

Ciência e Engenharia de Materiais

4

Marcia Regina Werner Schneider Abdala
(Organizadora)

 **Atena**
Editora

Ano 2018

MARCIA REGINA WERNER SCHNEIDER ABDALA

(Organizadora)

Ciência e Engenharia de Materiais

4

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall'Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant'Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

C569 Ciência e engenharia de materiais 4 [recurso eletrônico] / Marcia Regina Werner Schneider Abdala. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (Ciência e Engenharia de Materiais; v. 4)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-85107-64-2

DOI 10.22533/at.ed.642182910

1. Engenharia. 2. Materiais I. Abdala, Marcia Regina Werner Schneider. II. Série.

CDD 620.11

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Você já percebeu a importância dos materiais na sua vida diária? Os materiais estão provavelmente mais imersos na nossa cultura do que a maioria de nós imagina. Diferentes segmentos como habitação, saúde, transportes, segurança, informação/comunicação, vestuário, entre outros, são influenciados em maior ou menor grau pelos materiais.

De fato a utilização dos materiais sempre foi tão importante que os períodos antigos eram denominados de acordo com os materiais utilizados pela sociedade primitiva, como a Idade da Pedra, Idade do Bronze, Idade do Ferro, etc.

A humanidade está em constante evolução, e os materiais não são exceções. Com o avanço da ciência e da tecnologia a cada dia surgem novos materiais com características específicas que permitem aplicações pormenorizadas e inovação nas mais diferentes áreas.

Todos os dias centenas de pesquisadores estão atentos ao desenvolvimento de novos materiais e ao aprimoramento dos existentes de forma a integrá-los em tecnologias de manufatura economicamente eficientes e ecologicamente seguras.

Estamos entrando em uma nova era caracterizada por novos materiais que podem tornar o futuro mais fácil, seguro e sustentável. O campo da Ciência e Engenharia de Materiais aplicada está seguindo por novos caminhos. A iminente escassez de recursos está exigindo inovações e ideias criativas.

Nesse sentido, este livro evidencia a importância da Ciência e Engenharia de Materiais, apresentando uma coletânea de trabalhos, composta por quatro volumes, que permitem conhecer mais profundamente os diferentes materiais, mediante um exame das relações entre a sua estrutura, as suas propriedades e o seu processamento.

Considerando que a utilização de materiais e os projetos de engenharia mudam continuamente e que o ritmo desta mudança se acelera, não há como prever os avanços de longo prazo nesta área. A busca por novos materiais prossegue continuamente...

Boa leitura!

Marcia Regina Werner Schneider Abdala

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ESTUDO COMPARATIVO DA ABSORÇÃO DE UMIDADE ENTRE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS HÍBRIDOS REFORÇADOS COM TECIDOS DE ALTO DESEMPENHO	
<i>Helen Fernandes de Sousa</i>	
<i>Eval Oliveira Miranda Junior</i>	
<i>Ana Claudia Rangel da Conceição</i>	
<i>Victor Antunes Silva Barbosa</i>	
<i>Olímpio Baldoino da Costa Vargens Neto</i>	
<i>Mirtânia Antunes Leão</i>	
CAPÍTULO 2	15
COMPÓSITOS POLIMÉRICOS REFORÇADOS COM TECIDO HÍBRIDO DE KEVLAR-CARBONO: INFLUÊNCIA DA ABSORÇÃO DE UMIDADE NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS	
<i>Eval Oliveira Miranda Junior</i>	
<i>Helen Fernandes de Sousa</i>	
<i>Ana Claudia Rangel da Conceição</i>	
<i>Victor Antunes Silva Barbosa</i>	
<i>Olímpio Baldoino da Costa Vargens Neto</i>	
<i>Mirtânia Antunes Leão</i>	
CAPÍTULO 3	25
FRICTION AND WEAR OF NANOCOMPOSITES POLYSTYRENE / KAOLINITE	
<i>José Costa de Macêdo Neto</i>	
<i>Ana Emília Guedes</i>	
<i>Nayra Reis do Nascimento</i>	
<i>João Evangelista Neto</i>	
<i>Waldeir Silva Dias</i>	
<i>Bruno Mello de Freitas</i>	
<i>Solenise Pinto Rodrigues Kimura</i>	
<i>Eduardo Rafael Barreda</i>	
CAPÍTULO 4	33
INFLUÊNCIA DA QUANTIDADE DE CAULIM E DE AGENTE COMPATIBILIZANTE NO ÍNDICE DE FLUIDEZ DE COMPÓSITOS PEAD/CAULIM	
<i>Márcio Alves de Lima</i>	
<i>Gilmara Brandão Pereira</i>	
<i>Ezequiel de Andrade Silva</i>	
<i>Cirlene Fourquet Bandeira</i>	
<i>Roberto de Oliveira Magnago</i>	
<i>Sérgio Roberto Montoro</i>	
CAPÍTULO 5	40
ESTUDO DA INTEGRIDADE ESTRUTURAL EM LAMINADOS COMPÓSITOS POLIMÉRICOS	
<i>Sérgio Renan Lopes Tinô</i>	
<i>Ana Claudia de Melo Caldas Batista</i>	
<i>Raphael Siqueira Fontes</i>	
<i>Eve Maria Freire de Aquino</i>	
CAPÍTULO 6	48
ANÁLISE MECÂNICA DE ESTRUTURAS SANDUÍCHES COM DIFERENTES NÚCLEOS	
<i>Vanessa Cristina Da Costa Oliveira</i>	
<i>Vanessa Maria Yae Do Rosário Taketa</i>	
<i>Carmen Gilda Barroso Tavares Dias</i>	

CAPÍTULO 7 58

MATERIAL COMPÓSITO DE MATRIZ POLIÉSTER REFORÇADOS POR FIBRAS DE ALGODÃO CONTÍNUAS E ALINHADAS

César Tadeu Nasser Medeiros Branco
Wassim Raja El Banna
Deibson Silva da Costa
Roberto Tetsuo Fujiyama

CAPÍTULO 8 66

COMPÓSITO DE BORRACHA NATURAL E RESÍDUO DE COURO APLICADO COMO ISOLANTE TÉRMICO DE EDIFÍCIOS

Maria Alessandra Bacaro Boscoli
Fernando Sérgio Okimoto
Saulo Guths
Guilherme Dognani
Eduardo Roque Budemberg
Ado Eloizo Job

CAPÍTULO 9 82

ANÁLISE COMPARATIVA DE UM MATERIAL COMPÓSITO DE MATRIZ POLIMÉRICA COM DIFERENTES PROPORÇÕES DE FIBRA DE PIAÇAVA DO AMAZONAS.

Waldeir Silva Dias
Bruno Mello de Freitas
José Costa de Macedo Neto
Guilherme Moreira dos Santos
Solenise Pinto Rodrigues Kimura
Sarah Elisa Medeiros
João Christian Paixão Fonseca

CAPÍTULO 10 92

ANALYSIS OF THE STIFFNESS OF DOWEL LAMINATED TIMBER (DLT) PANELS MADE WITH LAMELLAS OF PINUS TAEDA AND ELLIOTTII WITH DOWELS OF PELTOGYNE SPP., LEGUMINOSAE

Marcos Cesar de Moraes Pereira
Carlito Calil Junior

CAPÍTULO 11 98

NANOCOMPÓSITO DE POLÍMERO VERDE: COMPORTAMENTO MECÂNICO E DE INFLAMABILIDADE

Felippe Fabrício dos Santos Siqueira
Renato Lemos Cosse
Joyce Batista Azevedo
Tatianny Soares Alves
Renata Barbosa

CAPÍTULO 12 108

DESENVOLVIMENTO DE NANOCOMPÓSITOS DE POLIPROPILENO/ARGILA BENTONÍTICA ORGANOFÍLICA

Carlos Ivan Ribeiro de Oliveira
Marisa Cristina Guimarães Rocha
Joaquim Teixeira de Assis
Jessica Verly
Ana Lúcia Nazareth da Silva
Luiz Carlos Bertolino

CAPÍTULO 13 123

COMPATIBILIZAÇÃO E EFEITO DA DEGRADAÇÃO TERMO-HIDROLÍTICA EM BLENDS PS/PCL

Danilo Diniz Siqueira
Dayanne Diniz de Souza Moraes

Rodolfo da Silva Barbosa Ferreira
Edcleide Maria Araújo
Danielly Campos França
Elieber Barros Barbosa
Amanda Dantas Oliveira

CAPÍTULO 14..... 139

MEMBRANAS DE FIBRA OCA DE CARBETO DE SILÍCIO: OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO

Sandriely Sonaly Lima Oliveira
Rodolfo da Silva Barbosa Ferreira
Bruna Aline Araújo
Keila Machado de Medeiros
Hélio de Lucena Lira
Edcleide Maria Araújo

CAPÍTULO 15..... 150

OBTENÇÃO DE NANOFIBRAS DE SÍLICA PELO MÉTODO SBS E INVESTIGAÇÃO PRELIMINAR DE SUA APLICAÇÃO COMO CARGA EM MATRIZ POLIMÉRICA

Edvânia Trajano Teófilo
Gabriel Lucena de Oliveira
Radamés da Silva Teixeira
Francisco Diassis Cavalcante da Silva
Rosiane Maria da Costa Farias
Romualdo Rodrigues Menezes

CAPÍTULO 16..... 161

SINERGISMO ENTRE AS PROPRIEDADES ÓPTICAS E FOTOCATALÍTICAS DE FIBRAS DOS ÓXIDOS DE TITÂNIO E TUNGSTÊNIO

Luana Góes Soares da Silva
Annelise Kopp Alves

CAPÍTULO 17..... 177

ADSORÇÃO DO POLI (3-OCTILTIOFENO) EM ÓXIDO DE ZINCO PARA USO EM CÉLULAS SOLARES

Guilherme Arielo Rodrigues Maia
Guilherme José Turcatel Alves
Bianca Vanjura Dias
Gideã Taques Tractz
Leticia Fernanda Gonçalves Larsson
Everson do Prado Banczek
Sandra Regina Masetto Antunes
Paulo Rogério Pinto Rodrigues

SOBRE A ORGANIZADORA..... 186

COMPÓSITO DE BORRACHA NATURAL E RESÍDUO DE COURO APLICADO COMO ISOLANTE TÉRMICO DE EDIFÍCIOS

Maria Alessandra Bacaro Boscoli

UNESP, FCT – Departamento de Física, Química
e Biologia – LTBA

Presidente Prudente – São Paulo

Fernando Sérgio Okimoto

UNESP, FCT – Departamento de Planejamento,
Urbanismo e Ambiente

Presidente Prudente – São Paulo

Saulo Guths

UFSC – Departamento de Engenharia Mecânica –
LMTP

Florianópolis – Santa Catarina

Guilherme Dognani

UNESP, FCT – Departamento de Física, Química
e Biologia – LTBA

Presidente Prudente – São Paulo

Eduardo Roque Budemberg

UNESP, FCT – Departamento de Física, Química
e Biologia – LTBA

Presidente Prudente – São Paulo

Ado Eloizo Job

UNESP, FCT – Departamento de Física, Química
e Biologia – LTBA

Presidente Prudente – São Paulo

RESUMO: A qualidade de vida urbana vem sendo comprometida por fatores relacionados com conforto térmico. Ilhas de calor urbanas provocam uma demanda crescente consumo de energia elétrica para ventilar e refrigerar os ambientes. O isolamento térmico das edificações

com materiais apropriados tem sido encarado como uma das soluções imediatas de grande eficiência. O objetivo deste trabalho é testar o potencial de um compósito desenvolvido a partir de borracha natural e resíduo industrial da produção do couro como revestimento térmico para isolamento de envoltórias de edifícios. Os resultados iniciais apontam para a viabilidade de o compósito ser utilização como isolamento térmico de edificações, auxiliando na mitigação das ilhas de calor e proporcionando eficiência energética. A substituição dos isolantes tradicionais por este compósito reduziria impactos ambientais além de ser uma opção de reciclagem do resíduo de couro rico em cromo trivalente gerado em grandes quantidades por curtumes em todo o país.

PALAVRAS-CHAVE: isolamento térmico, resíduo de couro, borracha natural.

ABSTRACT: The quality of urban life has been compromised by factors related to thermal comfort. Urban heat islands cause a demand increasing consumption of electricity for ventilation and cooling environments. The thermal insulation of buildings of suitable materials has been regarded as one of the immediate solutions of high efficiency. The objective of this study is to test the potential of a composite developed from natural rubber and industrial waste of leather production as

thermal coating for insulation envelopes of buildings. Initial results point to the viability of the composite to be used as thermal insulation of buildings, helping to mitigate heat islands and providing energy efficiency. The replacement of traditional insulation for this composite would reduce environmental impacts as well as being an option of recycling the rich leather waste chromium trivalent generated in large quantities by tanneries across the country.

KEYWORDS: thermal insulation, leather waste, natural rubber.

1 | INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos principais problemas que impactam a qualidade de vida dos habitantes das cidades é o aquecimento do ambiente urbano, que geralmente acontece simultaneamente à queda da qualidade do ar. Esta configuração, aliada a um meio urbano constituído principalmente por materiais construtivos inadequados, provoca elevadas amplitudes térmicas, altas variações de umidade, alteração do padrão de deslocamento do ar e composição físico-química do mesmo (KRUGUER e GONZALES, 2016). Os materiais e sistemas construtivos presentes na grande maioria das edificações, principalmente as habitações de interesse social, raramente são adequados ao clima local. Como consequência, para amenizar o desconforto resultante da atuação do clima urbano no interior dos ambientes, foram introduzidos sistemas artificiais de iluminação e climatização, muitas vezes sem mesmo atentar para o dimensionamento dos mesmos. A introdução em massa destes sistemas gerou o aumento do consumo de energia dos edifícios, ocasionando impactos ambientais e tornando os ambientes externos mais desconfortáveis. Isso se reflete nos interiores destes edifícios, e retoma-se o círculo vicioso da instabilidade e insalubridade dos microclimas urbanos (SOUZA et al., 2016). A expressão mais concreta da mudança do balanço de energia nos ambientes urbanos configura-se na geração das ilhas de calor, sendo a ilha de calor urbana a manifestação do aumento das temperaturas causado por características físicas (alta densidade de construções, concentração de materiais construtivos de grande potencial energético de emissividade e refletância) e as atividades urbanas (SILVA et al., 2016). Após anos de estudos sobre relações térmicas entre o meio urbano e seus edifícios, pesquisadores de todo o mundo tem proposto como medida emergencial o isolamento térmico das edificações, apostando na inércia térmica dos revestimentos construtivos para mitigar impactos de ilhas de calor. Os selos e etiquetas atribuídos aos edifícios mais eficientes e sustentáveis consideram os materiais construtivos, principalmente da envoltória dos mesmos como fator determinante, sendo que em alguns países os projetistas e construtores são legalmente impedidos de utilizarem determinados materiais em fachadas. As estratégias para planejamento urbano e o eventual controle do balanço térmico das cidades se tornam cada vez mais distantes, já que dependem de um número

crescente de fatores, sendo que atualmente demandaria esforços consideráveis de toda a população mundial, configurando um panorama improvável (COLUSSO, 2015). Desta forma, a indicação é introduzir na construção civil materiais que possam trabalhar como revestimentos termoisolantes de edificações. Também que contemplar uma instalação rápida, econômica e sustentável, tanto em edificações existentes quanto em novos edifícios que necessitem de tratamento térmico. A medida que a temperatura no interior dos edifícios permanece mais estável por conta do isolamento, o aporte energético e a demanda de recursos que envolve o suporte dos seus sistemas de aquecimento ou refrigeração seriam consideravelmente reduzidos, e ainda como feedback, o balanço térmico urbano tenderia ao equilíbrio (ASDRUBALI et al., 2015). A substituição dos termoisolantes tradicionais que geram consideráveis impactos para serem produzidos por um material que imobiliza grandes quantidades de um resíduo industrial de alto impacto ambiental negativo é de grande importância para a gestão de resíduos industriais (SABLE et al., 2015). Neste contexto, se considerarmos que o resíduo de couro é produzido em grande escala, possui alto impacto negativo e apresenta baixo custo, sua utilização em um compósito que satisfaça a alta demanda para revestir grandes áreas de coberturas, paredes e eventualmente pisos parece ser bastante viável. Além de evitar o descarte deste resíduo, muitas vezes feito de maneira clandestina no meio ambiente, poderíamos reduzir consideravelmente gastos com energia além de melhorar a qualidade de vida das pessoas, tanto dentro quanto fora dos edifícios.

2 | MATERIAIS PARA ISOLAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS

Os materiais utilizados para isolamento térmico de edifícios têm um papel fundamental para a eficiência energética dos mesmos. No Brasil, a NBR15.220 caracteriza e classifica materiais construtivos para que, de acordo com 8 Zonas Bioclimáticas, seja possível projetar edificações mais adequadas aos seus entornos. No entanto, seu rol de materiais lista apenas os convencionais e tradicionais. Existem vários materiais utilizados como isolamento em edificações, e entre eles, os classificados como “renováveis”, “recicláveis” ou “amigos do meio-ambiente” tem inúmeras vantagens sobre os materiais tradicionais, e assim se tornam muito promissores para utilização na construção civil (HADDADI et al., 2015). A seguir, estão descritas a produção e caracterização do compósito, sendo que os resultados dos testes com este material demonstraram a viabilidade da produção do compósito de borracha natural com resíduo de couro, para produção de diversos materiais (SANTOS, 2015).

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

O composto é preparado em um misturador aberto, a partir da incorporação a seco de resíduo de couro na borracha natural (crepe claro brasileiro - CCB) juntamente com agentes de reticulação. De um modo geral, o trabalho de preparo e caracterização dos compósitos de borracha natural com resíduo de couro acontecem em misturadores abertos, onde o resíduo, os agentes de cura, ativadores e aceleradores são incorporados. A unidade de medida utilizada durante a preparação dos compósitos é phr (*per hundred rubber*). Abaixo as figuras de 1 a 5 demonstram a primeira fase do processo de produção do compósito.

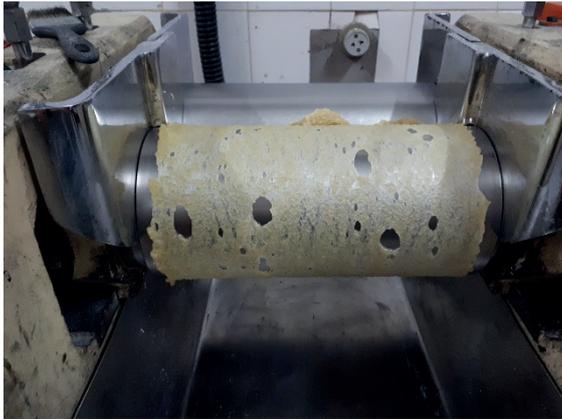


Figura 1 – plastificação da BN no rolo



Figura 2 – incorporação dos ativadores



Figura 3 – Incorporando o resíduo de couro (carga)



Figura 4 - Inserindo outros aditivos



Figura 5 – aparência das mantas ao saírem do rolo

Após a realização desta primeira fase no misturador aberto, a manta deve descansar por 24 horas. Em seguida, volta ao rolo onde serão adicionados os aceleradores. Novamente a manta é retirada do rolo e deve ser imediatamente prensada. A mistura é submetida a um teste de reometria para identificar o tempo ótimo de cura (T90). O equipamento recebe uma amostra da massa e define através de valores de torque o tempo ideal de prensagem.

Nas figuras 6 e 7 abaixo pode-se notar a separação das massas, na figura 8 o encaixe nas formas e na figura 9 o resultado da prensagem das placas de diferentes espessuras.



Figura 6 – mantas prontas para prensagem



Figura 7 – mantas com diferentes phrs

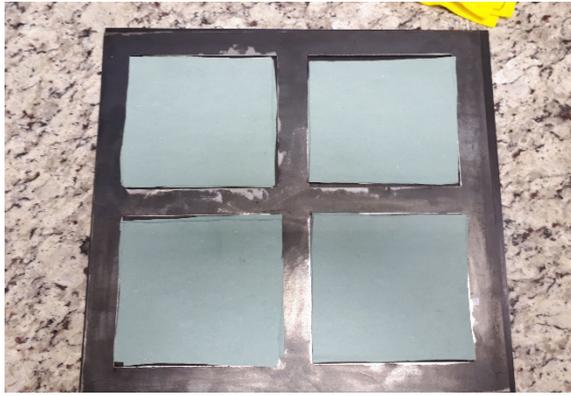


Figura 8 – preparação para prensagem



Figura 9 - placas após prensagem

Após esta análise se inicia processo de termoprensagem a alta pressão e a temperatura dos platôs da prensa estão a 150 graus. A figura 10 mostra os lotes de corpos de prova de 60phr e 80 phr.



Figura 10 – Lotes que foram enviados para medição de condutividade (60phr e 80 phr)

3.1 Técnicas de caracterização

Foram executadas três metodologias de caracterização: calorimetria exploratória diferencial (DSC) utilizada principalmente para estudar a miscibilidade dos compostos, as condições de cura e vulcanização nas diversas blendas e compósitos preparados; a análise termogravimétrica (TGA), para medidas da perda de massa pela evaporação da água, do solvente ou do dopante e a degradabilidade do material; e a medição de condutividade através do método da placa quente protegida, para verificar o potencial de isolamento e inércia térmica do compósito.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Calorimetria exploratória diferencial (DSC)

As análises de DSC foram realizadas na faixa de -100 a 500°C , com objetivo de verificar as transições de fases dos constituintes bem como dos compósitos. Para efeito de comparação, a Figura 11 mostra as curvas de DSC da BN, do couro, da

lignina e do compósito BN/LG. Para a curva de DSC da BN vulcanizada observa-se um desnível da linha de base, na faixa de -60°C , característico da temperatura de transição vítrea.

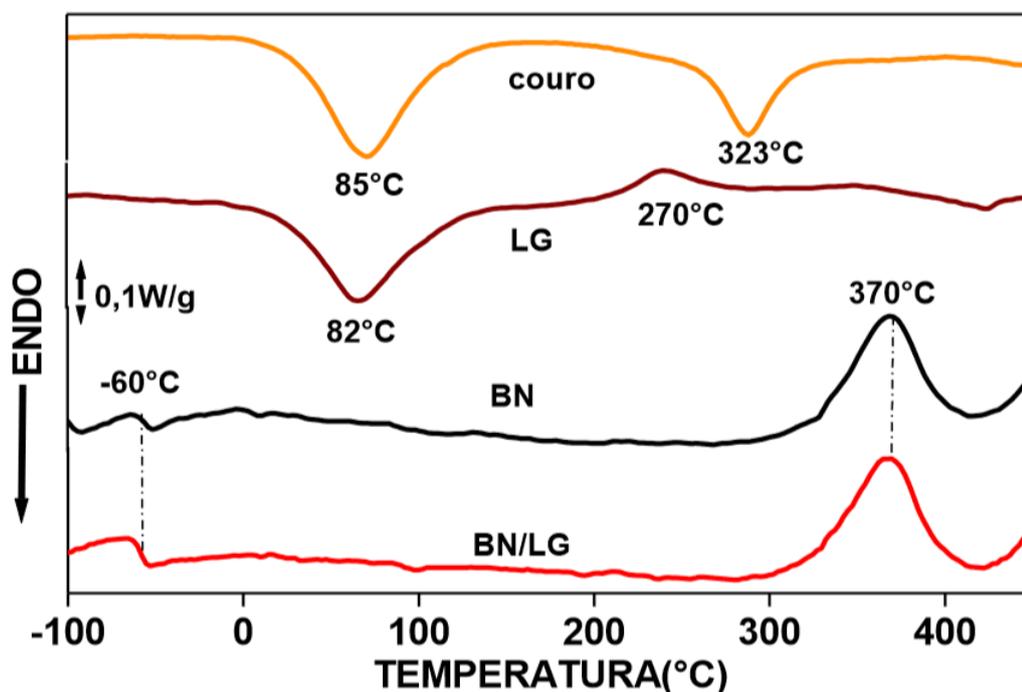


Figura 11 – Curvas de DSC da BN, couro, lignina, BN/LG

Na literatura são encontrados valores em torno de -65°C para esta transição. Esta diferença na T_g está relacionada com as ligações de enxofre do tipo dissulfídicas e polissulfídicas presente nas cadeias poliméricas da BN. Em 370°C temos um pico exotérmico associado a degradação da estrutura da borracha natural (ZHANG et al., 2010). A curva de DSC do couro apresentou dois picos endotérmicos. O primeiro em torno de 85°C que está associado ao processo de desnaturação do colágeno. Neste processo, são rompidas as ligações de hidrogênio que estabilizam a estrutura do colágeno. Este hidrogênio é liberado na forma de água, em função disso, a estrutura do colágeno é rearranjada de forma aleatória, ocorrendo um encurtamento linear e superficial da peça de couro, também conhecida como retração do couro (CHAHINE, 2000). A temperatura de desnaturação depende da rede de reticulação formada pelo cromo na estrutura do colágeno, além de fatores de natureza biológica como a espécie animal, região do corpo onde foi retirada a amostra de couro, condições climáticas em que o animal foi criado, etc. (GUTERRES, 2005). Um segundo pico endotérmico é mostrado em 323°C , que está associado com a degradação da estrutura do couro, predominantemente composta por colágeno (BUDRUGEACA et al., 2010). Para a lignina tem-se um pico endotérmico por volta de 82°C , que está associado a remoção de água presente na estrutura do material. Um pico exotérmico é mostrado na região de 270°C que está associado ao processo de degradação da estrutura principal da lignina (TOLEDANO et al., 2010). A Figura 12 apresenta as curvas de DSC para os

compósitos com couro, sendo todos vulcanizados e prensados nas mesmas condições de temperatura e pressão, e com quantidades de agentes ativadores, vulcanizantes e aceleradores iguais. Todos os compósitos apresentaram temperatura de transição vítrea numa faixa de -60°C , de acordo com valores encontrados na literatura, o que mostra que o processo de vulcanização não interferiu na mobilidade das cadeias da matriz. A desnaturação do couro ocorre numa faixa de temperatura entre 85 e 103°C , devido ao aumento da quantidade de couro na amostra, o que acarreta uma maior liberação de água e reconformação da estrutura do colágeno. Tal fato fica evidente quando comparado às temperaturas de desnaturação dos compósitos com quantidades de couro entre 20 e 80 phr. Em 320°C ocorre a degradação do colágeno presente no couro, verificada por um pico exotérmico e em 370°C ocorre a degradação da estrutura polimérica da borracha natural.

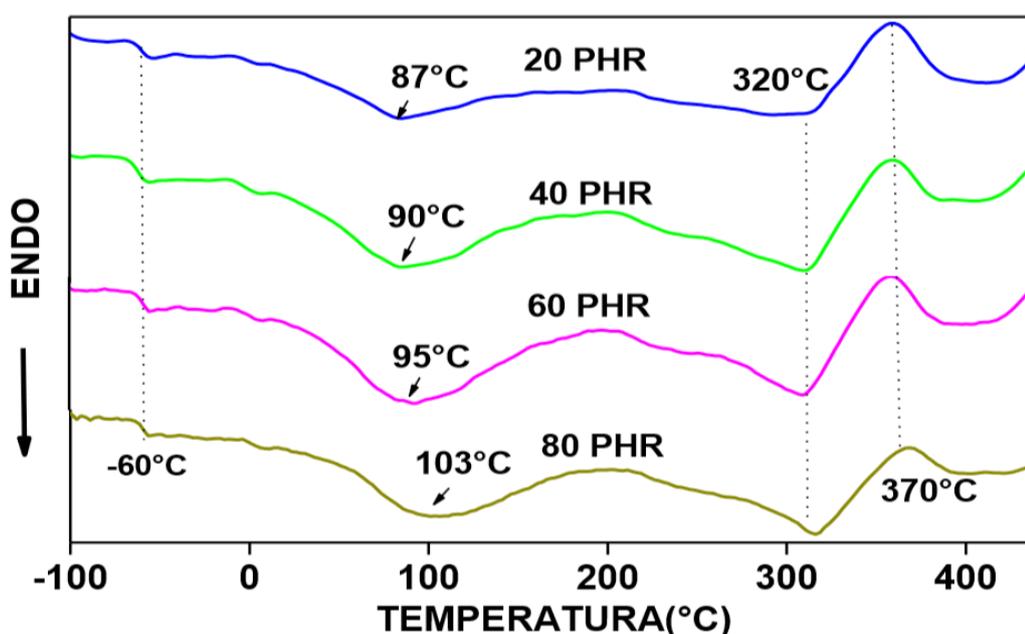


Figura 12 – Curvas de DSC dos compósitos 20PHR, 40PHR, 60PHR e 80PHR.

4.2 Análise Termogravimétrica (TG)

Esta técnica foi realizada com o objetivo de estudar as etapas de degradação do material com suas respectivas perdas de massa. Os resultados obtidos para os materiais e para os compósitos serão apresentados a seguir.

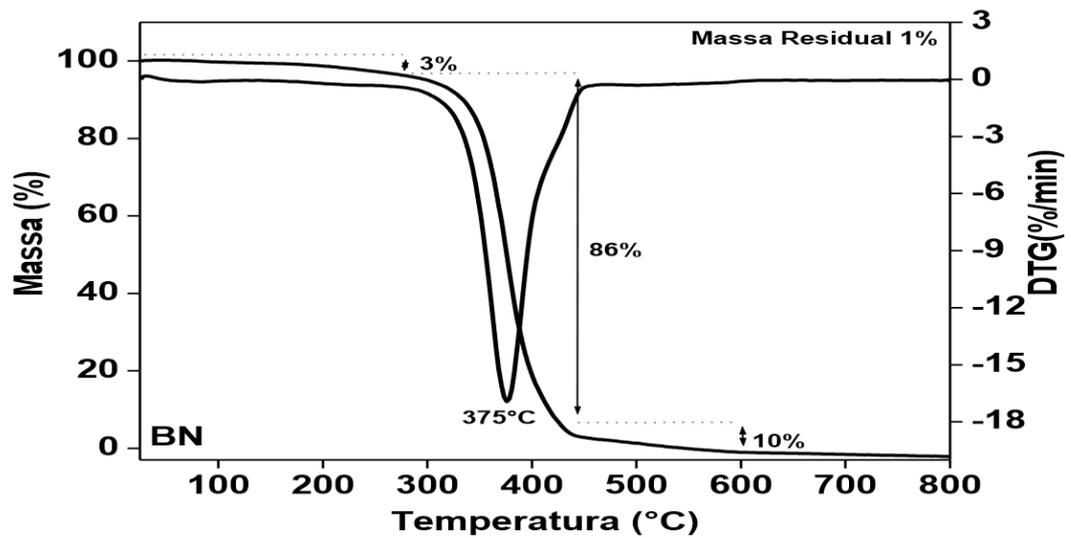


Figura 13 – Curvas TG e DTG da borracha natural.

A Figura 13 mostra que a perda de massa da BN ocorre em três estágios. O primeiro ocorre entre 150 e 250°C, com perda de massa de 3%, que pode estar relacionado com a liberação de subprodutos de menor estabilidade térmica como a água e também a formação de isopreno e outros componentes menores. No segundo estágio, entre 300 e 450°C, acontece a maior perda de massa, cerca de 86%, devido a despolimerização do isopreno e a cisão da cadeia principal com formação de pequenos segmentos de cadeias com radical na extremidade, ocorrendo a degradação de hidrocarbonetos. Pela curva de DTG, nota-se claramente que a perda de massa ocorre em três estágios, sendo que a maior degradação ocorre de forma acentuada em 375°C e a formação de pequeno ombro em torno de 425°C, que pode estar relacionado com os produtos termicamente mais estáveis formados na cisão da cadeia principal (FERNANDEZ-BERRIDI et al., 2006).

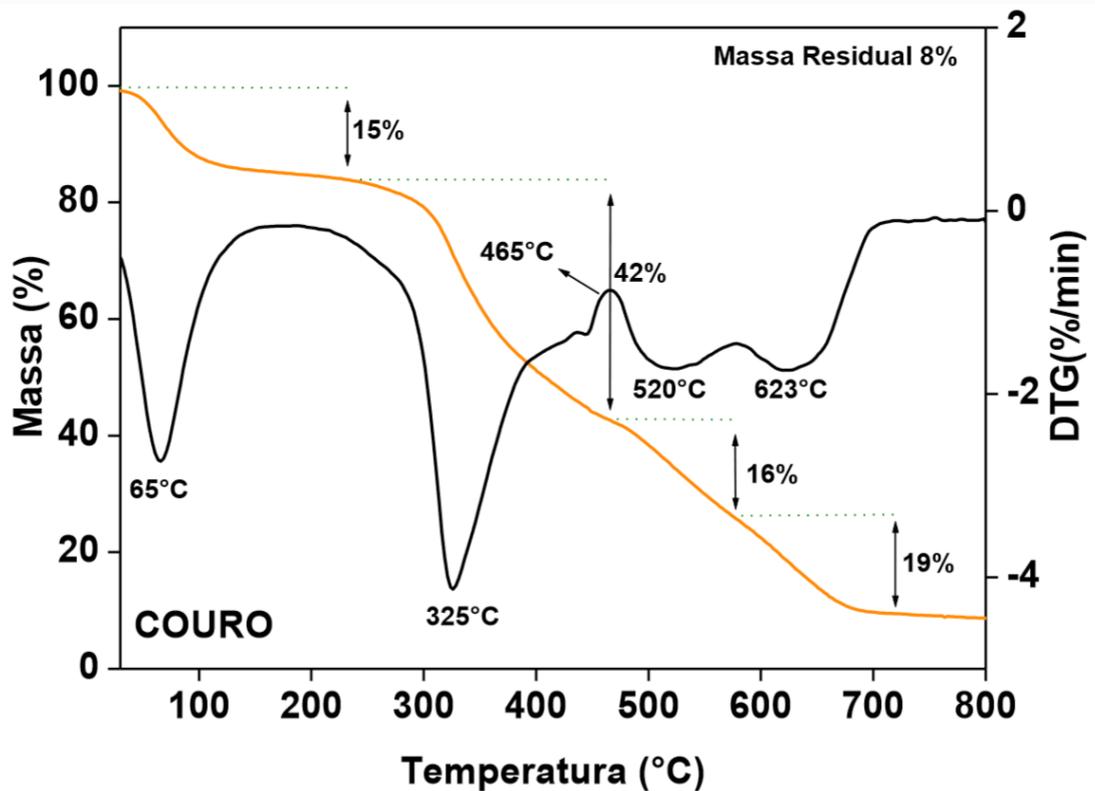


Figura 14 – Curvas TG e DTG do resíduo de couro.

A curva termogravimétrica da amostra do resíduo de couro está apresentada na Figura 14. Nota-se que a degradação deste material ocorre em três estágios, o primeiro acontece entre 50 e 200°C, com perda de massa de 15% no máximo da temperatura em 65°C, atribuído a evaporação de água presente na estrutura do couro, em particular no colágeno, conforme já foi discutida nas análises de DSC. O segundo estágio, com perda de massa de 42% entre 200 e 450°C, ocorre a degradação do colágeno e as demais estruturas presentes no couro que são formadas durante o processo de curtimento (CATALDO et al., 2009). O terceiro estágio, com perda de massa de 35%, ocorre entre 500 e 700°C, dividido em duas etapas, 520 e 623°C, respectivamente, pode estar relacionado com a degradação de material com maior estabilidade térmica não degradado no segundo estágio. A massa residual é de aproximadamente 8% atribuídos a materiais inorgânicos contidos na amostra, como cromo e outros produtos utilizados no processo de curtimento. A Figura 15 apresenta a curva termogravimétrica para lignina. Conforme mostrada pela curva de DTG, ocorreram perdas de massa em quatro estágios.

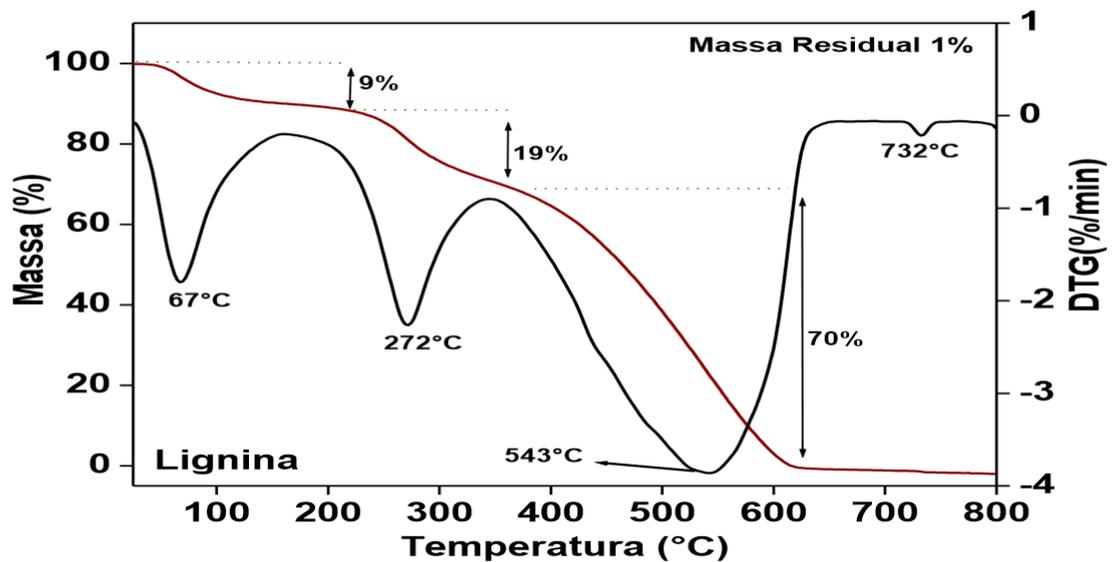


Figura 15 – Curvas de TG e DTG da lignina.

O primeiro estágio, na faixa de 70°C que está relacionado com a saída de água, cerca de 9%, presente na amostra. O segundo acontece em 272°C, cerca de 19% de perda de massa, e pode estar relacionado com a despolimerização dos grupos que constituem a estrutura da lignina, tais como, hidroxilas fenólicas, grupos carbonilas e hidroxilas benzílicas. No terceiro estágio acontece a perda de massa de 70% em temperaturas superiores a 380°C, que pode ser atribuído a degradação dos grupos citados no estágio anterior seguido de decomposição e condensação de anéis aromáticos presentes na estrutura da lignina. O quarto estágio, que ocorre de forma despercebida até mesmo pela curva de DTG, em 732°C, com perda de massa de 1%, é atribuído a materiais de maior estabilidade térmica, devido ao elevado grau de aromaticidade da lignina, resultantes da degradação ocorrida no terceiro estágio (RANIMOL et al., 2006). A termogravimetria do compósito de BN/LG, mostrada na Figura 16, apresenta estabilidade térmica em até aproximadamente 194°C, em seguida ocorre três estágios de degradação. O primeiro com perda de massa de 5% entre 100 e 200°C, atribuído a saída de água e outros produtos de baixa estabilidade térmica da BN. O segundo se deve a degradação dos constituintes da BN e também despolimerização da lignina com cerca de 81% de perda de massa.

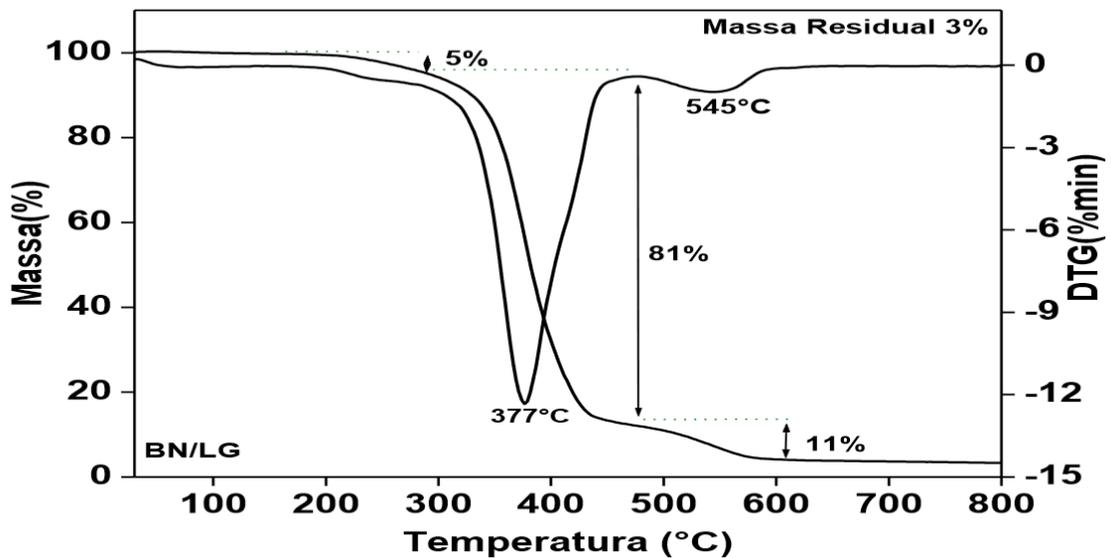


Figura 16 - Curvas de TG e DTG do compósito de borracha natural e lignina.

O terceiro estágio, com 10% de perda de massa, pode ser atribuído à degradação da estrutura de maior estabilidade térmica da lignina com decomposição e condensação dos anéis aromáticos presentes na lignina. Em 800°C permanece um resíduo de 3%, que pode ser determinado pelos estudos de raios-X. Para os compósitos de BN, lignina e couro contendo 20 phr de couro, mostrada na Figura 17, verifica-se que a perda de massa se dá em três etapas, conforme ocorre com os materiais individualmente, a primeira etapa, entre 100 e 200°C, com perda de cerca de 14% está relacionada à saída de água presente no couro e na lignina, além da eliminação de produtos de baixa estabilidade térmica presentes na BN. Por volta de 370°C ocorre a maior perda de massa, 73%, que é atribuída a degradação da BN com cisão e reticulação das cadeias poliméricas, além da degradação do colágeno presente no couro. Por volta de 545°C a curva de DTG apresenta um pequeno vale que pode ser atribuído à decomposição e condensação dos anéis aromáticos presentes na lignina, ocorrendo perda de massa de cerca de 11%.

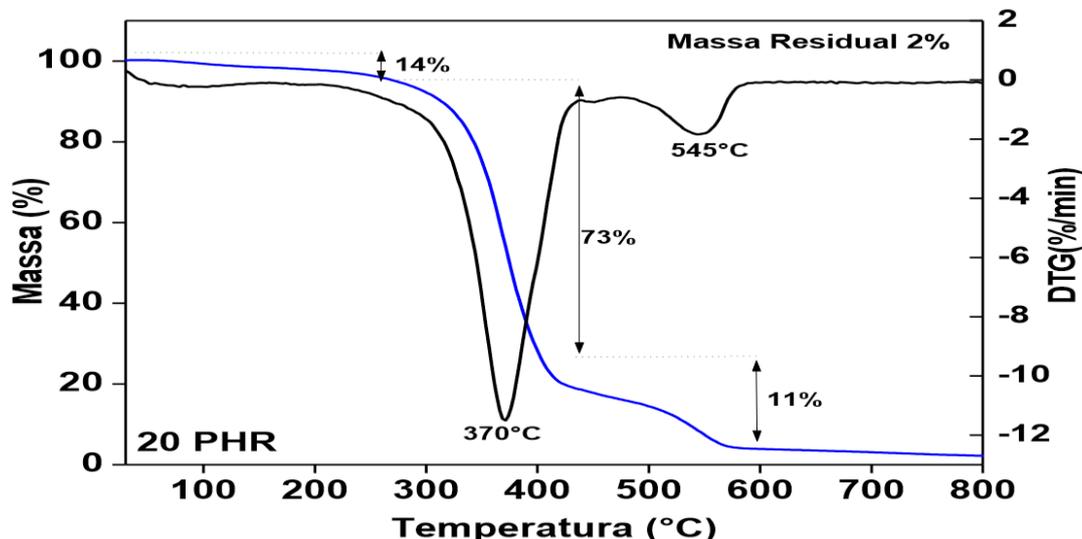


Figura 17 - Curvas de TG e DTG do compósito 40PHR.

Como pode ser visto na Figura 18, para os compósitos de BN, lignina e couro contendo 40 phr de couro a perda de massa se dá em três etapas, ocorrendo em faixa de temperaturas próximas a do compósito com 20 phr de couro, a primeira etapa, entre 100 e 200°C, com perda de cerca de 3% está relacionada à saída de água presente no couro e na lignina, além da eliminação de produtos de baixa estabilidade térmica presentes na BN.

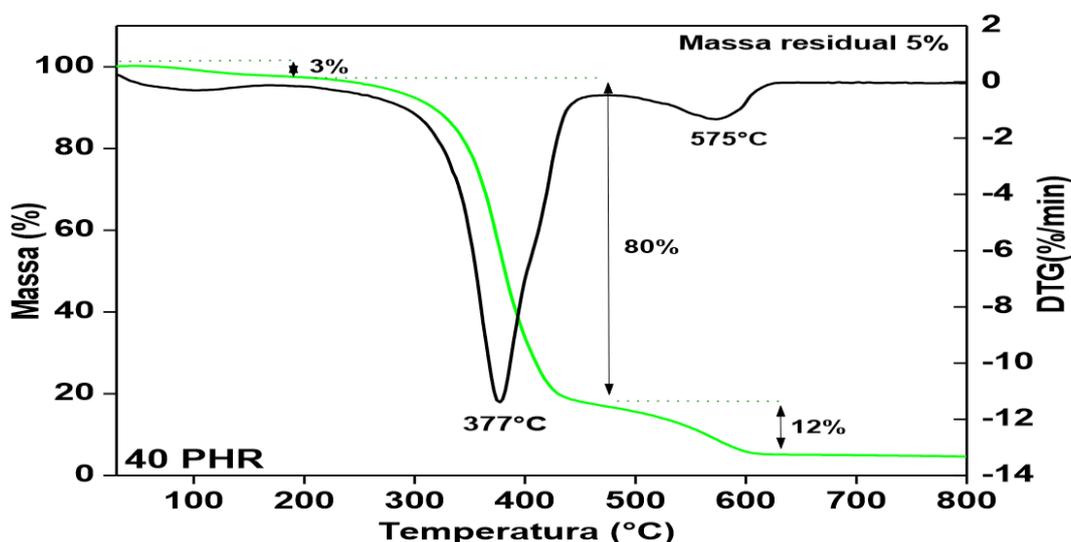


Figura 18 – Curvas de TG e DTG do compósito 40PHR.

Para os compósitos com 60 e 80 phr de couro o comportamento térmico em relação a degradação é semelhante aos materiais que os constituem, como pode ser observado nas curvas termogravimétricas dos compósitos 60 PHR e 80 PHR apresentados nas Figuras 19 e 20, respectivamente. A primeira perda de massa com

cerca de 3% para o compósito 60 PHR e 5%, para o 80 PHR acontece em temperaturas entre 100 e 200°C. Com a saída de água e materiais voláteis presentes na BN, em 375°C e 380°C ocorre a degradação da BN com a cisão das cadeias poliméricas para os dois compósitos e também degradação do colágeno com cerca de 72 e 77% de perda de massa e para temperaturas acima de 570°C a decomposição e condensação dos anéis aromáticos presentes na lignina, em ambos os compósitos, conforme já foi discutido.

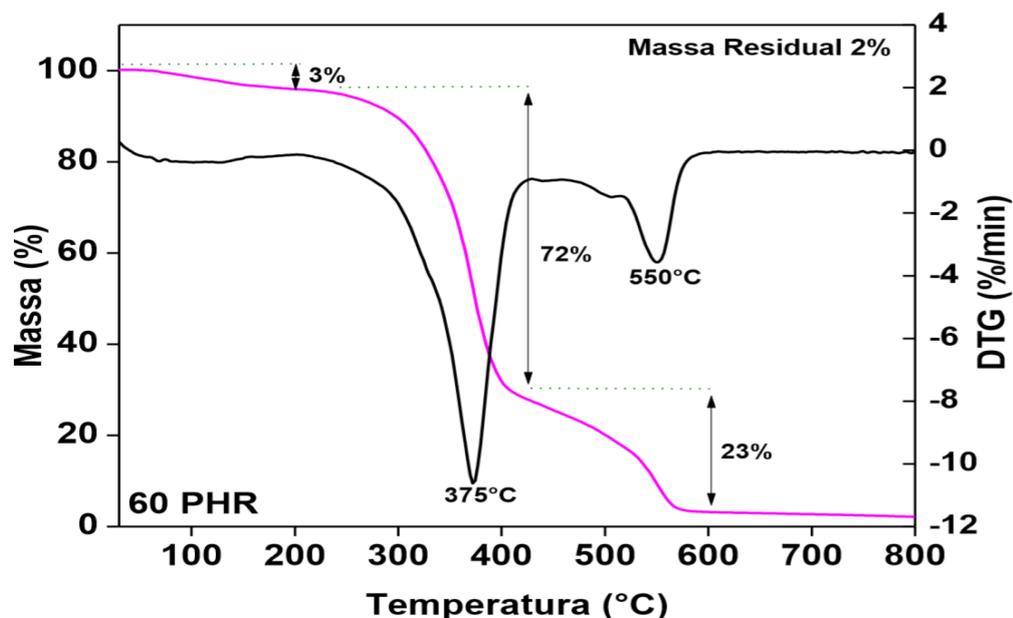


Figura 19 – Curvas de TG e DTG do compósito de 60 PHR.

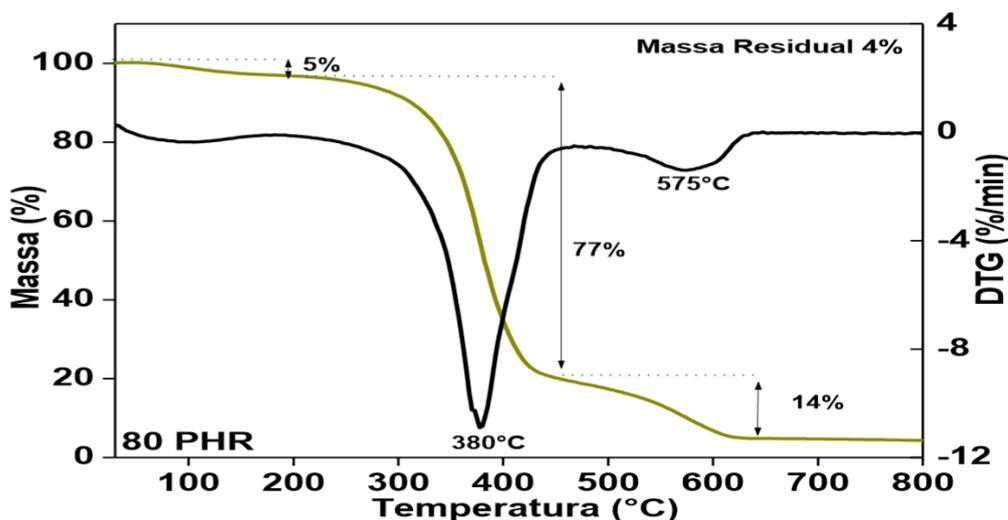


Figura 20 – Curvas de TG e DTG do compósito 80 PHR.

4.3 Condutividade

A metodologia utilizada para medição de condutividade foi o ensaio da placa

quente protegida. Os ensaios de condutividade foram realizados no Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E), Universidade Federal de Santa Catarina, baseado na Norma Técnica ISO 8301:2010 – “Thermal insulation - Determination of steady-state thermal resistance and related properties - Heat flow meter apparatus. A figura 21 mostra o esquema do dispositivo.

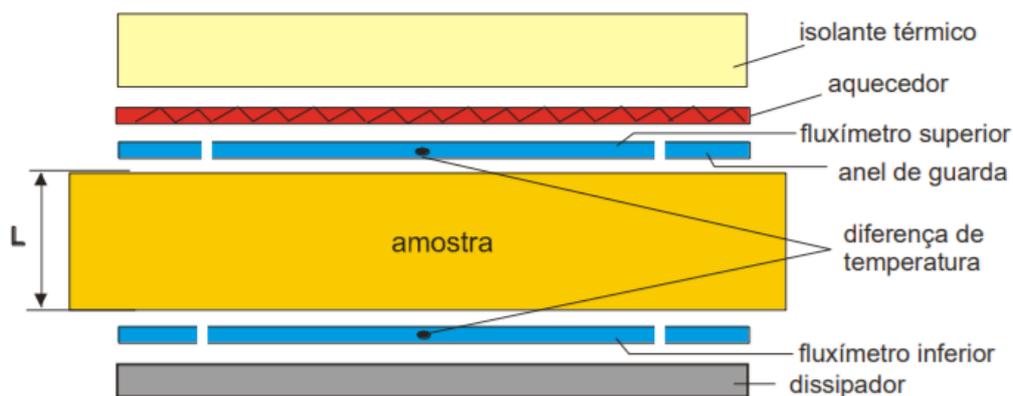


Figura 21 – Princípio do método da medição da resistência térmica.

A resistência térmica é determinada a partir da Lei de Fourier, sendo possível, desta forma determinar a condutividade em função da espessura da amostra. Como a aplicação visava maior resistência e dureza do material, foram ensaiadas amostras de 60prh e 80 phr, por serem mais compatíveis com a materialidade dos revestimentos e materiais construtivos almejados. Tivemos então os ensaios feitos com 6 amostras de espessura 0,2cm, 6 de espessura 0,5cm e 8 amostras de espessura 1cm. A temperatura média do ensaio foi 25°C. O valor da condutividade medido foi 0,14W/mK com e incerteza estimada de 5 % e intervalo de confiança 95%.

5 | CONCLUSÃO

Através das discussões dos resultados das análises iniciais de DSC e TG, concluímos que o material apresenta estabilidade térmica e um perfil de degradação compatível com as temperaturas as quais o mesmo estaria submetido quando utilizado como revestimento construtivo. O material também apresenta valores de condutividade compatíveis com isolamento térmico de envoltórias de edifícios. No entanto, ainda podem executados outros ensaios, inclusive com variação de formulações e composições a fim de refinar, nos próximos trabalhos, as especificações do compósito, principalmente em função de diferentes espessuras e eventualmente diversidades climáticas.

REFERÊNCIAS

ASDRUBALI, F. et al. **Experimental thermo-acoustic characterization of innovative common reed bio-based panels for building envelope.** Building and Environment, v. 102, p. 217-229, 2016.

BUDRUGEACA P., BADEAB E., DELLA GATTAB G., MIUC L., COMANESCUA A. **A DSC study of**

deterioration caused by environmental chemical pollutants to parchment, a collagen-based material. *Thermochimica Acta*, 500 51–62, 2010.

CATALDO F., URSINI O., ANGELINI G. **Synthesis and chemical structure of natural rubber adduct with SO₂ and study of the thermal stability.** *Polymer Degradation and Stability* 94 921–928, 2009.

CLAIRE CHAHINE. **Changes in hydrothermal stability of leather and parchment with deterioration: a DSC study.** *Thermochimica Acta* 365 101-110, 2000.

COLUSSO, Izabele. **Forças regionais, formas urbanas e estrutura interna da cidade: um estudo de relações.** Tese de doutorado. UFRGS, 2015.

FERNANDEZ-BERRIDI M. J., GONZALEZ N., MUGICA A., BERNICOT C. **Pyrolysis-FTIR and TGA techniques as tools in the characterization of blends of natural rubber and SBR.** *Thermochimica Acta*, 444 65–70, 2006.

GUTERRES, M; **Métodos analíticos especiales aplicado sal cuero.** *Boletín de la Asociación Química Española de La Industria Del Cuero*, v. 56, p. 71-80, 2005.

HADDADI, Manel et al. **Experimental and modeling study of effective thermal conductivity of polymer filled with date palm fibers.** *Polymer Composites*, 2015.

KRÜGER, Eduardo Leite; GONZALEZ, Dominique Elena Giordano. **Impactos da alteração no albedo das superfícies no microclima e nos níveis de conforto térmico de pedestres em cânions urbanos.** *Ambiente Construído*, v. 16, n. 3, p. 89-106, 2016.

RANIMOL S. A, SENO J. A, KURUVILLA J. B, SABU T., ZACHARIAH O. **Thermal stability and ageing properties of sulphur and gamma radiation vulcanized natural rubber (NR) and carboxylated styrene butadiene rubber (XSBR) latices and their blends.** *Polymer Degradation and Stability*, 91 1717e1725, 2006.

SABLE, I. et al. **Thermal Insulation from Hardwood Residues.** In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2015. p. 012027.

SANTOS, Renivaldo J. et al. **Recycling leather waste: Preparing and studying on the microstructure, mechanical, and rheological properties of leather waste/rubber composite.** *Polymer Composites*, v. 36, n. 12, p. 2275-2281, 2015.

SILVA, Inácio Andrade; FIALHO, Edson Soares; DE SOUZA ALVES, Rafael. **Análise preliminar do sítio de duas pequenas cidades da zona da mata mineira: uma contribuição aos estudos de clima urbano.** *Revista Geonorte*, v. 3, n. 9, p. 135-149, 2016.

SOUZA, Diego Oliveira; NASCIMENTO, Marília Guedes; SANTOS, Regina Célia. **Influência do Crescimento Urbano sobre o Microclima de Manaus e Belém: Um Estudo Observacional.** *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 8, n. 4, p. 1109-1124, 2016.

TOLEDANO A., SERRANO L., A. GARCIA, MONDRAGON I., LABIDI J. **Comparative study of lignin fractionation by ultra filtration and selective precipitation.** *Chemical Engineering Journal* 157, 93–99, 2010.

ZHANG P., ZHAO F., YUAN Y., SHI X., ZHAO S., **Network evolution based on general-purpose diene rubbers/sulfur/TBBS system during vulcanization (I).** *Polymer*, 2010.

SOBRE A ORGANIZADORA:

Marcia Regina Werner Schneider Abdala: Mestre em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Graduada em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Possui experiência na área de Educação a mais de 06 anos, atuando na área de gestão acadêmica como coordenadora de curso de Engenharia e Tecnologia. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se a atuação como professora de ensino superior atuando em várias áreas de graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Atuou como inspetora de Aviação Civil, nas áreas de infraestrutura aeroportuária e segurança operacional em uma instituição federal.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-85107-64-2

