure users with good rolling conditions, in comfort, economy and security. In view of these observations, this work had as main objective the obtaining of satisfactory results that justify the addition of coconut fiber in the asphalt coating layer and reduction of coconut waste rates. As intermediate steps, the physical-chemical characterization of coconut fiber and tests involving its introduction into the asphalt mix were carried out. As main results, a lignin composition around 28% of the material was observed, already in the granulometry tests, the representative curve of the points was obtained, within the range of use of the aggregates. Even the compressive strength test does not obtain good results due to the mold for the specimen and press used. From the tests it was possible to observe that through the chemical analyzes of the coconut fiber it was possible to observed results, through the physical-chemical characterization of the material, and through the tests, it is observed the coconut fiber with satisfactory characteristics for incorporation in the asphalt. With a view to future work, it is suggested to make molds and break them in suitable conditions, since the press and the mold of the unused specimens was not for asphalt coating, to observe the resistance gain. Thus, observing the socio-economic issues, it can be concluded that the waste rates of coconut fiber can be reduced from the use in alternative products such as asphalt.

Keywords: coconut, asphalt, physicochemical characterization, resistance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Corte transversal do pavimento flexível.....	15
Figura 02: Corte longitudinal do pavimento rígido.....	16
Figura 03: Distribuição das cargas.....	19
Figura 04: Afundamento.....	19
Figura 05: Corrugação.....	20
Figura 06: Formação de painéis.....	20
Figura 07: Remendos.....	21
Figura 08: Exsudação.....	21
Figura 09: Fissuras.....	22
Figura 10: Couro de jacaré.....	22
Figura 11: Trinca tipo bloco.....	23
Figura 12: Fluxograma de metodologia desenvolvida.....	26
Figura 13: Cascas do coco verde em tamanhos reduzidos.....	27
Figura 14: Cascas do coco verde em sanitização em NaClO.....	27
Figura 15: Cascas do coco verde em secagem na estufa a 105 °C.....	28
Figura 16: Forrageira elétrica utilizada para processamento do coco.....	28
Figura 17: Pesagem do conjunto amostra-fôrma úmido.....	29
Figura 18: Amostra do coco úmido em secagem na estufa a 105 °C.....	29
Figura 19: Pesagem da amostra utilizada para a análise do teor de cinzas.....	30
Figura 20: Amostra posicionada na mufla.....	31
Figura 21: Cartucho formado pelo papel filtro e amostra.....	32
Figura 22: Balão com os extratores.....	32
Figura 23: Sistema com Soxhlet utilizado para extração.....	33
Figura 24: Amostra após decorrida as 24 horas em descanso no ácido sulfúrico.....	34
Figura 25: Equipamento utilizado para que o material permanecesse em refluxo.....	34
Figura 26: Balões em resfriamento ambiente.....	35
Figura 27: Transferência do conteúdo do balão para o conjunto de filtração.....	35
Figura 28: Lavagem do precipitado.....	36
Figura 29: Verificação do pH da água.....	36
Figura 30: Verificação do pH do precipitado.....	36
Figura 31: Procedimento para extração da holocelulose.....	38

Figura 32: Conjunto utilizado para filtração da holocelulose.....	38
Figura 33: Trituração da holocelulose.....	40
Figura 34: Série de peneiras utilizadas no ensaio de granulometria.....	41
Figura 35: Massa retida na peneira.....	42
Figura 36: Massa passante na peneira.....	42
Figura 37: Compactação da camada de fibra com auxílio da haste.....	43
Figura 38: Adensamento das camadas de asfalto.....	44
Figura 39: Prensa utilizada para ruptura dos corpos de prova.....	45
Figura 40: Traço ideal utilizado em moldagem para aplicação nos corpos de prova.....	52
Figura 41: Corpos de prova no instante imediato após moldagem.....	53
Figura 42: Corpos de prova após desmolde.....	53
Figura 43: Corpos de prova após ruptura.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Caracterização físico-química da fibra de coco e padrões de identidade.....	46
Tabela 02: Resultados obtidos na granulometria da fibra de coco.....	47
Tabela 03: Resultados obtidos na granulometria da brita.....	49
Tabela 04: Resultados obtidos na granulometria da areia.....	50
Tabela 05: Resultados obtidos no ensaio de compactação.....	51
Tabela 06: Traços utilizados para moldagem dos corpos de prova.....	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Curva Granulométrica da Fibra de Coco.....	48
Gráfico 02: Curva Granulométrica da Brita.....	49
Gráfico 03: Curva Granulométrica da Areia.....	50

LISTA DE SIGLAS

CAP – Cimentos asfálticos de petróleo.

ADP – Asfaltos diluídos.

EAP – Emulsões asfálticas.

AMP – Asfaltos modificados por polímero.

AMB – Asfaltos modificados por borracha.

AR – Agentes rejuvenescedores.

ARE – Agentes rejuvenescedores emulsionados.

CNT – Confederação Nacional do Transporte.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura dos Transportes.

UFERSA-PDF – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campus Pau dos Ferros.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

pH – Potencial Hidrogeniônico.

NBR NM – Normas Técnicas.

NBR – Normas Técnicas.

CP – Corpo de Prova.

S.A – Sem Ano.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
3.1 PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA.....	15
3.1.1 Constituição dos pavimentos asfálticos.....	16
3.1.1.1 Materiais incorporados à pavimentação asfáltica	16
3.1.1.1.1 <i>Tipos de materiais</i>	17
3.1.1.1.2 <i>Propriedades físicas e ensaios</i>	17
3.2 DOSAGEM ASFÁLTICA	17
3.3 MECÂNICA DOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS.....	18
3.3.1 Ação das cargas do tráfego	18
3.4 PATOLOGIAS ENCONTRADAS EM REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS.....	19
3.4.1 Afundamentos	19
3.4.2 Corrugações/Ondulações transversais.....	20
3.4.3 Panela ou buraco	20
3.4.4 Remendos	21
3.4.5 Exudação	21
3.4.6 Fissuras	22
3.4.7 Trincas em malha tipo “couro de jacaré”	22
3.4.8 Trincas em malha tipo “bloco”.....	23
3.5 PROCESSOS DE RECUPERAÇÃO DOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS.....	23
3.6 MATERIAIS LIGNOCELULÓSICOS.....	24
3.6.1 Coco e sua composição lignocelulósica	24

4 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	26
4.1 OBTENÇÃO DA FIBRA DO COCO <i>IN NATURA</i>	26
4.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	28
4.1.1 Teor de Umidade	28
4.1.2 Teor de Cinzas	30
4.1.3 Teor de Extrativos	31
4.1.4 Teor de Lignina.....	34
4.1.5 Teor de Holocelulose	37
4.1.6 Teor de Alfacelulose	39
4.1.7 Teor de Hemicelulose	41
4.3 ENSAIO DE GRANULOMETRIA	41
4.4 ENSAIO DE COMPACTAÇÃO	43
4.5 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	44
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA FIBRA DE COCO	46
5.2 ENSAIO DE GRANULOMETRIA	47
5.3 ENSAIO DE COMPACTAÇÃO	51
5.4 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	51
6 CONCLUSÃO.....	55
7 REFERÊNCIAS.....	56

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o coco é consumido também ainda verde, com o objetivo de ser realizado o aproveitamento da sua água. Todavia, em outros países o mesmo é consumido, apenas em seu estado final (seco), para produção de óleo e outros produtos (ROSA et al, 2001). O coco é composto por mesocarpo, embrião, copra, epicarpo, endocarpo e a água de coco. A parte fibrosa é o nome dado ao material fibroso que constitui o mesocarpo do fruto (PUTRINO, 2016).

O consumo de água de coco vem crescendo no Brasil, representando cerca de 100 a 350 milhões de litros/ano, impulsionado pelo seu comprovado benefício à saúde humana. Segundo ROSA et al (2001) e BRITO et al (2004) o aumento do consumo de água de coco traz consigo problemas relacionados quanto ao destino final das cascas, que constituem 80 a 85% do peso bruto do fruto e seu descarte inadequado transforma-se em um sério problema quando é feito em ambiente com condições anaeróbicas para produção de gás metano, um dos gases mais importantes para o aumento do efeito estufa.

A obtenção da fibra e pó do coco descartado por meio da trituração, é considerada uma forma de reaproveitamento e agregação de valor ao resíduo, principalmente quando incorporado ao solo (SILVA, 2014). A fibra do coco verde é mais aproveitada em paisagismo e jardinagem, pela sua excelente adaptação na forma de cascos e por sua alta porosidade, facilitando assim o enraizamento (ARAGÃO, 2002). Outras aplicações também são vistas no setor moveleiro, têxtil, calçadista, design de objetos para lar, papelaria, construção civil e mantas industriais (SILVA, 2014).

Dentre os inúmeros segmentos da Engenharia Civil, a pavimentação é caracterizada como uma estrutura de camadas finitas, construída sobre a superfície de terraplanagem, destinada a resistir aos esforços provenientes do tráfego de veículos e como também assegurar aos usuários boas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança (BERNUCCI, et al. 2008).

As fibras extraídas do mesocarpo do coco pertencem à família das fibras duras e são classificadas como lignocelulósicas, sendo compostas basicamente por lignina e celulose que lhe proporcionam elevados índices de rigidez (MATHAI, 2005). Estes altos índices de rigidez encontrados na fibra do coco, podem proporcionar assim, aumentos significativos na resistência à compressão da camada de revestimento aplicada na pavimentação.

Tendo em visto a alta taxa de consumo e mesmo com a reutilização já existente a ainda alta taxa de desperdício da casca do coco, este trabalho propõe o estudo da utilização da fibra

do coco para aumento da resistência da camada de revestimento na pavimentação. Isso poderá melhorar o aproveitamento da casca do coco, e possivelmente a redução da frequência de utilização da técnica de recuperação por operações tapa-buracos, muito utilizada em pavimentos asfálticos em cidades de médio e pequeno portes.

A pesquisa também considerou aspectos socioeconômicos, pois de acordo com os dados apresentados referentes os altos índices de desperdício do fruto, colocou-se em prática o estudo com a finalidade de obter um resultado de qualidade e ainda ajudar a melhorar a taxa de aproveitamento do fruto produzido na região, assim como, reduzir custos na elaboração da camada asfáltica.

Este estudo objetivou a análise da composição da fibra da casca de coco verde *in natura*, com o intuito de avaliar as fundamentais propriedades do fruto para o reforço do pavimento. Esta análise será efetivada obtendo-se a composição química quanto aos teores de celulose, hemicelulose e lignina e outros experimentos que avaliarão a incorporação da fibra de coco no revestimento asfáltico, visando o ganho de resistência à compressão da camada asfáltica.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O estudo desenvolvido tem como propósito a incorporação da fibra de coco na camada de revestimento asfáltico para ganho de resistência à compressão da mesma, assim como, a diminuição dos índices de desperdício do coco.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Estudos acerca da composição de materiais lignocelulósicos e sua importância em diversos processos.
- II. Realizar a caracterização físico-química da fibra do coco;
- III. Análise sobre a dosagem dos teores de fibra de coco para adição no asfalto asfáltico;
- IV. Realizar ensaios mecânicos para verificar a eficiência da inserção da fibra de coco sobre a resistência no asfalto.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

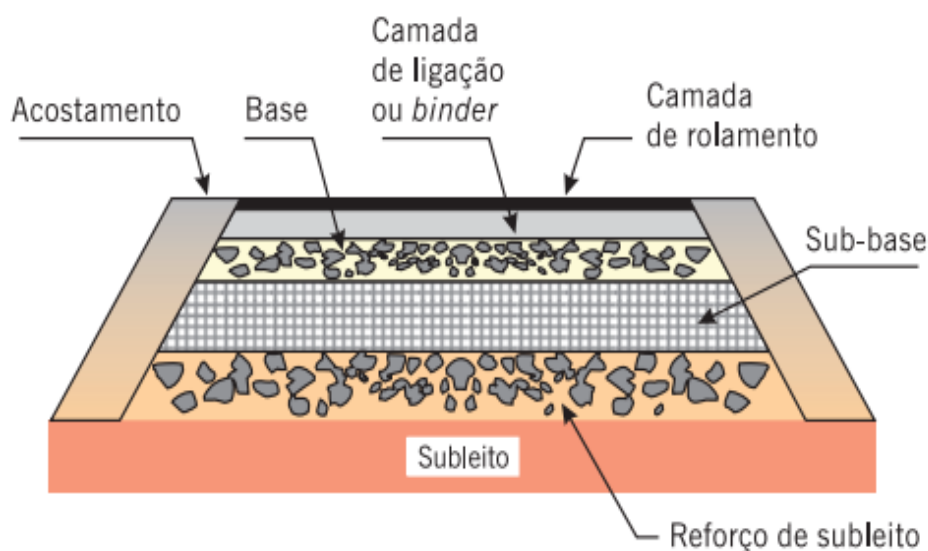
3.1 PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

Destinada tecnicamente e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego e proporcionar aos usuários melhorias nas condições de rolamento, o pavimento é dito como uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de uma terraplanagem (BERNUCCI, et al. 2008).

Segundo o tipo de revestimento os pavimentos são classificados em flexíveis e rígidos. Os primeiros são compostos basicamente por uma mistura construída de agregados e ligantes asfálticos e é formado por quatro camadas principais (revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito), Figura 01.

As camadas de base, sub-base e reforço do subleito que compõe os pavimentos flexíveis, são de suma importância estrutural (BERNUCCI, et al. 2008).

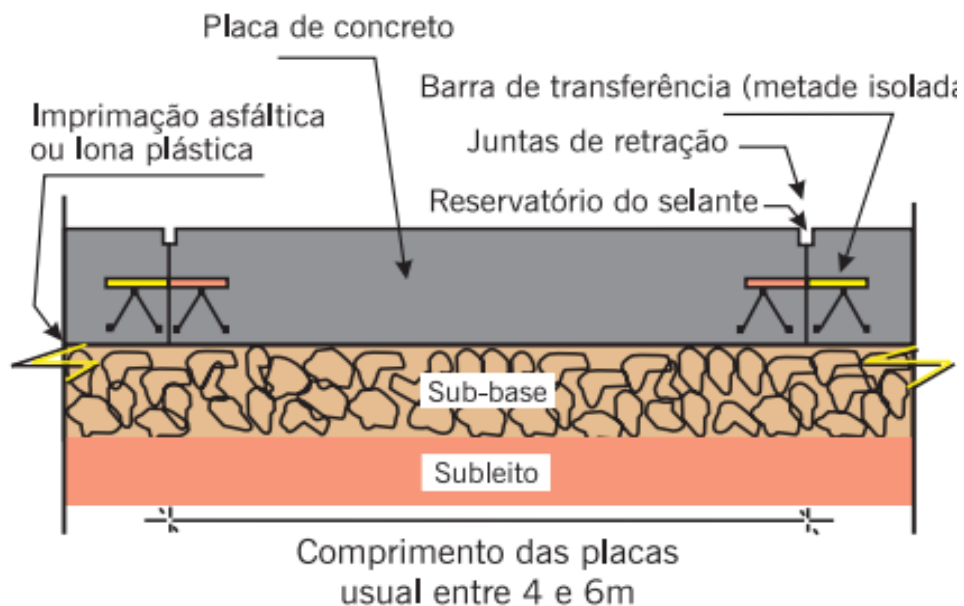
Figura 01: Corte transversal do pavimento flexível



Fonte: BERNUCCI, et al. 2008.

Os pavimentos rígidos, ou de concreto-cimento são todos aqueles que o revestimento é uma placa de concreto de cimento Portland, Figura 02. Nesse caso a espessura é determinada de acordo com a resistência à flexão das placas e das camadas subjacentes.

Figura 02: Corte longitudinal do pavimento rígido



Fonte: BERNUCCI, et al. 2008.

3.1.1 Constituição dos pavimentos asfálticos

Os pavimentos são estruturas de múltiplas camadas e o revestimento é responsável por receber a carga dos veículos. Portanto, essa camada deve ser impermeável e resistente aos esforços de contato do pneu-pavimento. Grande parte dos pavimentos brasileiros usa uma mistura de agregados minerais como revestimento. Os requisitos técnicos e de qualidade de um pavimento serão satisfeitos com um projeto da estrutura e de dosagem do mesmo adequado (BERNUCCI, et al. 2008).

3.1.1.1 Materiais incorporados à pavimentação asfáltica

O asfalto é conhecido como um dos mais versáteis e antigos materiais de construção utilizado pelo homem. No Brasil, aproximadamente 95% das estradas pavimentadas são de revestimento asfáltico, como também é utilizado em grande parte das ruas.

O uso intensivo do asfalto na pavimentação é devido a algumas razões, como: comportamento como ligante que permite flexibilidade controlável, proporciona forte união dos agregados, é impermeabilizante, é durável, resistente à ação da maioria dos ácidos e entre outros (BERNUCCI, et al. 2008).

3.1.1.1.1 Tipos de materiais

No mercado brasileiro existem seis tipos de ligantes asfálticos: a) CAP; b) ADP; c) EAP; d) asfaltos oxidados ou soprados de uso industrial; e) AMP ou AMB; f) AR e ARE. Há também a técnica de asfalto-espuma que vem sendo empregada no Brasil, mas que não constitui outra classe de material por ser uma modificação de curta duração no CAP convencional (BERNUCCI, et al. 2008).

3.1.1.1.2 Propriedades físicas e ensaios

As propriedades físicas do asfalto, estão todas associadas com a sua temperatura. Um dos parâmetros mais utilizados para classificação dos ligantes é a análise da sua suscetibilidade térmica, a partir de ensaios que meça indiretamente ou diretamente sua viscosidade ou consistência em temperaturas diferentes. A faixa de temperatura de transição entre os estados líquido e sólido é influenciada pela interação e proporção dos quatro componentes do ligante asfáltico (BERNUCCI, et al. 2008).

Para especificar se um asfalto é adequado para a pavimentação em muitos países se utilizam medidas simples de características físicas (BERNUCCI, et al. 2008).

As principais características consideradas são a dureza e a resistência ao fluxo, a primeira é medida por meio da penetração de uma agulha na amostra de ligante e a segunda através de ensaios de viscosidade (BERNUCCI, et al. 2008).

Os ensaios físicos dos cimentos asfálticos podem ser divididos entre ensaios de durabilidade, consistência, segurança e pureza. Exemplos deles são: ensaio de penetração, ensaio de viscosidade, ensaio de ponto de amolecimento, ensaio de ductilidade, ensaio de solubilidade, ensaios de durabilidade, ensaio de ponto de fulgor, ensaio de espuma, ensaio de massa específica e densidade relativa, ensaio de ponto de ruptura Fraass, dentre outros (BERNUCCI, et al. 2008).

3.2 DOSAGEM ASFÁLTICA

O material usado para o revestimento da pavimentação pode ser fabricado em uma usina específica seja ela fixa ou móvel, ou preparado na própria obra. Os revestimentos são também identificados quanto ao seu tipo: a frio (EAP) ou a quente (CAP).

As misturas realizadas em usinas podem ser separadas quanto a sua distribuição granulométrica (BERNUCCI, et al. 2008).

Cada mistura possui requisitos próprios de dosagem e atendem a uma certa finalidade, sendo sempre associada a espessuras calculadas em função do tráfego e do tipo de materiais existentes nas demais camadas. Porém, cabe ao engenheiro procurar informações em cada estado em questão para atender eventuais requisitos particulares daquela localidade ou órgão responsável pela obra (BERNUCCI, et al. 2008).

No Brasil, as misturas asfálticas betuminosas à quente é um dos tipos mais utilizados. Que se refere ao produto da mistura entre agregados e ligante asfáltico, previamente aquecidos em temperaturas determinadas (BERNUCCI, et al. 2008).

O uso do ligante asfáltico como componente do revestimento asfáltico é devido às suas propriedades adesivas, seu comportamento termoviscoelástico, sua impermeabilidade à água e sua durabilidade (JÚNIOR e ROCHA, 2013)

Enquanto isso, os agregados representam a maior parcela da mistura asfáltica, podendo chegar a cerca de 90% do peso do conjunto (BERNUCCI, et al. 2008). O tipo de agregado mais utilizado, são os naturais resultantes da alteração de rochas por processos de intemperismo ou produzidos por britagem, como: pedregulhos, seixos, britas e areias (ROHDE, 2007).

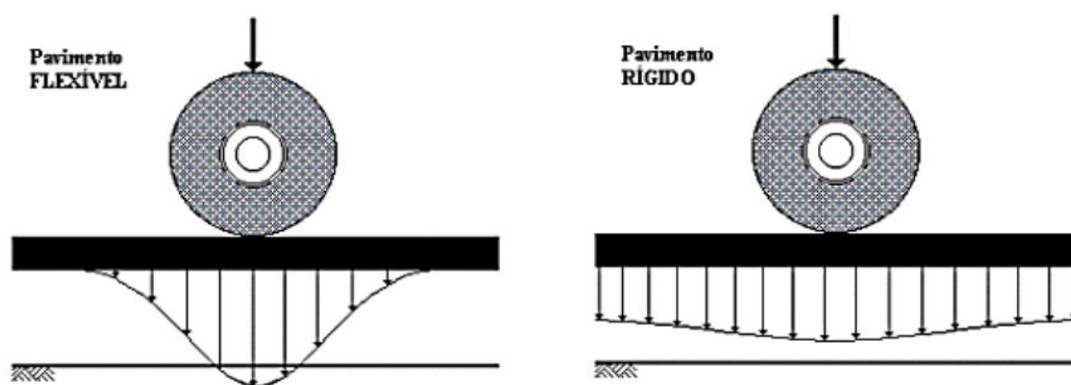
3.3 MECÂNICA DOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

3.3.1 Ação das cargas do tráfego

Segundo a pesquisa CNT (2017) a diferença da distribuição das cargas no pavimento rígido e flexível é dada de acordo com a camada que as cargas irão ser distribuídas. No pavimento rígido as cargas se distribuem sobre sua própria camada de concreto, já no flexível a maior parte do carregamento se dá sobre as camadas inferiores.

As cargas dos pavimentos são transmitidas por meio das rodas dos veículos. A área de contato formada entre o pavimento e o pneu tem formato aproximado de uma eplipse, e a pressão se distribui de forma parabólica com valor máximo no centro, considerando a rigidez relativa dos pneus, Figura 03 (SENÇO, 2007). As camadas inferiores ficam submetidas principalmente a compressão, porém as cargas solicitantes em geral são de compressão e tração, devido a flexão (BERNUCCI, et al. 2006).

Figura 03: Distribuição das cargas



Fonte: GUNZI, 2016.

3.4 PATOLOGIAS ENCONTRADAS EM REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS

3.4.1 Afundamentos

O excesso de carga em um solo sem compactação, a malha asfáltica começa a apresentar sinais de seu enfraquecimento, tendo deformações e afundando em alguns pontos onde o trânsito de veículos pesados é maior ou com grande fluxo (MOTA, 2017).

São derivados de deformações permanentes do revestimento asfáltico ou de suas camadas posteriores, incluindo o subleito (base e sub-base). Como pode-se ver na Figura 04 (a) e (b).

Figura 04: Afundamento



Fonte: Autora (2019).

3.4.2 Corrugações/Ondulações transversais

Segundo Souza (2004), corrugações são deformações transversais ao eixo da pista, com depressões intercaladas de elevações, com comprimento de onda entre duas cristas que podem variar de poucos milímetros a vários centímetros. Ocorrem em solo arenoso, com ausência de maciço rochoso ou aterramento, terraplanagem e compactação do solo mal feitos, Figura 05.

Figura 05: Corrugação



Fonte: Autora (2019).

3.4.3 Panela ou buraco

É uma abertura no revestimento asfáltico, geralmente com forma circular, podendo ou não atingir camadas subjacentes (base e sub-base). Pode-se observar na Figura 06 (a) e (b), onde é notório o material de base (DNIT, 2003).

Figura 06: Formação de panelas



(a)



(b)

Fonte: Autora (2019).

3.4.4 Remendos

Trata-se de um procedimento que visa a conservação da superfície asfáltica, como o preenchimento de panelas ou qualquer outro orifício ou depressão em sua malha. No entanto, quando estes remendos não são executados de forma adequada provocam, geralmente, uma patologia maior (MOTA, 2017). Pode-se observar os remendos em um pavimento na Figura 07.

Figura 07: Remendos



Fonte: Autora (2019).

3.4.5 Exsudação

É caracterizada pelo surgimento de ligante betuminoso em excesso na superfície da malha e da fluência do revestimento asfáltico, em geral junto às depressões localizadas. Apresenta-se como manchas escurecidas, Figura 08 (BERNUCCI et al, 2008).

Figura 08: Exsudação



Fonte: Autora (2019).

3.4.6 Fissuras

São aberturas na superfície asfáltica e podem ser perceptíveis a olho nu, podendo receber a nomenclatura de trincas, quando a abertura é mais espessa que uma fissura de abertura na ordem de milímetros (BERNUCCI et al, 2008). As fendas representam um dos defeitos mais significativos dos pavimentos asfálticos e são subdivididas dependendo da tipologia e da gravidade (BERNUCCI et al, 2008). Assim, pode-se verificar na Figura 09, um trecho onde tal patologia está presente.

Figura 09: Fissuras



Fonte: Autora (2019).

3.4.7 Trincas em malha tipo “couro de jacaré”

Essa patologia se dá pelo conjunto de trincas interligadas, sem direção, o qual assemelha-se ao aspecto de couro de jacaré, sendo um defeito estrutural, podem causar o colapso do revestimento asfáltico devido à repetição das ações do tráfego, Figura 10 (BERNUCCI et al, 2008).

Figura 10: Couro de jacaré



Fonte: Autora (2019).

3.4.8 Trincas em malha tipo “bloco”

São o conjunto de trincas interligadas formando blocos retangulares com lados bem definidos. Trata-se de defeito funcional e estrutural. O seu desenvolvimento no pavimento pode ser causado pela contração da capa asfáltica devido à alternância entre altas e baixas temperaturas, como também, baixa resistência à tração da mistura asfáltica, Figura 11 (CNT, 2018).

Figura 11: Trinca tipo bloco



Fonte: Autora (2019).

3.5 PROCESSOS DE RECUPERAÇÃO DOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Para recuperações das fissuras pode-se utilizar, por exemplo, a técnica de capa selante, que é a atividade que consiste na aplicação apenas de ligante asfáltico ou de ligante com agregados sobre a superfície do pavimento, com a finalidade de rejuvenescer o revestimento asfáltico (CNT, 2018).

Para o tratamento de afundamentos são sugeridas duas técnicas, o recapeamento e a fresagem. O recapeamento é a construção de uma ou mais camadas asfálticas sobre o pavimento já existente. Enquanto que a fresagem é a operação de corte do revestimento asfáltico existente em um trecho para restauração da qualidade ao rolamento da superfície ou melhorar sua capacidade de suporte (BERNUCCI et al, 2008).

No processo de recuperação das panelas pode ser feita por meio de remendos. Ele será superficial se o defeito é encontrado em pequena proporção, ou em outras palavras, se ainda não atingiu a base, sub-base ou subleito, e será profundo em caso contrário (BERNUCCI et al, 2008). Muitas das vezes os remendos não são executados corretamente, gerando problema no próprio remendo, requerendo nova recuperação com o passar do tempo. No caso de um remendo

executado de forma errada, a única solução eficiente é remover o remendo e executar o remendo da forma correta (BERNUCCI et al, 2008).

3.6 MATERIAIS LIGNOCELULÓSICOS

Os materiais lignocelulósicos são o tipo de materiais orgânicos mais presentes na biosfera, cerca de 60% da biomassa vegetal. Que podem ser divididos em resíduos de colheitas, madeira de lei, madeira de conífera, resíduos celulósicos, biomassas herbáceas e resíduos sólidos municipais (CARDONA, QUINTERO e PAZ, 2010).

Estes materiais são constituídos basicamente por três componentes: a celulose, a hemicelulose e a lignina. A celulose é um polissacarídeo formado por uma cadeia longa de glicose. A hemicelulose é um componente amorfo e tem maior facilidade de ser quebrada por calor do que a celulose. Por fim, a lignina é o componente estrutural dos vegetais, agindo como um cimento proporcionando rigidez a estruturas e ainda é o maior constituinte não carboidrato, que corresponde de 15% a 25% do vegetal (RODRIGUES, 2011).

3.6.1 Coco e sua físico-química

Conhecido como uma das frutíferas mais difundidas no globo terrestre, o coqueiro (*Cocos nucifera L*) está presente em praticamente todos os continentes e tem propriedades adaptativas a solos arenosos, intensa radiação solar, umidade e boa precipitação. Em atributo desta adaptabilidade, seu cultivo e utilização se dão com os mais variados produtos em todos o mundo, seja eles in natura ou industrializados (MARTINS e JESUS JÚNIOR, 2011).

No Brasil, o mercado do coco verde tem crescido nos últimos anos, provocado pela intensificação do consumo de água de coco, excitado principalmente pela inclusão de hábitos saudáveis na população brasileira (MARTINS e JESUS JÚNIOR, 2011). A produção em seu estágio final de maturação, entre 10 e 11 meses, tem a maior parte destinada a indústria de leite de coco e coco ralado (BRIGIDA et al, 2010).

Após processamento da casca do coco, são produzidos feixes longos e curtos, que são encontrados entre a casca e a concha interior do coco. No Brasil, o desperdício é da maior parte de sua produção, com uma estimativa que este desperdício seja superior a US\$ 60 milhões por ano (BRAZILIAN FIBRES, 2012).

Atualmente o coco é utilizado através da sua fibra também em materiais como: manufatura de colchões de mola, almofadas, estofamentos de carro, móveis e produção de

coxim para substituição do xaxim, muito utilizado na jardinagem (ARAGÃO, SANTOS e ARAGÃO, 2005).

Assim como a casca do coco maduro, a casca do coco verde é constituída por uma fração de pó e outra de fibras. Obtidos do mesocarpo de cocos, as fibras de coco são materiais lignocelulósicos e caracterizam-se pela sua durabilidade e dureza, que estão atreladas ao alto teor de lignina, quando equiparado com outras fibras naturais (SILVA, 2006).

A fibra de coco extraída do mesocarpo, apresenta uma elasticidade superior a outras fibras vegetais, proporcionando assim, elevada capacidade de resistir à umidade e a altas variações nas condições climáticas (PANNIRSELVAM et al., 2005; VALE; SOARES; CASAGRANDE, 2007).

Os materiais lignocelulósicos são considerados polímeros de carboidratos complexos, no qual 90% da massa seca são, essencialmente, compostas por hemicelulose ($C_5H_8O_4$), celulose $(C_6H_{10}O_5)_x$ e lignina $(C_9H_{10}O_3(OCH_3)_{0,9-1,7})_n$. Sendo os 10% restantes extrativos e cinzas (BALAT, 2011).

Enquanto a quantidade de celulose nas fibras das cascas de coco é menor, o percentual de lignina é grande, aproximadamente de duas a quatro vezes maiores que os valores existentes nas fibras de juta e sisal. A variação do teor de lignina nas fibras é em função da idade do fruto, circulando entre 20% nas fibras de coco jovem e 35% no fruto maduro (PASSOS, 2005).

Cerca de 20% do território brasileiro é englobado pelo Nordeste. Tendo como principal fator o clima, que é o agente da variação de outros coeficientes que constituem a paisagem (ARAÚJO, 2001). As maiores produções e plantações estão localizadas na faixa litorânea, em especial no Nordeste, as condições de tropicalidade climática são favoráveis para a alta produção de coco na região (AGEITEC, S.A.).

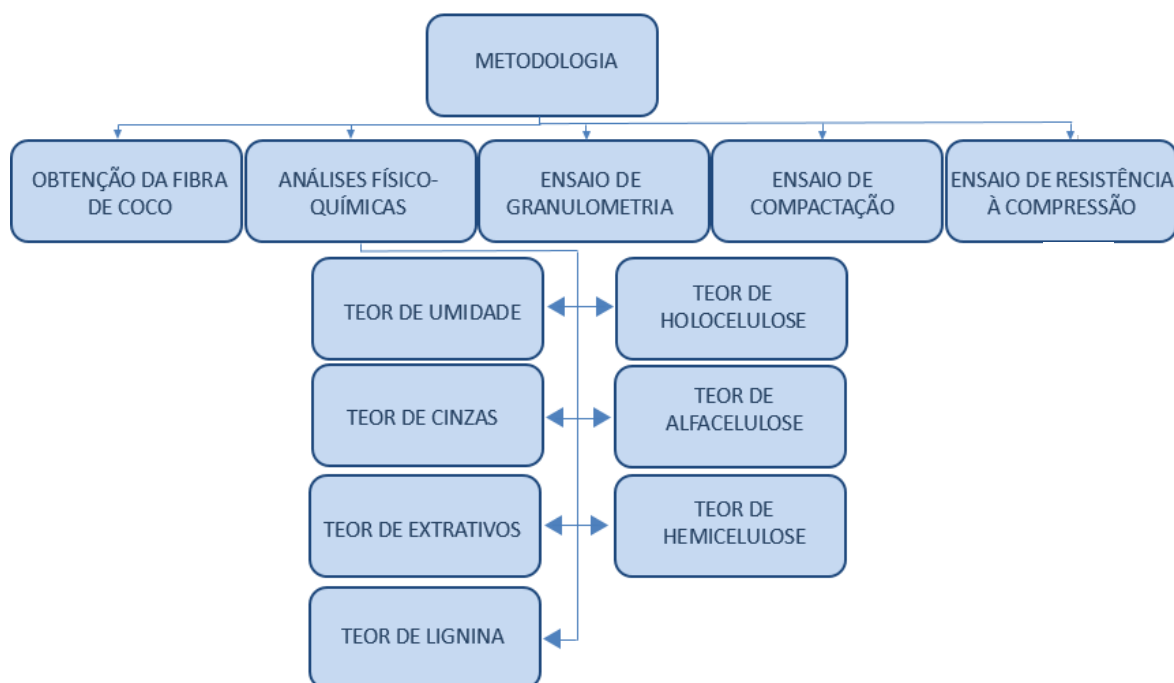
A Região Nordeste é dita como a maior produtora de coco do Brasil, com 74,0 % da produção nacional e 82,9 % de área plantada. Com o intuito de não perder a liderança na produção de coco, produtores do Nordeste estão renovando seus coqueirais, conquistando novos mercados (externos e internos) e utilizando variedades mais produtivas (BRAINER, 2018).

No Nordeste a produção de coco é realizada, comumente, por médios e pequenos produtores, enquanto nas demais regiões o cultivo é feito por grandes e médios produtores, a partir de grandes empresas agrícolas e agroindustriais. Nos últimos anos, a produção de coco brasileira teve uma queda significativa, principalmente em função do déficit hídrico, provocando morte de coqueirais na maior região produtora do Brasil. Entre os anos de 2016 e 2017, a baixa na produção foi equivalente a 205 milhões de frutos (BRAINER, 2018).

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

Apresentando como um dos propósitos da pesquisa a redução do índice de desperdício da casca do coco em toda extensão territorial brasileira, o estudo tem como intenção, o uso da fibra do coco na dosagem asfáltica. A primeira etapa realizada foi a análise físico-química da fibra do coco colhido na região do alto oeste potiguar com o intuito de quantificar os teores de celulose, hemicelulose e lignina, como também comparar os dados com a literatura. Seguida da etapa de análises granulométricas e mecânicas, todas as etapas desenvolvidas na metodologia podem ser observadas de forma resumida na Figura 12.

Figura 12: Fluxograma de metodologia desenvolvida



Fonte: Autora (2020).

4.1 OBTENÇÃO DA FIBRA DO COCO *IN NATURA*

O coco verde foi obtido em estabelecimentos de vendas da água de coco na cidade de Pau dos Ferros-RN. Estes teriam como destino, após a coleta da água, o descarte como resíduo para distribuição no lixão da cidade.

Os mesmos foram levados para o Laboratório de Química Geral na UFERSA-PDF, onde foram cortados, em tamanhos menores conforme apresentado na Figura 13, sanitizadas em hipoclorito de sódio (NaClO) na concentração de 100 ppm por 15 min, como visto na Figura 14, e submetidas a secagem em estufa até peso constante na temperatura de 105 °C, como pode-

se observar na Figura 15. Em seguida, utilizou-se uma forrageira elétrica, Figura 16, para trituração do material, com passagem em peneira para obtenção do pó, Figura 20 (CABRAL et al, 2017).

Figura 13: Cascas do coco verde em tamanhos reduzidos



Fonte: Autora (2019).

Figura 14: Cascas do coco verde em sanitização em NaClO



Fonte: Autora (2019).

Figura 15: Cascas do coco verde em secagem na estufa a 105 °C



Fonte: Autora (2019).

Figura 16: Forrageira elétrica utilizada para processamento do coco



Fonte: Autora (2019).

4.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

4.2.1 Teor de Umidade

Foi realizada a lavagem de uma fôrma de metal, que posteriormente foi levada à estufa a 105°C por 30 minutos. Após a retirada da fôrma, a mesma foi levada ao dessecador por 30 min para resfriamento e pesado em seguida. Uma amostra da matéria-prima *in natura* foi adicionada a fôrma. O conjunto amostra-fôrma foi pesado, Figura 17, e levado para a estufa a

105 °C por 24 horas (Figura 18). Após este tempo, o conjunto foi colocado em um dessecador por 30 minutos e em seguida, pesado (EMBRAPA 236, 2010).

Figura 17: Pesagem do conjunto amostra-fôrma úmido



Fonte: Autora (2019).

Figura 18: Amostra do coco úmido em secagem na estufa a 105 °C



Fonte: Autora (2019).

Por meio da equação 1 é possível realizar o cálculo do teor de umidade:

$$TU(\%) = \frac{MCAU - MCAS}{MAU} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

$TU(\%)$ = Teor de umidade da amostra;

$MCAU$ = Massa do conjunto amostra-fôrma úmido;

$MCAS$ = Massa do conjunto amostra-fôrma seco;

MAU = Massa da amostra úmida.

4.2.2 Teor de Cinzas

Foi realizada a lavagem de um cadinho, que posteriormente foi levado para a estufa a 105 °C por 30 minutos. Após retirada do cadinho da estufa, o mesmo foi levado ao dessecador por um período de 30 min para resfriamento e pesado logo em seguida. Uma quantidade de 3 gramas da amostra seca foi adicionada ao cadinho seco e pesado, Figura 19.

Figura 19: Pesagem da amostra utilizada para a análise do teor de cinzas



Fonte: Autora (2019).

O conjunto amostra-cadinho foi pesado e levado para a mufla, Figura 20, em temperatura ambiente, esperou-se a mufla chegar em 600 °C em 60 minutos, com rampa de 9,6 °C/min, foi mantida a temperatura de 600 °C por 3 horas, após este tempo a temperatura caiu para 200 °C em 1 hora. O conjunto amostra-cadinho foi removido da mufla e colocado em dessecador por 30 minutos e pesado em seguida (EMBRAPA 236, 2010).

Figura 20: Amostra posicionada na mufla



Fonte: Autora (2019).

A equação 2 é utilizada para realizar o cálculo do teor de cinzas:

$$TC(\%) = \frac{MCAC - MC}{MA} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

$TC(\%)$ = Teor de cinzas da amostra;

$MCAC$ = Massa do cadinho com amostra calcinada;

MC = Massa do cadinho;

MA = Massa da amostra.

4.2.3 Teor de Extrativos

Foi realizada a secagem do papel filtro em estufa a 105 °C por 15 minutos, após a retirada do papel filtro da estufa, o mesmo foi levado para o dessecador por 15 minutos. Uma quantidade de 4 gramas da amostra seca foi adicionada ao papel filtro formando uma espécie de cartucho, Figura 21. Em um balão de fundo redondo de 250 mL foi adicionado 75 mL de álcool etílico (C_2H_5OH) e 75 mL de hexano (C_6H_{14}), Figura 22.

O conjunto balão-extrator foi colocado em uma manta aquecedora e conectada a um soxhlet que contém o cartucho com amostra dentro dele, Figura 23. Após ligado o sistema teve um número de refluxos ajustados para que acontecesse 24 ou mais refluxos em um período de 4 a 5 horas (EMBRAPA 236, 2010).

Figura 21: Cartucho formado pelo papel filtro e amostra



Fonte: Autora (2019).

Figura 22: Balão com os extratores



Fonte: Autora (2019).

Figura 23: Sistema com Soxhlet utilizado para extração



Fonte: Autora (2019).

Após decorrido esse tempo, o balão com solventes e extrativos foi removido e tratado para a retirada dos solventes até cerca de 20 a 25 mL, o extrato foi transferido para um recipiente pesado, seco e limpo previamente. O recipiente com os extratos foi levado a estufa a 105 °C por 1 hora, decorrido este tempo o recipiente foi levado a um dessecador por 30 min e pesado posteriormente. Foi realizada uma análise similar utilizando apenas o solvente, para calcular quanto da massa final é devido a contaminantes do solvente (EMBRAPA 236, 2010). A equação 3 é utilizada para calcular o teor de extrativos:

$$TE(\%) = \frac{MRE - MRRS}{MA} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

$TE(\%)$ = Teor de extrativos da amostra;

MRE = Massa do conjunto recipiente extrativos;

$MRRS$ = Massa do conjunto recipiente e resíduo de solvente;

MA = Massa da amostra.

4.2.4 Teor de Lignina

Para esta análise, pesou-se 1 (um) grama da amostra sem umidade e sem extrativos, posteriormente, adicionou essa amostra em um becker com capacidade mínima de 500 mL. Juntamente a este, adicionou-se 17 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 72%, resfriado em geladeira. Após 15 minutos de agitação vigorosa, a amostra ficou em descanso por 24 horas (Figura 24). Um funil de porcelana limpo com capacidade de 50 mL foi levado a estufa por 2 horas a 105 °C. Em seguida, o mesmo foi colocado em dessecador (EMBRAPA 236, 2010).

Figura 24: Amostra após decorrida as 24 horas em descanso no ácido sulfúrico



Fonte: Autora (2019).

Após as 24 horas, adicionou 306 ml de água destilada ao becker e transferiu todo conteúdo para um balão de 1000 mL. O balão foi colocado em uma manta aquecedora e conectado posteriormente em um condensador. O material permaneceu em refluxo durante 4 horas contadas a partir do momento da fervura, Figura 25. Passada as 4 horas, o balão permaneceu em resfriamento até obter a temperatura ambiente, Figura 26 (EMBRAPA 236, 2010).

Figura 25: Equipamento utilizado para que o material permanecesse em refluxo



Fonte: Autora (2019).

Figura 26: Balões em resfriamento ambiente



Fonte: Autora (2019).

O funil de porcelana foi pesado e conectado a um kitassato e a uma bomba a vácuo, compondo assim a aparelhagem de filtração. Todo o conteúdo do balão foi transferido para o funil em agitação constante, Figura 27, lavando posteriormente o balão para não perder nenhuma porção de lignina. O precipitado foi lavado para atingir o pH da água utilizada para lavagem, Figura 28, 29 e 30. Em seguida, o funil foi levado à estufa a 105 °C por 3 horas, após isto, o mesmo ficou em dessecador por 30 minutos para em seguida, realizar a pesagem do funil somado a lignina (EMBRAPA 236, 2010).

Figura 27: Transferência do conteúdo do balão para o conjunto de filtração



Fonte: Autora (2019).

Figura 28: Lavagem do precipitado



Fonte: Autora (2019).

Figura 29: Verificação do pH da água



Fonte: Autora (2019).

Figura 30: Verificação do pH do precipitado



Fonte: Autora (2019).

As equações 4 e 5 são utilizadas para obtenção do teor de lignina da amostra:

$$L(\%) = \left(\frac{MFL - MF}{MA} \times 100 \right) - TC(\%) \quad (4)$$

Onde:

$L(\%)$ = Teor de lignina;

MFL = Massa do funil com a amostra de lignina;

MF = Massa do funil;

MA = Massa da amostra;

$TC(\%)$ = Teor de Cinzas.

$$L_{\text{corrigido}}(\%) = \frac{L(\%) \times (100 - (TE(\%) + TU(\%)))}{100} \quad (5)$$

Onde:

$L_{\text{corrigido}}(\%)$ = Teor de lignina corrigido;

$L(\%)$ = Teor de lignina;

$TE(\%)$ = Teor de extrativos;

$TU(\%)$ = Teor de umidade.

4.2.5 Teor de Holocelulose

Nesta análise, realizou-se a lavagem do cadinho de vidro com capacidade de 30 mL e placa porosa fina nº 4, em seguida, o mesmo foi submetido a estufa a 105 °C por 2 horas e colocado em dessecador até o momento de sua utilização. Foi adicionado a um erlenmeyer de 500 mL, 3 gramas da matéria-prima seca e sem extrativos.

No erlenmeyer foi adicionado 120 mL de água de destilada, 2,5 gramas de clorito de sódio (NaClO_2) com pureza de 80% e 1 mL de ácido acético glacial (CH_3COOH) com pureza de 99,85% (EMBRAPA 236, 2010).

O erlenmeyer de 500 mL foi tampado com um de 25 mL, como visto na Figura30, e mergulhado em banho-maria com temperatura de 70 °C, o conjunto do banho foi colocado dentro da capela de exaustão para realização do processo, Figura 31. O erlenmeyer foi colocado em agitação constante.

Após uma hora de agitação, adicionou-se mais 2,5 gramas de NaClO_2 e 1 mL de CH_3COOH , passada mais uma hora foi adicionado as mesmas quantidades adicionadas anteriormente, o banho-maria continuou por mais 3 horas (EMBRAPA 236, 2010).

Figura 31: Procedimento para extração da holocelulose



Fonte: Autora (2019).

Retirou-se o erlenmeyer do banho, visto na Figura 30, e colocou o mesmo em banho contendo gelo, com quantidade acima do nível do conteúdo do recipiente por 30 minutos. A massa do cadinho de vidro foi medida e o mesmo foi conectado a um kitassato de 1000 mL juntamente e a uma bomba a vácuo dentro da capela de exaustão, Figura 32. O conteúdo do erlenmeyer foi transferido para o cadinho de vidro em agitação constante e lavado para que nenhuma porção de holocelulose fosse perdida. A lavagem persistiu até que o conteúdo do cadinho de vidro obtivesse pH da água destilada utilizada para lavagem (EMBRAPA 236, 2010).

Figura 32: Conjunto utilizado para filtração da holocelulose



Fonte: Autora (2019).

Quando o pH medido ficou próximo da neutralidade, a lavagem foi realizada com 10 a 20 mL de metanol (CH₃OH) e posteriormente mais um enxágue com bastante água destilada foi realizado. O cadinho foi levado para estufa a 105 °C até atingir peso constante, tendo como parâmetro inicial 18 horas. Em seguida, o cadinho de vidro foi para o dessecador durante 30 min e depois foi realizada a pesagem do conjunto cadinho-holocelulose (EMBRAPA 236, 2010). As equações 6 e 7 são utilizadas para obtenção do teor de holocelulose da amostra:

$$TH(\%) = \frac{MCH - MC}{MA} \times 100 \quad (6)$$

Onde:

$TH(\%)$ = Teor de holocelulose;

MCH = Massa do cadinho de vidro com a amostra de holocelulose;

MC = Massa do cadinho de vidro;

MA = Massa da amostra;

$$TH_{\text{corrigido}}(\%) = \frac{TH(\%) \times (100 - (TE(\%) + TU(\%)))}{100} \quad (7)$$

Onde:

$TH_{\text{corrigido}}(\%)$ = Teor de holocelulose corrigido;

$TH(\%)$ = Teor de holocelulose;

$TE(\%)$ = Teor de extrativos;

$TU(\%)$ = Teor de umidade.

4.2.6 Teor de Alfacelulose

Foi realizada a lavagem do cadinho de vidro com capacidade de 30 mL e placa porosa fina nº 4, após a lavagem o cadinho foi submetido a estufa a 105 °C por 2 horas e em seguida foi colocado em dessecador até o momento de sua utilização. O cadinho de vidro foi pesado e conectado a um kitassato e uma bomba a vácuo compondo assim a aparelhagem de filtração. Foi pesada 1 grama da holocelulose seca obtida anteriormente e colocada em um almofariz que comporte 100 mL (EMBRAPA 236, 2010).

Adicionou-se ao almofariz 15 mL de hidróxido de sódio (NaOH) 17,5% e aguardou por 2 minutos, passado o tempo o material foi triturado durante 8 minutos, Figura 33, e

posteriormente foi adicionado 40 mL de água destilada no almofariz. Todo o conteúdo foi transferido para o cadinho de vidro, realizou-se a lavagem do almofariz com água destilada e transferiu o conteúdo para o cadinho (EMBRAPA 236, 2010).

Figura 33: Trituração da holocelulose



Fonte: Autora (2019).

O processo de filtração foi iniciado, o precipitado do cadinho foi enxaguado até que o pH fique igual ao da água utilizada. O cadinho foi levado para estufa a 105 °C até atingir peso constante, tendo como parâmetro inicial 18 horas. Em seguida, o cadinho de vidro foi para o dessecador durante 30 min e depois foi realizada a pesagem do conjunto cadinho-alfacelulose (EMBRAPA 236, 2010). As equações 8 e 9 são utilizadas para obtenção do teor de alfacelulose da amostra:

$$TA(\%) = \frac{MCA - MC}{MA} \times 100 \quad (8)$$

Onde:

$TA(\%)$ = Teor de alfacelulose;

MCH = Massa do cadinho de vidro com a amostra de alfacelulose;

MC = Massa do cadinho de vidro;

MA = Massa da amostra;

$$TA_{corrigido}(\%) = \frac{TA(\%) \times TH_{corrigido}(\%)}{100} \quad (9)$$

Onde:

$TA_{corrigido}(\%)$ = Teor de alfacelulose corrigido;

$TA(\%)$ = Teor de alfacelulose;

$TH_{corrigido}(\%)$ = Teor de holocelulose corrigido;

4.2.7 Teor de Hemicelulose

O teor de hemicelulose foi obtido de forma empírica, por meio da equação 10:

$$The_{corrigido}(\%) = TH_{corrigido}(\%) - TA_{corrigido}(\%) \quad (10)$$

Onde:

$The_{corrigido}(\%)$ = Teor de hemicelulose corrigido;

$TA_{corrigido}(\%)$ = Teor de alfacelulose corrigido;

$TH_{corrigido}(\%)$ = Teor de holocelulose corrigido;

4.3 ENSAIO DE GRANULOMETRIA

O ensaio de granulometria foi realizado para todos os agregados utilizados no traço do asfalto, a areia, a brita e a fibra de coco. O ensaio foi realizado conforme a NBR NM 248:2001 no Laboratório de Engenharia Civil da UFRSA-PDF. Primeiro foi realizado o ensaio para a fibra de coco, utilizando a série normal estabelecida pela NM 248:2001 (9,5 mm; 6,3 mm; 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 600 μ m; 300 μ m; 150 μ m; fundo), Figura 34.

Figura 34: Série de peneiras utilizadas no ensaio de granulometria



Fonte: Autora (2019).

Foi utilizado 300 gramas de amostra inicial, onde essa quantidade foi determinada por meio da disponibilidade do material. A amostra foi colocada na peneira superior do conjunto e realizou-se a agitação por partes, posterior à agitação, foi realizada a pesagem da massa passante e retida em cada peneira, Figuras 35 e 36, e assim, o ensaio foi finalizado e a curva granulometria traçada posteriormente.

Figura 35: Massa retida na peneira



Fonte: Autora (2019).

Figura 36: Massa passante na peneira



Fonte: Autora (2019).

Posteriormente foi realizado o ensaio para a brita, utilizando a série normal estabelecida pela NBR NM 248:2001 (38 mm; 19 mm; 9,5 mm; 6,3 mm; 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 600 μ m; 300 μ m; 150 μ m; fundo).

Para isto, foi utilizado 5000 gramas de amostra inicial. A amostra foi colocada na peneira superior do conjunto, e realizou-se a agitação por partes. Após a agitação, foi realizada a pesagem da massa passante e retida em cada peneira, e assim, o ensaio foi finalizado e a curva granulometria traçada posteriormente.

Por fim, foi realizado o ensaio para a areia fina, utilizando a série normal estabelecida pela NBR NM 248:2001 (19 mm; 9,5 mm; 6,3 mm; 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 600 μ m; 300 μ m; 150 μ m; fundo). Neste ensaio, utilizou-se 2000 gramas de amostra inicial, onde a mesma foi colocada na peneira superior do conjunto e realizou-se a agitação por partes. Posteriormente a agitação, foi realizada a pesagem da massa passante e retida em cada peneira, e assim, com base nos dados obtidos foi traçada a curva granulometria.

A partir do ensaio de granulometria também é possível calcular o módulo de finura do material estudado, que pela NBR NM 248:2001 é dito como a porcentagem retida acumulada dividida por cem. Onde, quanto maior for o módulo de finura mais gráúdo é o material.

4.4 ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

Para este ensaio, utilizou-se a fibra de coco com objetivo de determinar a massa unitária deste material. O mesmo foi realizado conforme a NBR NM 45:2006 no Laboratório de Engenharia Civil da UFERSA-PDF. Foi determinada a massa e volume do molde utilizado no ensaio vazio, em seguida encheu-se o recipiente com a fibra de coco até um terço da sua capacidade e efetuou-se o adensamento mediante 25 golpes da haste de adensamento.

Encheu-se o recipiente até completar dois terços (2/3) de sua capacidade e aplicou-se 25 golpes com a haste, por fim, terminou de encher o recipiente e realizou os 25 golpes finais, Figura 37.

Figura 37: Compactação da camada de fibra com auxílio da haste



Fonte: Autora (2019).

A compactação de cada camada foi realizada sem encostar a haste na outra para que não exista interferência no resultado, como visto na NBR NM 45:2006, a camada superficial foi nivelada e a massa do recipiente com a fibra foi pesada. A massa unitária da fibra de coco foi calculada por meio da equação 11.

$$Massa\ unitária = \frac{MC - MR}{V} \quad (11)$$

Onde:

$Massa\ unitária\ (g/cm^3) = \text{Massa unitária compactada};$

$MC\ (g) = \text{Massa do conjunto};$

$MR\ (g) = \text{Massa do recipiente};$

$V\ (cm^3) = \text{Volume do recipiente}.$

4.5 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Para realização do ensaio de resistência à compressão, que tem como objetivo descobrir a resistência à compressão do corpo de prova, fez-se necessário primeiro a elaboração dos corpos de prova de asfalto. A moldagem dos corpos de prova foi realizada de acordo com a NBR 5738:2015 de moldagem de corpos de prova de concreto, pois o laboratório não dispunha dos corpos de prova para asfalto, os mesmos tinham dimensão de 100 mm x 200 mm. O adensamento foi realizado em 3 camadas, Figura 38, cada um com 12 golpes para que qualquer ar existente saísse, na última camada colocou-se asfalto em excesso para preenchimento completo do molde.

Figura 38: Adensamento das camadas de asfalto



Fonte: Autora (2019).

A ruptura dos corpos de prova, foi realizada com o auxílio do técnico do laboratório, de Engenharia Civil da UFERSA-PDF. A prensa utilizada é apresentada na Figura 39 e o cálculo da tensão de ruptura dos mesmos foi realizada por meio da equação 12.

Figura 39: Prensa utilizada para ruptura dos corpos de prova



Fonte: Autora (2019).

Equação 12:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (12)$$

Onde:

σ (MPa) = Tensão de ruptura;

F (kN) = Força de ruptura;

A (m²) = Área de contato da prensa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA FIBRA DE COCO

No trabalho vigente foi realizado a caracterização da fibra de coco, com o objetivo de auxiliar na análise sobre a eficiência a resistência da utilização da fibra de coco como adjunto na composição do asfalto. As pesquisas foram realizadas nos laboratórios de Química Geral e Aplicada da UFERSA-PDF, como descrito na metodologia do trabalho. A Tabela 02, apresenta os resultados para a fibra de coco obtida na região do oeste potiguar e os padrões de identidades de outros autores, como comparativo.

Tabela 01: Caracterização físico-química da fibra de coco e padrões de identidade

Componentes	Dados da pesquisa	Rosa (2001)	Cabral (2017) <i>in natura</i>
Holocelulose (%)	4,33	-	-
α-celulose (%)	3,42	-	-
Hemicelulose (%)	0,90	-	12,26
Lignina (%)	27,62	-	40,10
Cinzas (%)	4,63	-	2,56
Extrativos (%)	5	-	2,63
Umidade (%)	63,22	85	-
Total	109,140	85	57,55

Fonte: Autora (2020).

Analisando os resultados na Tabela 01, pode-se verificar que o resultado das sete análises apresentam valores bem próximos aos obtidos por outros autores. Alterações entre alguns valores podem se dar pela particularidade da região em que a matéria-prima foi obtida, onde o solo ou condições climáticas podem interferir nessa composição. Em todas as literaturas pesquisadas nenhum dos autores realizou todas as análises em questão, apenas parte das mesma em relação a fibra do coco.

A análise da lignina se destaca em importância em relação as demais, visto que a lignina é responsável pela resistência das fibras, podendo assim, consequentemente, aumentar a resistência à compressões do asfalto.

Conforme visto na Tabela 01, o somatório total referente a composição da matéria-prima da fibra do coco, foi de 109,14% ficando assim acima dos 100%. Os teores de cinzas e extrativos obtiveram resultados superiores aos encontrados nas literaturas, isso pode ter sido acarretado, devido as limitações do laboratório fizeram com que essas duas análises fossem as de maior dificuldade durante a execução, com isso, as mesmas acabaram tendo uma diferença nos resultados.

5.2 ENSAIO DE GRANULOMETRIA

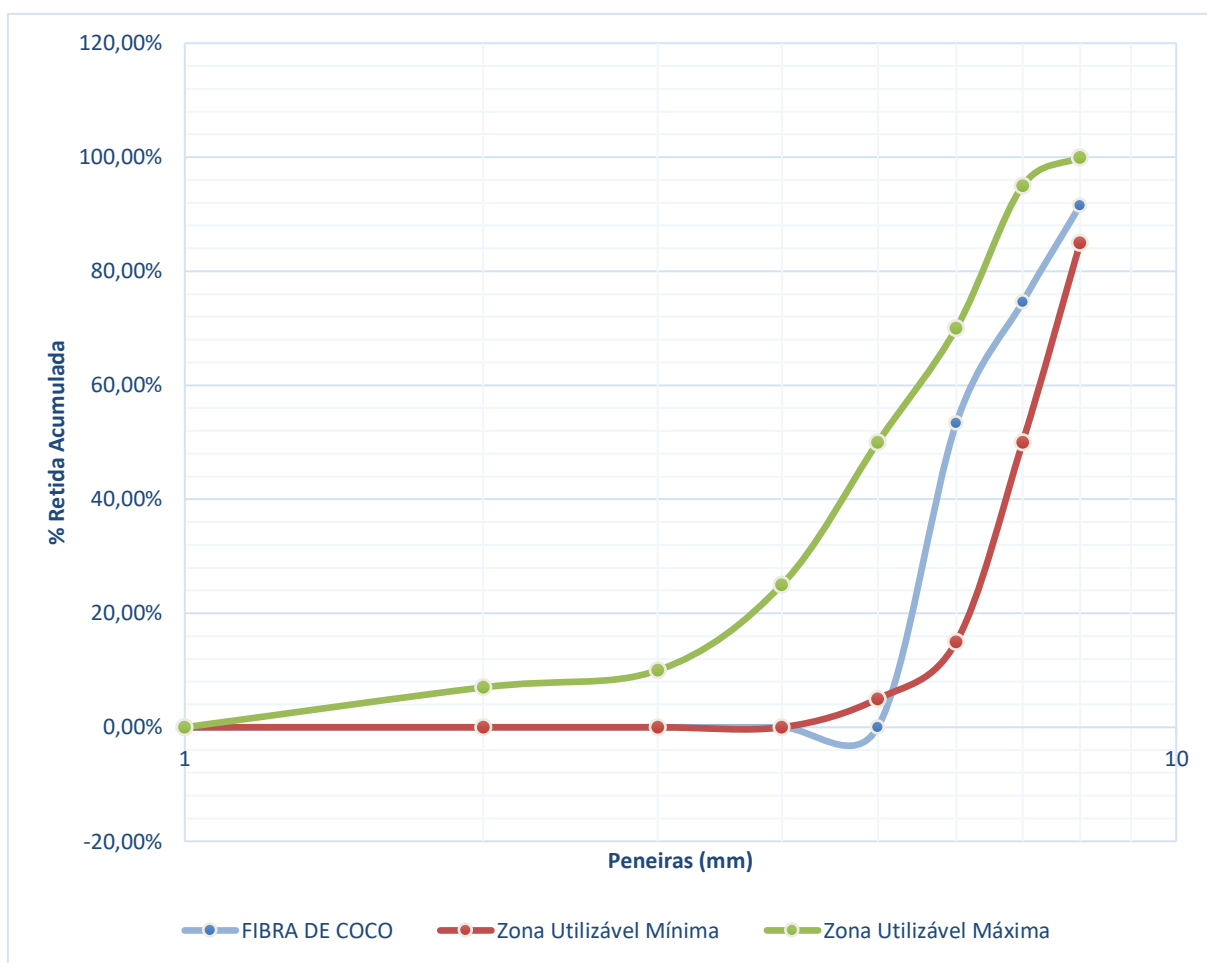
Foi realizado o ensaio de granulometria de todos os agregados utilizados para o traço do asfalto, com o objetivo de auxiliar a produção do mesmo. O ensaio foi realizado no laboratório de Engenharia Civil da UFERSA-PDF, como descrito na metodologia do trabalho. A Tabela 02 mostra os resultados obtidos no ensaio, e o Gráfico 01 apresenta a curva granulométrica da fibra de coco.

Tabela 02: Resultados obtidos na granulometria da fibra de coco

PENEIRA	MASSA RETIDA (g)	MASSA PASSANTE (g)	% RETIDO	% ACUMULADO	% PASSANTE
9,5 mm	0	300	0,00%	0,00%	100%
6,3 mm	0	300	0,00%	0,00%	100%
4,75 mm	0	300	0,00%	0,00%	100%
2,36 mm	0	300	0,00%	0,00%	100%
1,18 mm	0	300	0,00%	0,00%	100%
600 µm	160,05	137,85	53,35%	53,35%	46%
300 µm	63,75	76,2	21,25%	74,60%	25%
150 µm	50,9	24,65	16,97%	91,57%	8%
FUNDO	24,65	0	8,22%		0%
TOTAL	300				

Fonte: Autora (2019).

Gráfico 01: Curva Granulométrica da Fibra de Coco



Fonte: Autora (2020).

O módulo de finura obtido de acordo, foi de 0,9157, caracterizando assim o material como fino. De acordo com a NBR 7211:2005 sua localização na curva granulométrica fica próxima da zona utilizável inferior.

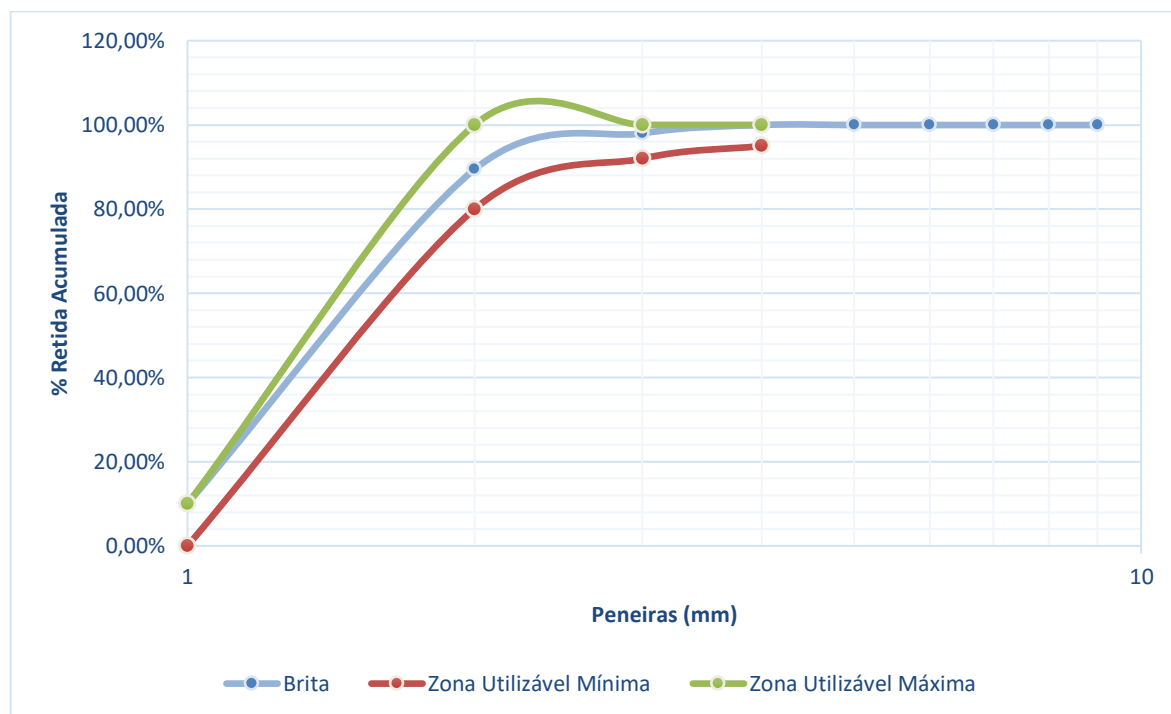
Como pode-se observar através do Gráfico 01 a curva granulométrica da fibra de coco encontra-se durante sua maior parte entre a zona utilizável mínima e zona utilizável máxima, sendo assim um material propício ao uso. A Tabela 03 e o Gráfico 02 mostram os resultados obtidos no ensaio de granulometria da brita utilizada no traço asfáltico.

Tabela 03: Resultados obtidos na granulometria da brita

PENEIRA	MASSA RETIDA (g)	MASSA PASSANTE (g)	% RETIDO	% ACUMULADO	% PASSANTE
19 mm	500,3	4499,7	10,01%	10,01%	90,01%
9,5 mm	3970,6	529,1	79,43%	89,44%	10,58%
6,3 mm	428	101,1	8,56%	98,00%	2,02%
4,8 mm	98,7	2,4	1,97%	99,97%	0,05%
2,4 mm	0	1,4	0,00%	99,97%	0,03%
1,2 mm	0	1,4	0,00%	99,97%	0,03%
0,6 mm	0	1,4	0,00%	99,97%	0,03%
0,3 mm	0	1,4	0,00%	99,97%	0,03%
0,15 mm	0	1,4	0,00%	99,97%	0,03%
FUNDO	1,4	0	0,03%	100,00%	0,00%
TOTAL	5000				

Fonte: Autora (2019).

Gráfico 02: Curva Granulométrica da Brita



Fonte: Autora (2020).

A brita aplicada foi classificada de acordo com a NBR 7211:2005, como brita 1, com peneira mínima de 9,5 mm e máxima de 25 mm, e comercialmente como brita 1 com peneira

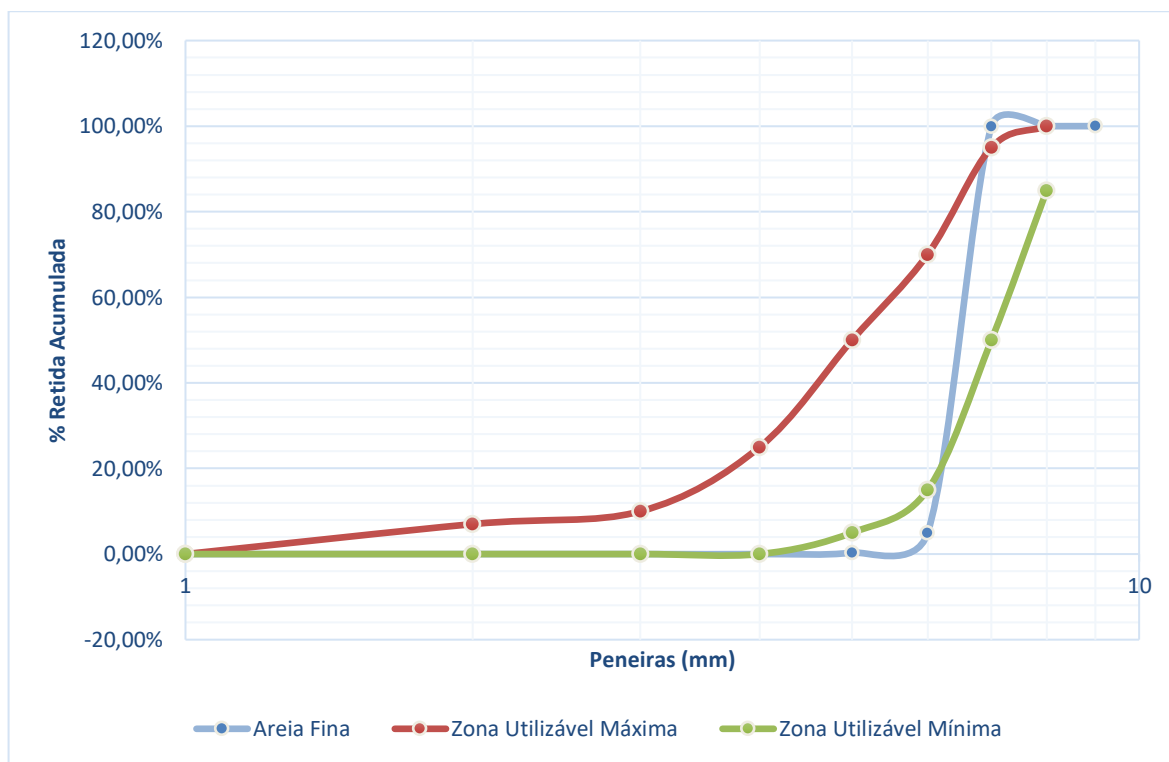
mínima 9,5 mm e máxima de 19 mm. Como pode-se observar através do Gráfico 02 a curva granulométrica da brita encontra-se entre a zona utilizável mínima e zona utilizável máxima, sendo assim um material propício ao uso. A Tabela 04 e o Gráfico 03 apresentam os resultados obtidos no ensaio de granulometria da areia utilizada no traço asfáltico.

Tabela 04: Resultados obtidos na granulometria da areia

PENEIRA	MASSA RETIDA (g)	MASSA PASSANTE (g)	% RETIDO	% ACUMULADO	% PASSANTE
19 mm	0	2000	0,000%	0,00%	100,000%
9,5 mm	0	2000	0,000%	0,00%	100,000%
6,3 mm	0	2000	0,000%	0,00%	100,000%
4,75 mm	0	2000	0,000%	0,00%	100,000%
2,36 mm	7	1993	0,350%	0,35%	99,650%
1,18 mm	91	1902	4,550%	4,90%	95,100%
600 µm	1901,316	0,684	95,066%	99,97%	0,034%
300 µm	0,574	0,11	0,029%	99,99%	0,006%
150 µm	0,078	0,032	0,004%	100,00%	0,002%
FUNDO	0,032		0,002%	100,00%	0,000%
TOTAL	2000				

Fonte: Autora (2019).

Gráfico 03: Curva Granulométrica da Areia



Fonte: Autora (2020).

O módulo de finura obtido de acordo, foi de 1,0, caracterizando assim a areia como fina de acordo com a NBR 7211:2005. Sua localização na curva granulométrica fica próxima da zona utilizável inferior, como pode-se observar no Gráfico 03 a curva granulométrica da areia encontra-se durante sua maior parte entre a zona utilizável mínima e zona utilizável máxima, sendo assim um material propício ao uso.

5.3 ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

Foi realizado o ensaio de compactação da fibra de coco utilizado para o traço do asfalto, com objetivo de determinar a massa unitária deste material. O ensaio foi realizado no laboratório de Engenharia Civil da UFERSA-PDF, como descrito na metodologia deste trabalho. A Tabela 05 mostra os resultados obtidos no ensaio.

Tabela 05: Resultados obtidos no ensaio de compactação

Diâmetro (cm)	Altura (cm)	Massa do recipiente (cm)	Massa do conjunto (cm)	Volume (cm³)	Massa unitária compactada (g/cm³)
10	17,5	5350,2	5524,15	1374,45	0,127

Fonte: Autora (2019).

A massa unitária compactada final foi de 0,127 g/cm³, valor este inferior a 1,0 g/cm³, podendo assim classificá-la de acordo com a NBR 45:2006 como um material leve.

5.4 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Para realização do ensaio de resistência à compressão, fez-se necessário primeiramente, a elaboração dos corpos de prova de asfalto. Alguns traços foram testados até que se chegasse no traço ideal e final, Figura 40, este traço foi obtido observando principalmente a trabalhabilidade e sustentação do mesmo na moldagem dos corpos de prova.

A Tabela 06, mostra o traço utilizado nos 4 corpos de prova. Onde realizou-se a moldagem do corpo de prova sem fibra, com 10%, 20% e 27% de fibra, Figura 41.

Figura 40: Traço ideal utilizado em moldagem para aplicação nos corpos de prova



Fonte: Autora (2019).

Tabela 06: Traços utilizados para moldagem dos corpos de prova

TRAÇO	CP 01	CP 02	CP 03	CP 04
BRITA	50 %	50 %	50 %	50 %
AREIA FINA	27 %	17 %	7 %	0 %
FIBRA DE COCO	0 %	10 %	20 %	27 %
CIMENTO (CP II E-32-RS)	15 %	15 %	15 %	15 %
LIGANTE ASFÁLTICO	8 %	8 %	8 %	8 %

Fonte: Autora (2019).

Figura 41: Corpos de prova no instante imediato após moldagem



Fonte: Autora (2019).

Os quatro corpos de provas moldados, Figura 41, foram retirados do molde no dia seguinte, Figura 42, aguados e deixados na cura ao ar livre por 30 dias. Realizou-se apenas um corpo de prova para cada traço por causa da disponibilidade do ligante asfáltico.

Figura 42: Corpos de prova após desmolde



Fonte: Autora (2019).

Foi realizado o ensaio de resistência à compressão nos corpos de provas moldados seguindo o traço citado anteriormente. Segundo SOARES e CAVALCANTE (S.A) o ideal seria a confecção de 3 corpos de prova para cada traço, realizando assim em triplicata o teste, e o

tamanho do molde utilizado de 6,35 cm de altura e 10 cm de diâmetro. Porém, o Laboratório de Engenharia Civil da UFRSA-PDF só dispunha de corpos de prova com 20 cm de altura e 10 cm de diâmetro, a confecção dos 3 corpos para cada traço não foi possível devido a quantidade de ligante disponível.

Com isso, realizou-se um corpo de prova para cada traço determinado na Tabela 06, onde os mesmos possuíam dimensões inapropriadas para o corpo de prova de asfalto. Essas diferenças afetaram diretamente o resultado final do ensaio, pois quando os corpos de prova foram submetidos a ruptura, na prensa que também não era adequada para os mesmos, pois a prensa é utilizada para romper os corpos de prova de concreto, todos os corpos de prova romperam e se deformaram distribuídos na Figura 43, do CP 01 ao CP 04 respectivamente, como pode-se ver a seguir, porém a força utilizada para ruptura dos mesmos foi muito pequena impossibilitando a leitura da mesma pela prensa.

Figura 43: Corpos de prova após ruptura



Fonte: Autora (2019).

Mesmo com a força utilizada para ruptura dos corpos de prova sendo muito pequena impossibilitando assim a leitura da mesma pela prensa, pela Figura 42 pode-se perceber que os corpos de prova CP 03 e CP04 tiveram deformação inferior aos outros dois, com destaque a grande deformação sofrida pelo CP 01.

6 CONCLUSÃO

Por meio da caracterização físico-química da fibra de coco realizada na UFERSA-PDF, percebe-se que é possível o enquadramento da mesma aos parâmetros obtidos pelas literaturas citadas anteriormente, destacando em especial, a porcentagem de lignina encontrada que foi de 27,62%. Esse teor de lignina, representa um bom percentual de composição da matéria-prima frente a outros tipos de materiais lignocelulósicos, o que tem como característica, alto índice de resistência da fibra, que contribui consequentemente, para a resistência do asfalto.

O traço utilizado para a confecção foi identificado com ótima trabalhabilidade para a confecção dos corpos de provas asfáltico. Através do ensaio de granulometria da fibra e da areia, pôde-se observar que a curva granulométrica das mesmas, se encontravam dentro dos limites estabelecidos pela faixa utilizável mínima e máxima segundo a NBR 7211:2005.

O módulo de finura encontrado para a fibra de coco foi de 0,9157 e da areia foi 1,0, onde a partir destes módulos foi possível classificar ambos como um material fino. Com estes resultados, foi possível confirmar que a substituição da areia pela fibra de coco era possível, já que os dois tinham módulo de finura aproximados.

Mesmo com todas as dificuldades encontradas durante a execução deste trabalho, como a falta de equipamentos adequados no laboratório para realização da moldagem do corpo de prova ideal e a prensa para ruptura ideal, pode-se observar que a confecção do asfalto com a adição de fibra de coco é possível, observando a trabalhabilidade do mesmo visualmente, como também, a deformação dos mesmos onde os corpos de provas CP 03 e CP 04 que possuíam os maiores teores de fibra de coco obtiveram uma menor deformação visual ao comparados com os demais.

Observando as questões socioeconômicas pode-se concluir que os índices de desperdício da fibra de coco pode ser reduzido a partir da utilização em produtos alternativos como no traço de asfalto. Tendo como perspectiva para trabalhos futuros a confecção de moldes e ruptura dos mesmos em condições adequadas, para observação do ganho de resistência à compressão.

7 REFERÊNCIAS

- AGEITEC, Estatística da produção, S.A. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/coco/arvore/CONT000fo7hz6ox02wyiv8065610d6ky3ary.html>. Acesso em 11 de abril de 2019.
- ARAGÃO, W. M., **Coco: Pós-colheita**. Série Frutas do Brasil. EMBRAPA: Brasília, 2002.
- ARAGÃO, W. M.; SANTOS, V. A. J.; ARAGÃO, F. B.; **Produção de fibra de cultivares de coqueiro**. Comunicado Técnico 36, Aracaju, SE, p. 1-4, Janeiro. 2005.
- ARAÚJO, S.M.S. de; **A região semiárida do nordeste brasileiro: questões ambientais e possibilidades de uso sustentável dos recursos**. Rios Eletrônica – Revista Científica da FASETE ano 5, n.5, 2001. Disponível em: http://www.fasete.edu.br/revistarios/media/revistas/2011/a_regiao_semiarida_do_nordeste_do_brasil.pdf . Acesso em 12 de abril de 2019.
- BALAT, M. 2011. **Production of bioethanol from lignocellulosic materials via the biochemical pathway: A review**. Energy Conversion and Mangement, 52, 2, 858-875.
- BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B.; **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2008.
- BRAINER, M. S. C. P.; **Produção de coco: o Nordeste é destaque nacional**. Ano 3, nº61. BANCO DO NORDESTE, 2018.
- BRAZILIAN FIBRES, 2012. Disponível em: http://www.brazilianfibres.com.br/?page_id=17&lang=pt. Acesso em 16 de janeiro de 2020.
- BRIGIDA, A. I. S. et al; **Effect of chemical treatments on properties of green coconut fiber**. Carbohydrate Polymers, Kidlington, v. 79, n. 4, p. 832-838, Março. 2010.
- BRITO, E. O., ROCHA, J. D. S., VIDAURRE, G. B., BATISTA, D. C., PASSOS, P. R. A., MARQUES, L. G. C.; 2004. **Propriedades de chapas produzidas com resíduos do fruto de coco e partículas de pinus**. Floresta e Ambiente, 11, 2, 01-06.
- CABRAL, M. M. S.; ABUD, A. K. S.; ROCHA, M. S. R. S.; ALMEIDA, R. M. R. G.; GOMES, M. G.; **Composição da fibra da casca de coco verde *in natura* e após pré-tratamentos químicos**. ENGEVISTA, V. 19, n.1 , p. 99-108, Janeiro 2017.
- CARDONA, C. A.; QUINTERO, J. A.; PAZ, I. C.; **Production of bioethanol from the sugar cane bagasse: Status and Perspectives**. Bioresource Technology. 2010;101:4754-60.
- CNT, CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Transporte Rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?** – Brasília: CNT: SEST: SENAT, 2017. Color.; mapas gráficos. Disponível em: <http://cms.cnt.org.br/Paginas/PageNotFoundError.aspx?requestUrl=http://cms.cnt.org.br/Imag>

ens%20CNT/PDFs%20CNT/Estudos%20CNT/estudo_pavimento. Acesso em 03 de maio de 2019.

CNT, CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Conheça os 13 principais defeitos do pavimento das rodovias.** [S. l.], 2018. Disponível em: <http://www.cnt.org.br/imprensa/noticia/conheca-principais-defeitos-pavimento>. Acesso em 3 de maio de 2019.

DNIT, DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DOS TRANSPORTES. DNIT 005/2003 - TER: **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia.** Rio de Janeiro: Diretoria de Planejamento e Pesquisa / Ipr, 2003. 12 p. Disponível em: http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/terminologia-ter/dnit005_2003_ter.pdf. Acesso em 03 de maio de 2019.

EMBRAPA 236, MORAIS, J. P. S.; ROSA, M. F.; MARCONCINI, J. M.; **Procedimento para análise lignocelulósica.** ISSN 0103 – 0205. Dezembro, Campina Grande, 2010.

JÚNIOR, M. L. P. C., ROCHA, P. H. T.; 2013. **Estudo preliminar de misturas asfálticas à quente utilizadas em obras de pavimentação na região metropolitana de Goiânia.** Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil. Disponível em: https://www.eec.ufg.br/up/140/o/ESTUDO_PRELIMINAR_DE_MISTURAS_ASF%C3%81LTICAS_%C3%80_QUENTE_UTILIZADAS_EM_OBRAS_DE_PAVIMENTA%C3%87%C3%83O_NA_REGI%C3%83O_METROPOLITANA_DE_GOI%C3%82NIA.pdf. Acesso em 08 de novembro de 2019.

MARTINS, C. R.; JESUS JÚNIOR, L. A.; **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional: panorama 2010.** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011. Disponível em: http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2011/doc_164.pdf. Acesso em 13 de abril de 2019.

MATHAI. P. M. **Bast and other plant fibers.** The Textile Institute. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2005. p. 275-313.

MOTA, G. L. P., **Técnicas de recuperação de patologias em pavimentos de asfalto.** [S. l.], 2017. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/t%C3%A9cnicas-de-recupera%C3%A7%C3%A3o-patologias-em-pavimentos-paix%C3%A3o-mota/>. Acesso em 3 de maio de 2019.

NBR NM, NORMA BRASILEIRA 245. **Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios,** 2006.

NBR NM, NORMA BRASILEIRA 248. **Agregados – Determinação da composição granulométrica,** 2001.

NBR NM, NORMA BRASILEIRA 5738. **Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova,** 2015.

NBR NM, NORMA BRASILEIRA 7211. **Agregados para concreto – Especificação,** 2005.

PANNIRSELVAM, P. V. et al. **Desenvolvimento de projeto para produção de fibra de coco com inovação de tecnologia limpa e geração de energia**. Revista Analytica, São Paulo, n. 15, p. 56-61, mar. 2005. Disponível em: https://revistaanalytica.com.br/ed_anteriores/15/art04.pdf. Acesso em 30 de abril de 2019.

PASSOS, P. R. de A., **Destinação sustentável de cascas de coco (Cocos nucifera) verde: obtenção de telhas e chapas de partículas**. 2005. 166 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/ppassos.pdf> . Acesso em 30 de abril de 2019.

PUTRINO, F. M.; **Estudo da obtenção de açúcares redutores a partir de casca de coco verde utilizando CO2 supercrítico**. 2016. 71f. Dissertação (Mestre) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2016. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74132/tde-12082016-154416/publico/ME4886288COR.pdf>. Acesso em 04 de janeiro de 2020.

RODRIGUES, J. A. R. **Do Engenho à biorrefinaria. A Usina de açúcar como empreendimento industrial para a geração de produtos bioquímicos e biocombustíveis**. Química Nova, v. 34, n. 7, p. 1242-1254, 2011.

ROHDE, L. **Estudo de misturas asfálticas de módulo elevado para camadas estruturais de pavimentos**. 2007. 250 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ROSA, M. F., ABREU, F. A. P., FURTADO, A. A. L., BRÍGIDO, A. K. L., NORÕES, E. R.; V. 2001. **Processo agroindustrial: obtenção de pó de casca de coco verde**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical (Comunicado Técnico, 61).

SENÇO, W. de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2007. 779 p.

SILVA, A. C.; **Reaproveitamento da casca do coco verde**. REMOA - v.13, n.5, dez. 2014, p.4077-4086. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/viewFile/15186/pdf>. Acesso em 30 de abril de 2019.

SILVA, R. A.; **Efeito do pré-tratamento ácido seguido de básico na hidrólise enzimática do bagaço de acerola**. 81 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Campina Grande, 2014.

SILVA, R. V.; SPINELLI, D.; BOSE FILHO, W. W.; CLARO NETO, S.; CHIERICE, G. O.; TARPANI, J. R. **Fracture toughness of natural fibers/castor oil polyurethane composites**. Composites Science Technology, Barking, v.66, n.10, p.1328-1335, 2006.

SOARES, J. B.; CAVALCANTE, V. T. F.; **DOSAGEM “PASSO A PASSO”**. Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia dos Transportes, Campus Picuí. Fortaleza – CE, S.A.

SOUZA, M.J. **Patologias em pavimentos flexíveis**. 2004. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Anhembí Morumbi, São Paulo, 2004.

VALE, A. C.; SOARES, J. B.; CASAGRANDE, M. D. T. **Aplicabilidade de fibras de coco em misturas asfálticas tipo SMA**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS, 4., 2007, Campinas. Resumos. Campinas: ABPG, 2007. Disponível em: http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/4/resumos/4PDPETRO_4_3_0393-1.pdf. Acesso em 30 de abril de 2019.