

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL

BRUNA SANTOS DE MACEDO
GIULIANA RIBEIRO PROTZEK

**ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO TÉRMICA POR FT-IR DO
POLIURETANO DERIVADO DO ÓLEO DE MAMONA UTILIZADO
COMO ISOLANTE TÉRMICO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2013

BRUNA SANTOS DE MACEDO
GIULIANA RIBEIRO PROTZEK

**ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO TÉRMICA POR FT-IR DO
POLIURETANO DERIVADO DO ÓLEO DE MAMONA UTILIZADO
COMO ISOLANTE TÉRMICO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia de Produção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Curitiba, sede Ecoville, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro de Produção Civil.

Orientadora Prof^a Dra. Elaine Azevedo.

CURITIBA

2013

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO TÉRMICA POR FT-IR DO POLIURETANO DERIVADO DO ÓLEO DE MAMONA UTILIZADO COMO ISOLANTE TÉRMICO

Por

BRUNA SANTOS DE MACEDO
GIULIANA RIBEIRO PROTZEK

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em 30 de setembro de 2013, pela seguinte banca de avaliação:

Prof^a. Orientadora – Elaine Azevedo, Dra.
UTFPR

Prof. José Alberto Cerri, Dr.
UTFPR

Prof. Carlos Marcus Gomes da Cruz, Dr.
UTFPR

Aos nossos pais, com todo o amor do
mundo.

AGRADECIMENTOS

À orientadora, Elaine Azevedo, pelas dicas, livros, balas, puxões de orelha e tudo mais que foi necessário para a conclusão deste trabalho, inclusive trabalhar no feriado.

Aos meus pais, Ivone e Luiz Carlos, por todo o amor e paciência que me dispensaram em dobro nos dias de estudo, amo vocês.

Ao meu irmão, apesar de tudo.

Aos meus avós, Tereza e Olivino, por estarem sempre aqui.

À minha tia Vanilda, pelos conselhos.

Aos amigos Thalita, Hélio, Bárbara, Lucas e Luciana, por apoiar a ideia e promover encontros para descontrair, mesmo sem entender nada do trabalho.

Aos meus pais, Dilma e Marcio, por todo amor, paciência, carinho, ouvidos e conselhos, amo vocês.

Ao meu irmão pelos doces nas horas de stress.

Aos amigos Tânia, Flávia, Isabel, Thalita, Hélio, Bárbara, Lucas pelas horas de descontração.

Ao Laboratório de Espectrofotometria FT-IR do DAQBI pelo uso do equipamento, em especial ao Professor Carlos Cruz pela atenção.

Ao Grupo de Materiais do DAMEC, em especial ao técnico Alexandre José Gonçalves pelas imagens de MEV.

Ao Grupo de Química Analítica de Tecnologia de Polímeros do IQSC-USP, em especial ao prof. Salvador Claro Neto.

À Cequil Central de Indústria e Desenvolvimento de Polímeros Ltda, pelo fornecimento do poliuretano.

Aos alunos e estagiários do Grupo de Materiais pelo auxílio na confecção dos corpos de prova, em especial ao Rodrigo e Renan.

Aos professores do DACOC e colegas de curso, pela ajuda e conhecimento repassado.

À Fundação Araucária, FAPESP, Capes e CNPq, pelo apoio financeiro aos laboratórios envolvidos na realização desta pesquisa.

A todos aqueles que de alguma maneira ajudaram neste trabalho.

“Não são os grandes projetos que dão certo, mas sim os pequenos detalhes.”

Stephen Kanitz

“Não sabendo que era impossível, ele foi lá e fez.”

Jean Cocteau

RESUMO

MACEDO, Bruna S.; PROTZEK, Giuliana R., **Análise da degradação térmica por FT-IR do poliuretano derivado do óleo de mamona utilizado como isolante térmico**. 2013. 60f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção Civil), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

Os materiais usados como isolantes térmicos na construção civil, em sua maioria, advêm de fontes não renováveis e não biodegradáveis. A longa exposição destes materiais a altas temperaturas resultam na sua degradação. É uma tendência mundial buscar alternativas que preservam o meio ambiente. Este trabalho tem como objetivo analisar a espuma de poliuretano derivada do óleo de mamona para ser usada como isolante térmico na construção civil. Este material é biodegradável e renovável e não possui compostos orgânicos voláteis em sua composição. Utilizou-se a espectrofotometria na região do infravermelho e a microscopia eletrônica de varredura, para monitorar o material ao longo do tempo de exposição às temperaturas de -18°C e $+70^{\circ}\text{C}$. A espuma de poliuretano derivada do óleo de mamona mostrou-se indicada para ser utilizada como isolante térmico na construção civil. Na análise houve alterações em sua coloração o que não descartaria o produto para fins de isolamento térmico.

Palavras-chave: Óleo de mamona. Espuma de poliuretano. Isolante térmico.

ABSTRACT

MACEDO, Bruna S.; PROTZEK, Giuliana R., **Analysis of thermal degradation by FT-IR of polyurethane derived from castor oil used as insulation**. 2013. 60f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção Civil), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

The materials used as thermal insulation in construction, mostly come from non-renewable and non-biodegradable. The long exposure to high temperatures these materials results in its degradation. It is a global trend to find alternatives that preserve the environment. This paper aims to analyze the polyurethane foam derived from castor oil to be used as thermal insulation in construction . This material is biodegradable and renewable and has no volatile organic compounds in its composition . We used the infrared spectrophotometry and scanning electron microscopy , to monitor the materials over time of exposure to temperatures of -18°C and $+70^{\circ}\text{C}$. The polyurethane foam derived from castor oil proved suitable for use as thermal insulation in construction . In the analysis there were changes in their coloring that does not rule out the product for thermal insulation .

Keywords: Castor oil. Polyurethane foam. Thermal insulator.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Isolante térmico de (a) PVC e (b) lã de vidro	15
Figura 2 - Formação do grupo uretano pela reação entre os grupos isocianato e álcool.....	16
Figura 3 - Reação de obtenção do pré-polímero de uretano, obtido por meio de um polioli e um diisocianato	17
Figura 4 - Formação do poliuretano	17
Figura 5 - Molécula de (a) Tolueno Diisocianato – TDI e (b) Difenilmetano	18
Figura 6 - Triglicérido do ácido ricinoleico	19
Figura 7 - Prótese óssea desenvolvida com PU derivado de óleo de mamona	20
Figura 8 - Forro da espuma de poliuretano derivado de óleo de mamona utilizado como isolante térmico	20
Figura 9 - Espectros eletromagnéticos.....	22
Figura 10 - Espectro magnético para radiação infravermelha próxima, média e distante.....	23
Figura 11 - Esquema de funcionamento do equipamento de infravermelho de transformada de Fourier.....	24
Figura 12 - Desenho esquemático do processo ATR.....	25
Figura 13 - Espectro do IV:Transmitância <i>versus</i> Número de onda	26
Figura 14 - Frequências características dos grupos funcionais mais comuns. F=forte, m=médio, f=fraco, a=agudo, l=largo.....	27
Figura 15 - Desenho esquemático do funcionamento do MEV	28
Figura 16 – Fluxograma do processo de obtenção e caracterização das amostras de espumas.....	29
Figura 17 – (a) recobrimento do molde superior com lona plástica (b) recobrimento do molde inferior com lona plástica	30
Figura 18 – (a) mistura do pré-polímero com o polioli com agitação mecânica (b) molde travado com mistura	31
Figura 19 – Desmolde da espuma	32
Figura 20 – Amostra da espuma de PU derivada de óleo de mamona	32
Figura 21 - Amostras após tratamento térmico	33
Figura 22 – Espectro de infravermelho da espuma sem tratamento térmico	35
Figura 23 - Espectro de IV, amostra ST sobreposta à amostra F100	35
Figura 24 - Espectro de IV, amostra ST sobreposta à amostra F500	36
Figura 25 - Espectro de IV, amostra ST sobreposta à amostra F1000	37
Figura 26 - Espectro de IV, amostra ST sobreposta à amostra E100	38
Figura 27 - Espectro de IV, amostra ST sobreposta à amostra E500	38
Figura 28 - Espectro de IV, amostra ST sobreposta à amostra E1000	39
Figura 29 – Micrografias de MEV para amostra ST	40
Figura 30 - Micrografias de MEV para amostra F100.....	41
Figura 31 – Micrografia de MEV para amostra do freezer F500.....	41
Figura 32 – Micrografias de MEV para amostra do freezer F1000.....	42

Figura 33 – Micrografias de MEV para amostra da estufa E100	42
Figura 34 – Micrografias de MEV para amostra da estufa E500	43
Figura 35 – Micrografia de MEV para amostra da estufa E1000.....	43

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ATR	Refletância Total Atenuada
CFC	Clorofluorcarbono
GQATP	Grupo de Química Analítica e de Tecnologia de Polímeros
HCFC	Hidroclorofluorcarbono
IV	Infravermelho
MDI	Diisocianato de Difenilmetano
OMS	Organização Mundial da Saúde
PU	Poliuretano
PVC	Cloreto de Polivinila
TDI	Tolueno Diisocianato

LISTA DE ACRÔNIMOS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CEQUIL	Central de Indústria e Desenvolvimento de Polímeros
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
DAMEC	Departamento de Mecânica
DAQBI	Departamento Acadêmico de Química e Biologia
FT-IR	Espectrofotômetro de Transformada de Fourier na Região do Infravermelho
INMET	Instituto Nacional de Metrologia
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
SED	Síndrome dos Edifícios Doentes
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	12
1.1. Objetivo.....	13
1.2. Justificativa	13
1.3. Estrutura do trabalho.....	13
2.REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1. Síndrome dos Edifícios Doentes - SED	14
2.2. Isolantes térmicos	14
2.3. Poliuretanos	16
2.3.1. Espumas Rígidas de Poliuretano	17
2.3.2. Poliuretano derivado do óleo de mamona.....	19
2.3.3. Espuma de poliuretano de mamona	21
2.4. Espectrofotometria na região do infravermelho	21
2.4.1. Espectrofotômetro de Transformada de Fourier - FT-IR	23
2.4.1.1. Refletância Total Atenuada – ATR	24
2.4.2. Interpretação dos espectros do infravermelho	25
2.5. Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV	27
3.MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1. Confeção da Espuma de PU derivada de Óleo de Mamona.....	30
3.2. Envelhecimento dos corpos de prova	33
3.3. Espectrofotometria na região do infravermelho	33
3.4. Microscopia eletrônica de varredura	34
4.RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.1. Análise Espectrométrica FT-IR	34
4.2. Análise Microscópica Eletrônica de Varredura.....	40
5.CONCLUSÕES	45
6.SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	46
7.REFERÊNCIAS.....	47
8.ANEXOS	55

1. INTRODUÇÃO

O conforto térmico é a sensação de bem estar que o indivíduo sente em um ambiente [1]. Quando uma pessoa está confortável em seu meio existe um maior rendimento de suas atividades [2]. Para um ambiente ser cômodo, três fatores devem estar em harmonia: a temperatura, a velocidade de climatização e a umidade do ar [3]. A quantidade de janelas e os sistemas mecanizados garantem o controle destes fatores além do forro que diminui o fluxo térmico no ambiente [4].

O cloreto de polivinila, conhecido como PVC, e a lã de vidro são os materiais mais usados como isolantes térmicos na construção civil, contudo suas composições causam grandes impactos ambientais: O PVC é um polímero reciclável, porém não renovável e não biodegradável. Ao longo do tempo o PVC exala compostos orgânicos voláteis, cuja sigla é COV, que são prejudiciais à saúde [5]. A lã de vidro é um material não biodegradável formada por pequenas fibras de vidro que são aglomeradas por resinas sintéticas que utilizam solventes [6], os quais são mutagênicos e cancerígenos [7].

Nos anos 70, estudos sobre a qualidade do ar em ambientes internos tiveram início devido à racionalização de energia [8-10]. Os prédios que eram bastante arejados, com grandes janelas foram substituídos por edifícios selados, ou seja, com poucas janelas e espaços cada vez menores [11], para climatização por condicionadores de ar.

A Organização Mundial Da Saúde definiu como Síndrome dos Edifícios Doentes, denominada SED, o conjunto de sintomas relacionados com a qualidade do ar interno [8,12]. Uma maneira de minimizar a SED é substituir o isolante térmico por um material que diminua os impactos tanto ambientais quanto na saúde dos usuários dos edifícios [13].

A espuma de poliuretano derivada do óleo de mamona é uma opção para ser usada como isolante térmico, conforme Cardoso [4]. Devido ser um material biodegradável [12-13], derivada de um material renovável [14] e não utiliza compostos orgânicos voláteis [15].

1.1. Objetivo

O objetivo deste trabalho é analisar a degradação térmica da espuma de poliuretano derivado do óleo de mamona para ser usada como isolante térmico na construção civil, para isso utilizou-se a espectrofotometria de infravermelho e a microscopia eletrônica de varredura.

1.2. Justificativa

O aumento de demanda de materiais na Construção Civil gera escassez de matéria-prima utilizada no segmento. Por isso é essencial buscar alternativas, sobretudo as que preservam o meio ambiente. Um bom sistema de isolamento térmico resultará em uma grande economia de energia. Os materiais usados para este fim são de origem não renováveis e também não biodegradáveis. A longa exposição destes materiais a temperaturas elevadas resulta na degradação dos mesmos que liberam compostos orgânicos voláteis, altamente tóxicos.

A espuma de poliuretano derivado de óleo de mamona foi utilizada em trabalhos desenvolvidos na Universidade de São Paulo como isolante térmico, obtendo resultados eficientes e satisfatórios. Neste trabalho, será analisada por espectrofotometria na região do infravermelho e por microscopia eletrônica de varredura essa espuma aplicando tratamento térmico de 70° C a -18° C por um período de 1000 horas, para avaliar a degradação quando submetida a temperaturas mínimas e máximas encontradas na região sul do Brasil.

1.3. Estrutura do trabalho

No capítulo 2 apresenta-se uma revisão da teoria sobre síndrome dos edifícios doentes, isolantes térmicos, polímeros, poliuretanos, espumas derivadas de petróleo e de óleo de mamona, espectrofotometria na região do infravermelho e microscopia eletrônica de varredura. No capítulo 3 são apresentados os materiais e métodos utilizados. No capítulo 4 é feita a análise e discussão de resultados. No capítulo 5 são apresentadas conclusões e no capítulo 6 são feitas sugestões de trabalhos futuros.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo são apresentados os conceitos básicos sobre síndrome dos edifícios doentes, isolantes térmicos, poliuretanos, espumas rígidas de poliuretano, poliuretano derivado do óleo de mamona, espuma de poliuretano de mamona, espectrofotometria na região do infravermelho, espectrofotômetro de transformada de Fourier, interpretação dos espectros do infravermelho, microscopia eletrônica de varredura.

2.1. Síndrome dos Edifícios Doentes - SED

A SED é um termo para definir um conjunto de sintomas que os ocupantes de um edifício apresentam relacionados à saúde e conforto. Define-se que um edifício é doente quando mais de 20% das pessoas apresentam sintomas contínuos como: dor de cabeça [8,12,16,17], fadiga [9,13,18,19], irritação na pele [9,10,12], nos olhos [9,12,16,20], na garganta [9,12,19] e no nariz [8,9,11,12], falta de concentração e letargia [8,9,12].

As causas prováveis para essa síndrome são problemas em sistemas de ventilação mecanizada, contaminações por microrganismos, substâncias físicas e químicas [8,9,12].

Para diminuir esses problemas é importante fornecer ao ambiente ventilação natural. Além de fazer manutenção periódica nos dutos dos sistemas de ventilação e de ar condicionado, além da manutenção periódica dos filtros de condicionadores de ar. Desse modo reduzem-se as irritações respiratórias e previne-se a proliferação de fungos e bactérias [16,19], resultando numa diminuição dos impactos causados pela SED [20].

2.2. Isolantes térmicos

Isaia [14] define um isolante térmico como um material que tem o objetivo de dificultar as trocas térmicas dos ambientes. Os isolantes térmicos começaram a ser usados com o objetivo de reduzir os custos energéticos tanto de aquecimento como de resfriamento de ambientes [14].

No Brasil, os materiais mais usados como isolantes térmicos na construção civil são o PVC e a lã de vidro, Figura 1. O PVC é um composto que ao longo do tempo degrada-se liberando COV [5]. A lã de vidro, por sua vez, é composta por pequenas fibras de vidro, de 3 μ m a 6 μ m, agregadas às resinas sintéticas [6].



Figura 1 - Isolante térmico de (a) PVC e (b) lã de vidro
Fonte: [5,21,22]

Os COV's à temperatura ambiente encontram-se em forma de vapor [21]. Exemplos dessas substâncias são: o formaldeído, benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno e acetaldeído [21-25].

Muitos dos COV's são considerados cancerígenos, mutagênicos e teratogênicos [26]. A exposição a esses compostos podem causar, também, dores de cabeça, cansaço, tontura, sonolência, fadiga, náusea, irritação nos olhos, na pele e no sistema respiratório, podendo até ocorrer desordem mental [27-33].

No Brasil a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, ANVISA, é o órgão responsável pela comercialização e utilização dos solventes [34]. A agência regulamentadora propõe, em resolução, como forma de minimizar a emissão de poluentes para o ambiente a substituição dos materiais que contém COV's [35].

Dahlstrom Heuser *et al.* relatam que os trabalhadores expostos a solventes na indústria de sapatos são mais propícios a desenvolver leucemia e câncer nasal. Nas mulheres grávidas há grande risco de aborto espontâneo [36]. A exposição ao solvente orgânico pode causar danos auditivos [37] ou até causar mutagênese [38].

2.3. Poliuretanos

Poliuretanos, conhecidos como PU's, são polímeros orgânicos que contêm o grupo uretano na sua estrutura, produzidos pela reação de um polioliol com um diisocianato, Figura 2 [39].

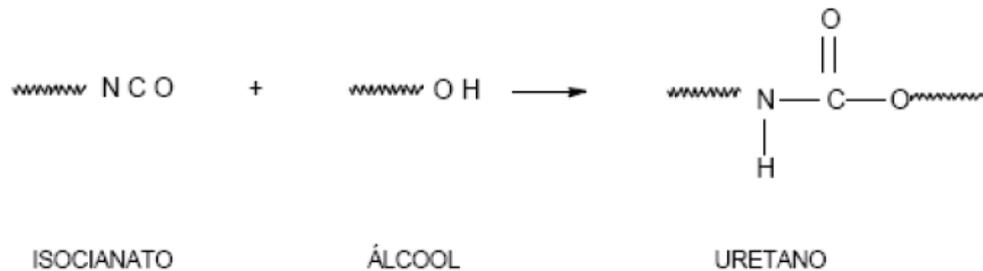


Figura 2 - Formação do grupo uretano pela reação entre os grupos isocianato e álcool
 Fonte: [40]

A síntese dos poliuretanos foi feita, primeiramente, por Otto Bayer e seus colaboradores da I.G. Farbeindustrie, em 1937. Desde então é utilizado em fibras, cerdas, revestimentos cerâmicos, espumas e elastômeros dentre outros [41]. Os poliuretanos possuem estruturas que variam de lineares e flexíveis a rígidas e altamente entrecruzadas [42].

Na obtenção de poliuretanos lineares são usados reagentes difuncionais. Os polímeros entrecruzados ou ramificados são resultados da aplicação de um composto de isocianato ou dihidroxilado com funcionalidade triplicada [43].

Para obter um poliuretano existem dois métodos distintos. No primeiro processo, a adição dos reagentes é feita em uma única etapa, *one shot process*, [44].

No segundo método, o poliuretano é obtido em duas etapas, *two steps*: na primeira é feita a pré-polimerização do isocianato com um polioliol, obtendo um polímero com massa molecular baixa, no qual há um excesso de isocianato, Figura 3 [40].

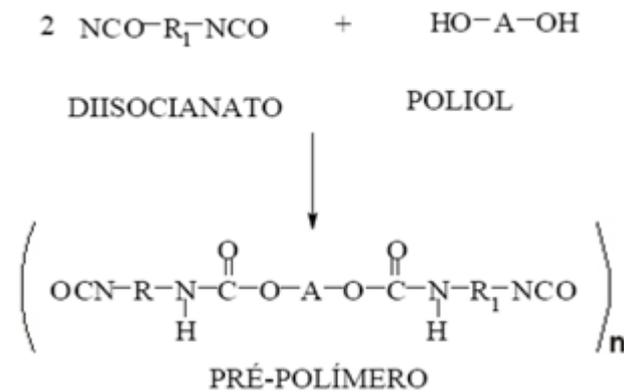


Figura 3 - Reação de obtenção do pré-polímero de uretano, obtido por meio de um polioliol e um diisocianato
 Fonte: [40]

Na segunda etapa, faz-se a adição de polioliol que equilibra quimicamente a reação com o excedente de isocianato, aumentando a massa molecular, Figura 4.

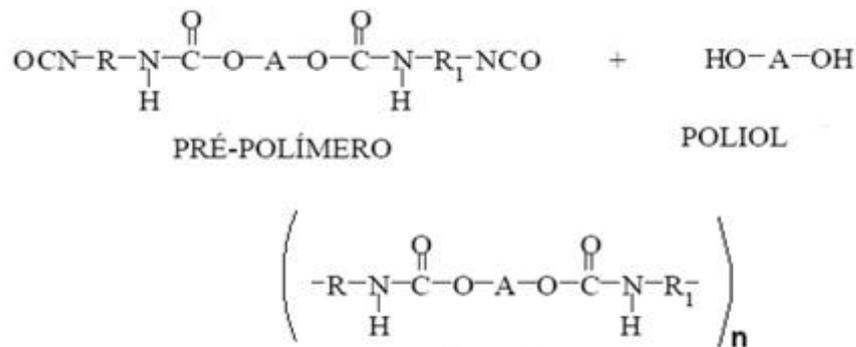


Figura 4 - Formação do poliuretano
 Fonte: [45]

2.3.1. Espumas Rígidas de Poliuretano

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, espumas rígidas são “produtos celulares obtidos pela reação de uma mistura de diisocianatos ou poliisocianatos com compostos hidroxílicos em presença de agentes de expansão, catalisadores e/ou compostos tenso-ativos” [46].

Os diisocianatos comerciais mais utilizados são o Tolueno Diisocianato, TDI, e o Diisocianato de Difenilmetano, o MDI, Figura 5.

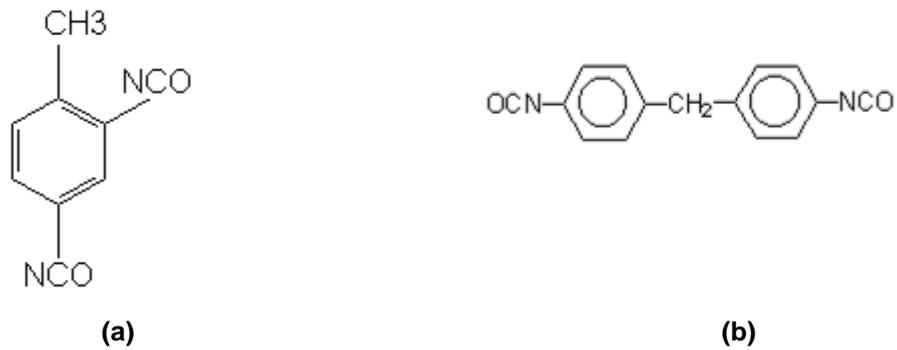


Figura 5 - Molécula de (a) Tolueno Diisocianato – TDI e (b) Difenilmetano diisocianato – MDI

Fonte: [44]

O agente de expansão é responsável pela redução da condutividade térmica do conjunto, pois aumenta a distância entre as moléculas da espuma, dificultando a transferência de calor. Para as espumas derivadas de petróleo, existem inúmeros gases que podem ser utilizados como agentes de expansão, incluindo o clorofluorcarboneto – CFC –, gás responsável pela destruição de parte da camada de ozônio [44].

As espumas são os itens mais comercializados no mercado de poliuretano. A maior demanda deste material é para a indústria de isolamento térmico de equipamentos e tubulações. O grande consumo de espumas no isolamento térmico, desde refrigeradores e contêineres até painéis divisórios e telhas, é devido a sua baixa condutividade térmica [44].

Na construção civil, as espumas rígidas são comercializadas em formas de placas e calhas pré-moldadas, com uma grande variedade de tamanhos, facilitando a utilização e armazenagem. Outra opção comercializada deste produto é em forma de *spray*; neste caso, aplica-se o produto sobre a superfície, que posteriormente poderá receber um acabamento com pintura. Há ainda uma terceira opção para utilização das espumas: por injeção; neste método, preenche-se um molde com a espuma que durante o processo expande-se, aderindo às paredes do molde [4].

A versatilidade das espumas de poliuretano faz com que este material seja amplamente utilizado na construção civil, seja como isolante térmico em equipamentos ou como sistema de isolação de coberturas, em telhas tipo sanduíche [4].

2.3.2. Poliuretano derivado do óleo de mamona

O desenvolvimento e utilização do óleo de mamona como matéria-prima industrial iniciou-se na década de 1940, como síntese para tintas e vernizes [43]. É um poliol poliéster natural, trifuncional, composto por 89% de triglicéride do ácido ricinoleico [49]. A molécula é mostrada na Figura 6.

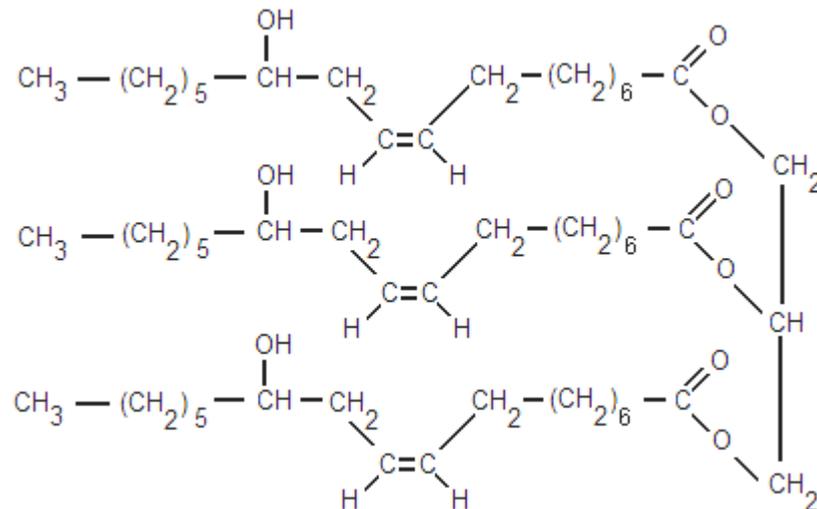


Figura 6 - Triglicerídeo do ácido ricinoleico
Fonte: [42]

O Grupo de Química Analítica e Tecnologia de Polímeros, GQATP, do Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, desenvolve poliuretanos derivados do óleo de mamona desde a década de 1980. O pioneirismo foi na área médica, com a produção de próteses ósseas [4], Figura 7.

As diferentes associações do poliol com o pré-polímero resultam em inúmeras aplicações, como prótese óssea, desenvolvida por Chierice [51]; isolantes elétricos estudados por Altafim et. al. [51]; reaproveitamento de borracha de pneus estudado por Rodrigues Jorge [53]; fibras sintéticas, esmaltes, lubrificantes e resinas [54]; adesivos estudados por Azevedo [42]; argamassas elastoméricas por Lima [40] e isolante térmico por Cardoso [4].



Figura 7 - Prótese óssea desenvolvida com PU derivado de óleo de mamona
Fonte: [50]

Na medicina os poliuretanos derivados do óleo de mamona foram utilizados em teste de biocompatibilidade em implante de córnea, pesquisado por Morales [55]; o cimento ósseo, usado em implantes ortopédicos, estudado por Claro Neto [49] e órteses em tratamentos fisioterápicos conforme Leite [56].

Cardoso estudou o PU derivado do óleo de mamona como isolante térmico para telhados, como alternativa para os materiais comumente utilizados, derivados de petróleo[4], Figura 8.



Figura 8 - Forro da espuma de poliuretano derivado de óleo de mamona utilizado como isolante térmico
Fonte: [4]

2.3.3. Espuma de poliuretano de mamona

Depois da descoberta dos riscos causados pelos CFC's, muitos investimentos foram feitos na pesquisa por novos materiais que pudessem substituí-los. Os sucessores imediatos foram os hidroclorofluorcarbonos, os HCFCs, que após alguns anos em utilização, pesquisas mostraram também serem nocivos ao meio ambiente [57]. O comprometimento com a questão ambiental exige que os materiais tenham baixo ou nulo potencial de degradação da camada de ozônio e de aquecimento global [57].

No Brasil, desde 2010, os produtos estrangeiros que contenham em sua composição o HCFC-R141b, passaram a ter restrição para entrada no país devido de acordo com o Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFC's, derivação dos protocolos de Kyoto e de Montreal [57].

Além de conter gases nocivos ao meio ambiente, as espumas derivadas de petróleo liberam os COV's, compostos que ao serem inalados podem causar malefícios aos seres humanos [27-30].

Uma das alternativas é o poliuretano derivado do óleo de mamona, pois é derivado de matéria prima renovável, não utiliza HCFC em sua composição e não liberam os COV's [12-15].

Segundo Cardoso, “a espuma rígida de poliuretano derivado do óleo de mamona apresentou propriedades termomecânicas compatíveis para utilização como isolante térmico em temperaturas entre a do ambiente e 100°C” [4].

2.4. Espectrofotometria na região do infravermelho

Segundo Barrow [58] “espectrofotometria é a medida e a interpretação de radiações eletromagnéticas absorvidas ou emitidas, quando as moléculas, átomos ou íons de uma amostra deslocam-se de uma energia permitida à outra” [58].

De acordo com Pizzolatti, “radiação eletromagnética é a energia que tem propriedades de partícula (fóton) e de onda; tem diferentes intensidades de energia, que no conjunto constitui o espectro eletromagnético” [60].

Cada conjunto de frequências, com propriedades semelhantes, nos espectros eletromagnéticos tem denominações distintas: raios gama, raios-X, Ultravioleta, visível, infravermelho, micro-ondas e ondas de rádio [60].

A espectrofotometria de infravermelhos é baseada na frequência única de cada ligação química. Denominadas frequências de ressonância, são designadas de acordo com a forma da molécula, níveis de energia e massa dos átomos [61].

De acordo com Silverstein, “a radiação IV corresponde aproximadamente à parte do espectro eletromagnético situado entre as regiões visível a olho nu e as micro-ondas”, Figura 9 [62].

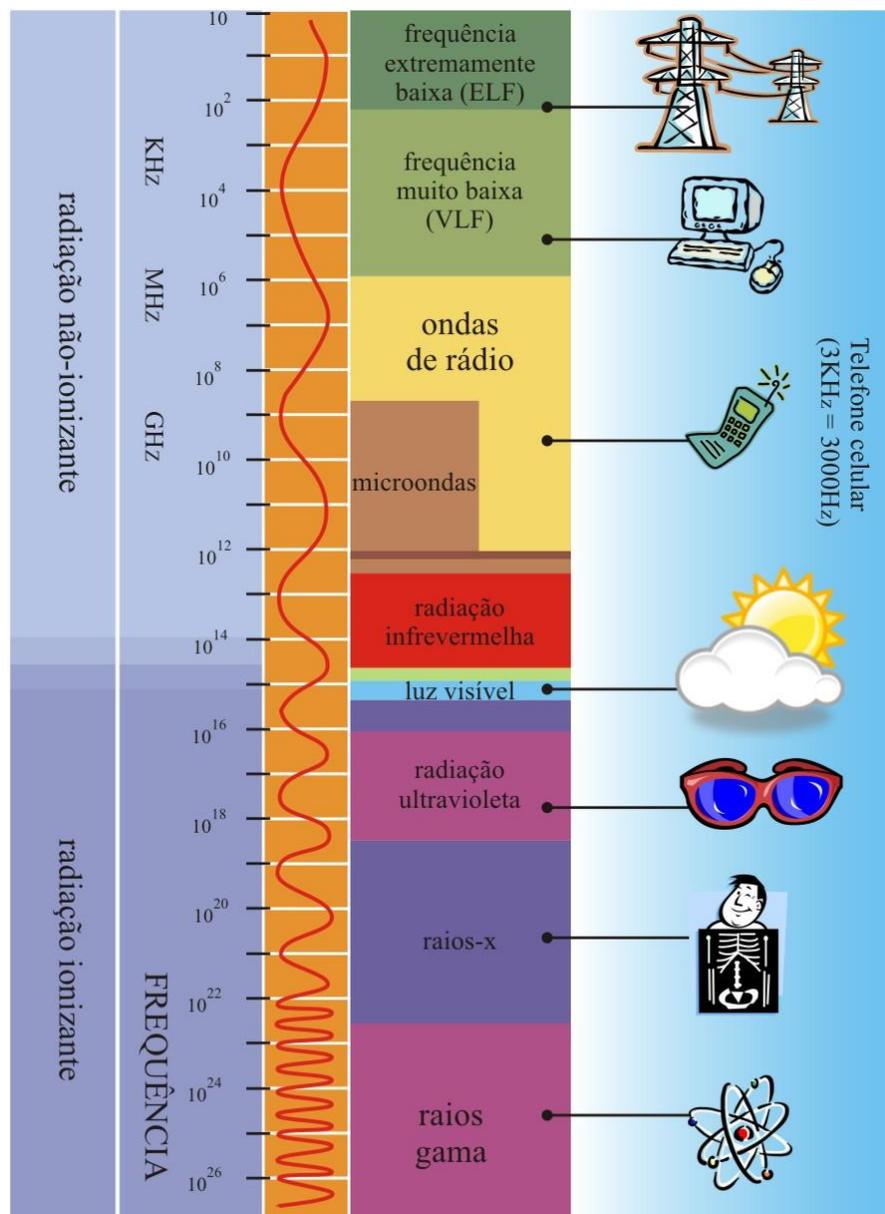


Figura 9 - Espectros eletromagnéticos
Fonte: [59]

Para análise de compostos orgânicos, a região entre 4000 cm^{-1} e 400 cm^{-1} são a de maior relevância, Figura 10 [62].

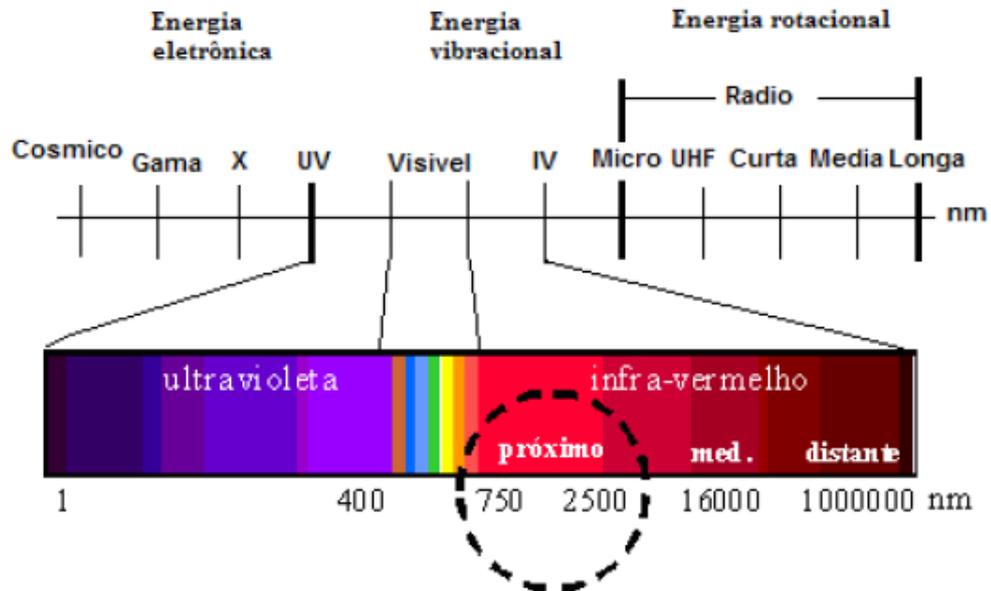


Figura 10 - Espectro magnético para radiação infravermelha próxima, média e distante
Fonte: [63] apud [64]¹

2.4.1. Espectrofotômetro de Transformada de Fourier - FT-IR

Segundo Pavia, “o instrumento que obtém o espectro de absorção no infravermelho de um composto é chamado de espectrofotômetro de infravermelho ou espectrofotômetro”. Os equipamentos mais utilizados para este fim são o de dispersão e o de transformada de Fourier [65].

O espectrofotômetro com transformações de Fourier, FT-IR, separa a radiação em dois feixes, um fixo e outro móvel, chamado espelho móvel, mostrado na Figura 11 [62].

¹ HEIN, P. R. G.; CAMPOS, A. C. M.; FREITAS, M. P. de. **Introdução à Espectroscopia de Infravermelho Próximo Aplicada às Ciências Florestais**. Em: SEMANA ACADÊMICA DE CURSOS 2008. Anais Lavra: Universidade Federal de Lavras, 2008. Disco Laser.

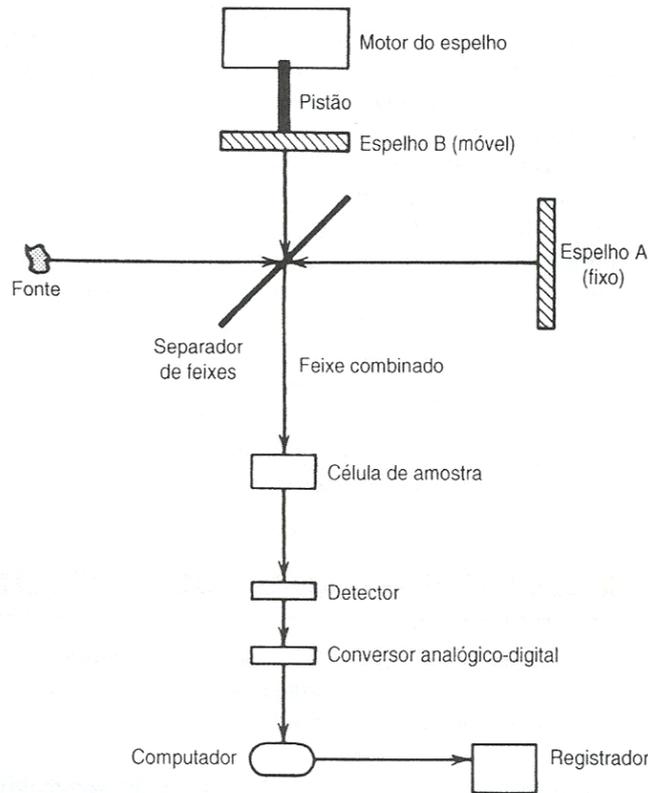


Figura 11 - Esquema de funcionamento do equipamento de infravermelho de transformada de Fourier
Fonte: [62]

O espectrofotômetro traça um caminho óptico de forma gráfica (intensidade *versus* tempo) chamado de interferograma. O FT-IR utiliza a operação matemática transformada de Fourier para obter um interferograma de intensidade *versus* frequência. O equipamento guarda os valores na memória de um computador e, em seguida, os totais armazenados são somados para obtenção de um espectro com maior resolução, [65].

2.4.1.1. Refletância Total Atenuada – ATR

A Refletância Total Atenuada, ATR, é uma técnica baseada no fenômeno da reflexão interna de um elemento óptico que apresenta índice de refração elevado [66]. O feixe de radiação IV passa do meio mais denso, cristal do ATR, para o menos denso, amostra, podendo-se observar a reflexão [67], o esquema deste processo é

apresentado na Figura 12. Este cristal deve ser transparente à radiação e apresentar alto índice de refração na faixa do infravermelho [13].

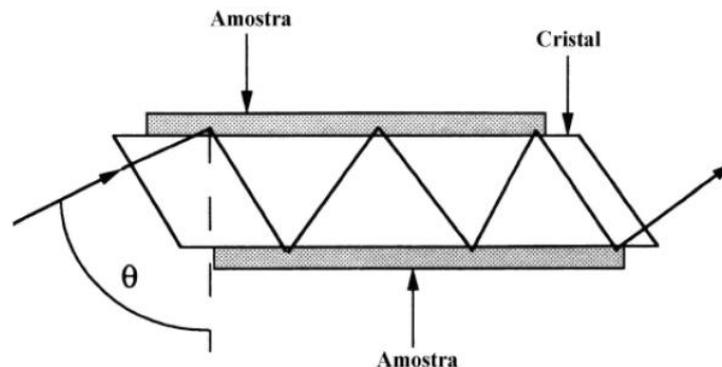


Figura 12 - Desenho esquemático do processo ATR
Fonte: [67]

A espectrofotometria de ATR é utilizada para materiais líquidos e sólidos, indicada principalmente para materiais que absorvem muita radiação ou amostras muito espessas, que ao serem analisadas pelas demais técnicas perdem a precisão dos resultados [67-68].

O acessório de ATR é prático, rápido, não destrutivo e dispensa a preparação prévia da amostra. Por este motivo é o equipamento mais utilizado na obtenção de espectros de IV de polímeros [68].

2.4.2. Interpretação dos espectros do infravermelho

Para moléculas com um número elevado de átomos, como é o caso dos polímeros, a interpretação espectral é feita empiricamente, comparando-se as frequências vibracionais observadas na amostra desconhecida com as frequências fundamentais dos grupos funcionais característicos [68], Figura 13.

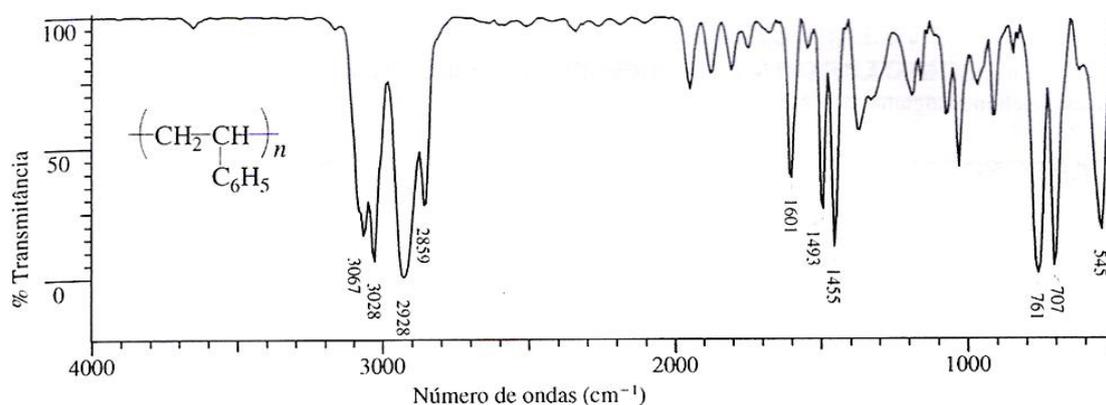


Figura 13 - Espectro do IV: Transmitância versus Número de onda
Fonte: [68]

De acordo com Canevarolo Jr,

Antes de efetuar a comparação, é relevante saber a natureza do espectro IV que está na biblioteca [...]. Antes de chegar a alguma conclusão, com base nas informações dadas pelo programa da biblioteca de espectros, compare visualmente os espectros das amostras desconhecidas com a da conhecida, analisando criticamente o perfil espectral dos dois espectros [68].

A Figura 14 mostra algumas frequências de absorção de moléculas orgânicas no IV, separadas por grupos. As faixas largas de absorção demonstram que as interações entre as moléculas são complexas. As bandas de absorção compreendem um único modo vibracional, por exemplo, as provenientes de ligação axial, como CH, que permanecem fixas no espectro independente das interferências [62].

As faixas mais importantes para análise preliminar do espectro são as regiões de 4000 a 1300 cm⁻¹ e de 900 a 650 cm⁻¹. Segundo Silverstein et. al., "a região de mais alta frequência é a dos grupos funcionais importantes, como OH, NH e C=O". Os anéis aromáticos e os heteroaromáticos têm bandas fortes, apresentados na faixa de 1600 a 1300 cm⁻¹. Quando não há absorção nas regiões características de determinados grupos funcionais, significa que não há presença destes na estrutura analisada [68].

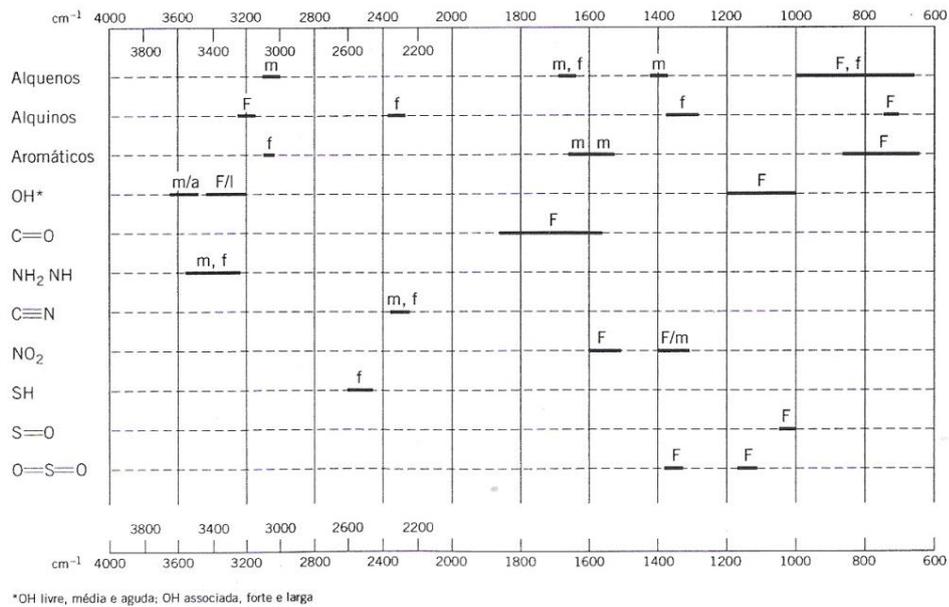


Figura 14 - Frequências características dos grupos funcionais mais comuns. F=forte, m=médio, f=fraco, a=agudo, l=largo
Fonte: [68]

2.5. Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV

“A principal função de qualquer microscópio é tornar visível a olho humano o que for muito pequeno para tal” [69]. A determinação da precisão de resolução da imagem dos microscópios ópticos é dependente do comprimento de onda da radiação incidente, desta forma estes equipamentos conseguem ampliação máxima de 2000 vezes [69].

De acordo com Dedavid [69], “um microscópio eletrônico de varredura utiliza um feixe de elétrons no lugar dos fótons utilizados nos microscópios ópticos convencionais, o que permite solucionar o problema de resolução da fonte de luz branca” [69].

O funcionamento do MEV utiliza o feixe de elétrons focalizado sobre a amostra sólida, explorando a superfície como um todo e, em seguida, transmitindo o sinal a uma tela catódica, semelhante ao utilizado nas televisões de tubo, Figura 15 [70].

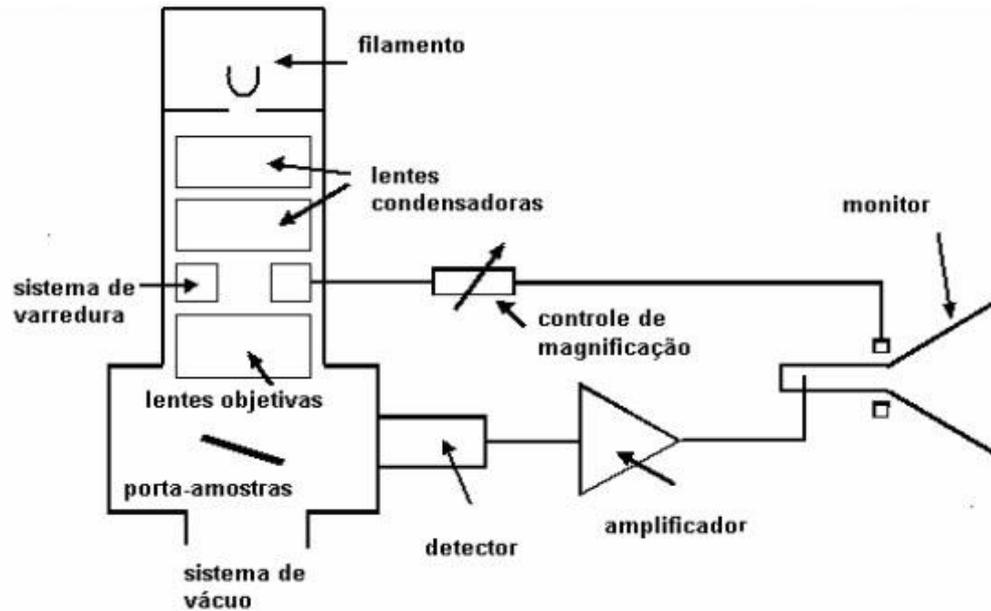


Figura 15 - Desenho esquemático do funcionamento do MEV
 Fonte: [69]

Segundo Dedavid [69], a vantagem de utilização do microscópio eletrônico de varredura é que o aparelho fornece informações rápidas sobre a morfologia e a microestrutura de amostra sólida. Além disso, é um dos equipamentos mais “versáteis para observação e análise de características microestruturais de objetos sólidos” [69]. Outra importante característica citada por Dedavid [69] é a imagem tridimensional das amostras, que permitem a análise da profundidade do objeto [69].

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são apresentados os materiais utilizados na pesquisa, incluindo os métodos usados na fabricação da espuma derivada do óleo de mamona e os métodos de análise desse material antes e após o envelhecimento térmico.

Na Figura 16 é apresentado o fluxograma do processo de obtenção e caracterização das amostras de espumas.

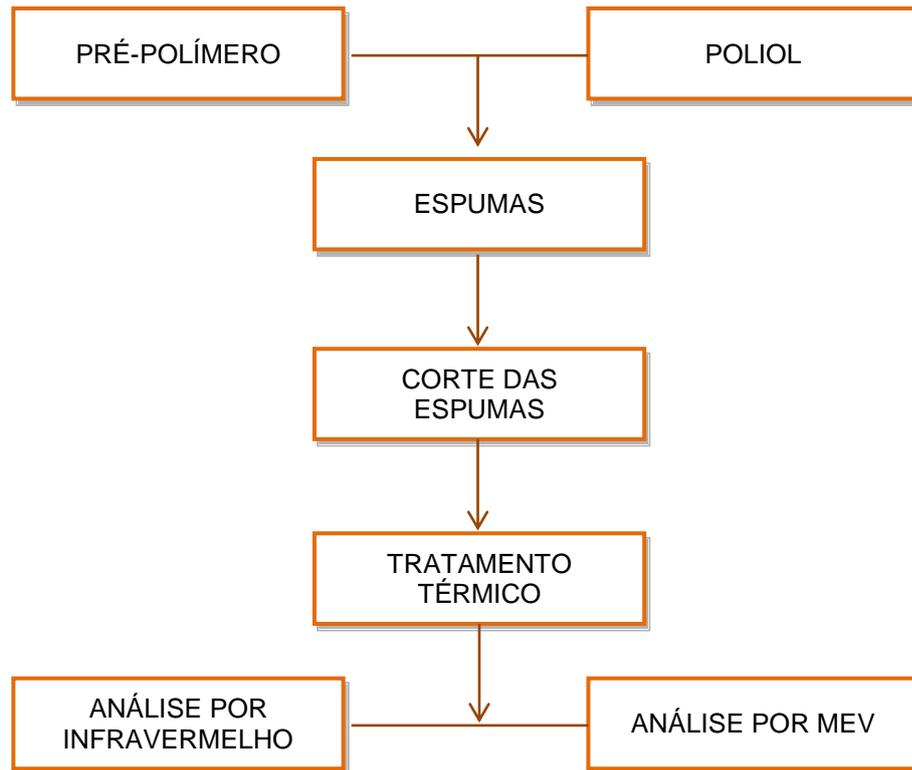


Figura 16 – Fluxograma do processo de obtenção e caracterização das amostras de espumas

Os limites de temperatura definidos para essa pesquisa foram determinados de acordo com dados do Instituto de Metrologia Nacional, INMET. A cidade de Xanxerê, em Santa Catarina, atingiu a marca de $-11,1^{\circ}\text{C}$, sendo assim a menor marca oficial de temperatura negativa no Brasil. Já a cidade de Caçador, no mesmo Estado, atingiu a máxima de -14°C , porém medida pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, EPAGRI, que não tem autonomia nacional [47].

Ainda há o registro não oficial da temperatura de Urubici, em Santa Catarina, que atingiu o limite de $-17,8^{\circ}\text{C}$ no dia 29 de junho de 1996, publicado pelo site da Câmara de Vereadores da cidade [48].

Em relação ao limite máximo de temperatura positiva, os dados foram obtidos de Cardoso [4], a qual obteve o referido valor em sua dissertação de mestrado concluindo que a espuma derivada do óleo de mamona começa a degradar quando fica exposta a temperaturas acima dos 70°C [4].

3.1. Confeção da Espuma de PU derivada de Óleo de Mamona

Para confeccionar a espuma foi utilizado o polioli e o pré-polímero fornecidos pela empresa Cequil Central de Indústria e Desenvolvimento de Polímeros Ltda – Araraquara/SP. A proporção adotada para a preparação da espuma foi de 0,7:1 em peso - de polioli para pré polímero -, seguindo a orientação do fabricante.



(a)



(b)

**Figura 17 – (a) recobrimento do molde superior com lona plástica
(b) recobrimento do molde inferior com lona plástica**

Na Figura 17 apresenta-se o processo de recobrimento das placas do molde metálico, cujas dimensões são de 0,50x0,50x0,05 m e 50 kg. Utilizou-se lona plástica, pois este material facilita o desmolde. Como a espuma expande durante o processo é necessário deixar folga no recobrimento.

A Figura 18 apresenta a mistura sendo feita com agitação mecânica, sendo esta realizada com uma pá de batedeira acoplada a furadeira manual. Esse processo é feito em um minuto, a reação dos componentes é muito rápida. Em seguida a mistura é colocada no molde e o molde travado.



(a)



(b)

Figura 18 – (a) mistura do pré-polímero com o polioliol com agitação mecânica (b) molde travado com mistura

O tempo indicado pelo fabricante para a desmoldagem é de 15 minutos. A Figura 19 mostra o desmolde da espuma.



Figura 19 – Desmolde da espuma

Os corpos de prova para o ensaio de espectrofotometria na região do infravermelho foram cortados no Departamento de Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR com dimensões de: (2,0 X 1,4)cm, Figura 20.



Figura 20 – Amostra da espuma de PU derivada de óleo de mamona

3.2. Envelhecimento dos corpos de prova

Foram colocados 18 corpos de prova em estufa, MedClave modelo 1, do Laboratório de Plasma da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, com temperatura aproximada de 70°C por 1.000h, sendo retiradas uma a cada 100 horas.

Outras 18 amostras foram colocadas no freezer, Electrolux modelo F250, com temperatura de -18°C, por 1.000h, sendo uma amostra retirada a cada 100 horas.

As amostras foram denominadas da seguinte maneira: “E” para estufa e “F” para freezer, seguido do número de horas exposto à temperatura. A amostra exposta por 100 horas na estufa fica denominada E100. A amostra que não sofreu tratamento térmico é designada como ST.

Na Figura 21 observa-se as amostras após tratamento térmico de 100 horas e de 500 horas.



Figura 21 - Amostras após tratamento térmico

3.3. Espectrofotometria na região do infravermelho

Foi utilizado o espectrofotômetro de infravermelho com suporte de ATR, Modelo Varian 640-IR, com resolução de 4 cm⁻¹ e com scan 18, do Departamento Acadêmico de Química e Biologia da UTFPR.

Para preparação das amostras, foi necessário esfrelá-las com o auxílio de um ralador, pois a amostra inteira não foi lida pelo espectrofotômetro. Após a

obtenção do pó, fez-se uma mistura com KBr para colocar no suporte de ATR e obter interferogramas satisfatórios.

3.4. Microscopia eletrônica de varredura

A face da amostra analisada foi a mais brilhante. Foi necessário cortar novamente a espuma para que ficasse com espessura de aproximadamente 1 mm. Em seguida, os corpos de prova foram colocados numa câmara com pressão controlada para que fossem recobertos com ouro (Au).

Após o recobrimento, as amostras foram levadas para o equipamento da marca Zeiss, modelo EVO MA15, do Departamento Acadêmico de Mecânica da UTFPR, para análise de MEV.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos na caracterização por espectrofotometria de infravermelho e análise da espuma derivada do óleo de mamona antes e após o tratamento térmico.

4.1. Análise Espectrométrica FT-IR

Na Figura 22 é apresentado o interferograma da espectrofotometria na região do infravermelho para a amostra ST.

Na análise dos espectros foram observadas as bandas dos grupos funcionais característicos da espuma. Observa-se a banda característica de grupos C=O na região de 1735 cm^{-1} , a presença da banda de absorção na região de 2766 cm^{-1} está relacionada aos estiramentos simétricos e assimétricos da ligação CH com C=O. A banda do grupo isocianato, NCO, na região de 2269 cm^{-1} tende a desaparecer com a cura da espuma; as bandas de uretanas das regiões de 1735 a 1505 cm^{-1} , que estão relacionadas aos estiramentos C=O e NH, tendem a aumentar de intensidade.

Cangemi [71] no seu estudo de biodegradação do polímero derivado do óleo de mamona por espectrofotometria na região do infravermelho observou os picos em

regiões semelhantes, como o CO localizado na região de 1150 a 1085. A causa dos resultados diferentes deve-se às técnicas e equipamentos utilizados nas pesquisas.

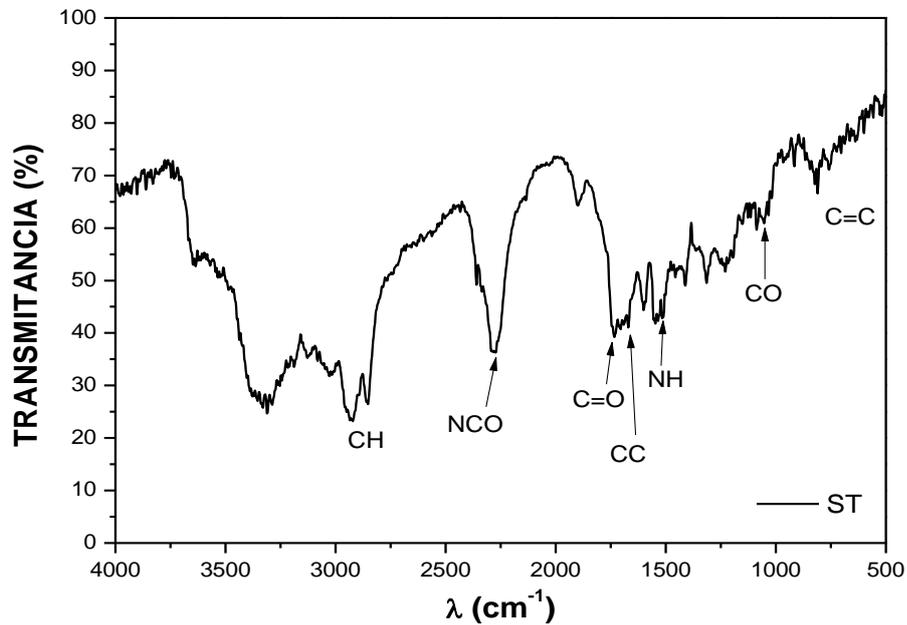


Figura 22 – Espectro de infravermelho da espuma sem tratamento térmico

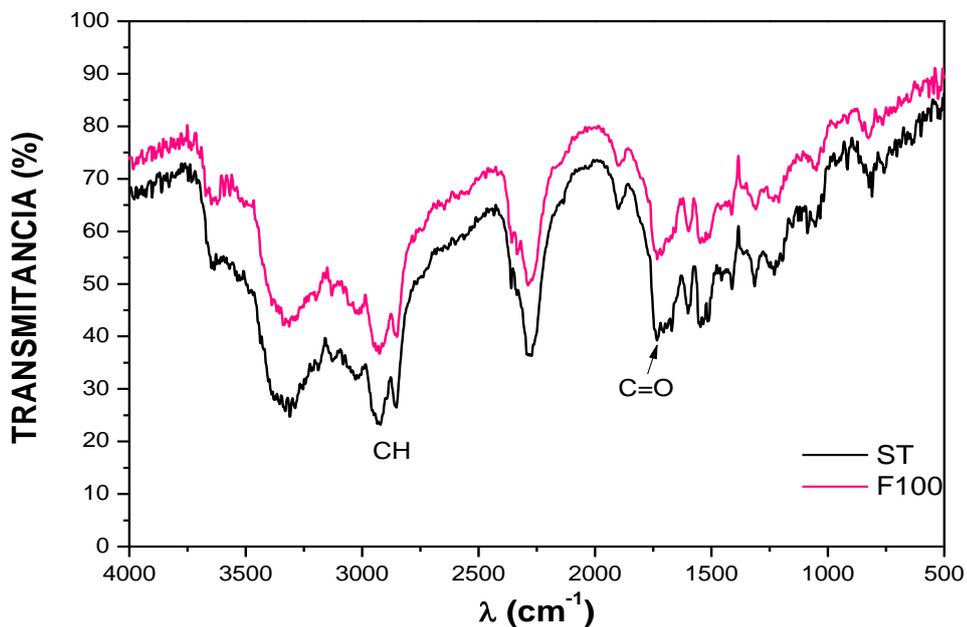


Figura 23 - Espectro de IV, amostra ST sobreposta à amostra F100

Na Figura 23 é apresentada a sobreposição do gráfico da amostra ST com a amostra submetida a 100 horas de exposição ao freezer, F100. Variações na intensidade dos picos indicam alterações na quantidade de ligações químicas. Contudo não é possível confirmar esta hipótese pela técnica de análise utilizada. Se

ocorrer alterações na posição do comprimento de onda, pode-se indicar alterações no comprimento da ligação química.

Observa-se no interferograma da Figura 23 o pico da ligação C=O, cujo comprimento de onda é 1733 cm^{-1} para ambas as amostras. Para a ligação CH o comprimento de onda é de 2764 cm^{-1} , para a amostra ST. E para a amostra F100 é de 2779 cm^{-1} . Isso indica ocorrência de alterações no comprimento das ligações monitoradas. Portanto o material não sofreu alterações qualitativas.

Segundo Cangemi [71], as alterações nas ligações C=O indicam quebras das ligações éster, as quais podem ser relacionadas à degradação da espuma. Alterações na ligação CH estão relacionadas ao amarelamento de polímeros [72]. Por este motivo as ligações mencionadas foram monitoradas nos interferogramas.

Na Figura 24 é apresentada a sobreposição do gráfico da amostra ST com a amostra submetida a 500 horas de exposição ao freezer, F500.

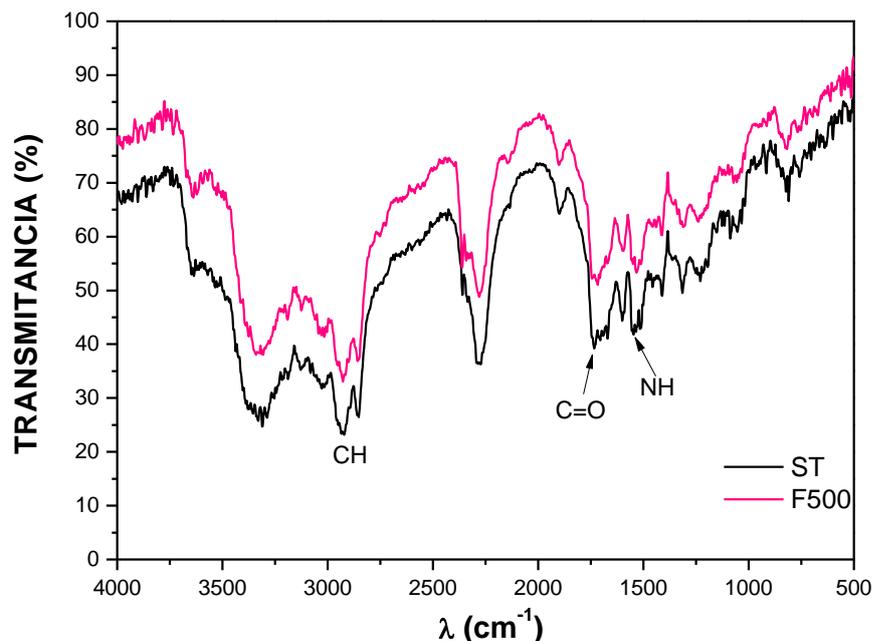


Figura 24 - Espectro de IV, amostra ST sobreposta à amostra F500

Observa-se no interferograma da Figura 24 o pico da ligação C=O para a amostra ST e para a amostra F500, cujos números de onda coincidem em 1741 cm^{-1} . A ligação CH, com comprimento de onda de 2763 cm^{-1} para a amostra ST e 2751 cm^{-1} para a amostra F500. A ligação NH, cujo comprimento de onda para a amostra ST é de 1545 cm^{-1} e para a amostra de F500 é de 1533 cm^{-1} . Verifica-se que houve alterações no comprimento das ligações monitoradas. Provavelmente

ocorreu estiramento das ligações monitoradas devido a energia térmica fornecida e não foi verificado o desaparecimento ou aparecimento de ligações químicas. O índice de carbonila não pode ser verificado para a análise de degradação.

Na Figura 25 é apresentada a sobreposição do gráfico da amostra ST com a amostra submetida a 1000 horas de exposição ao freezer, F1000.

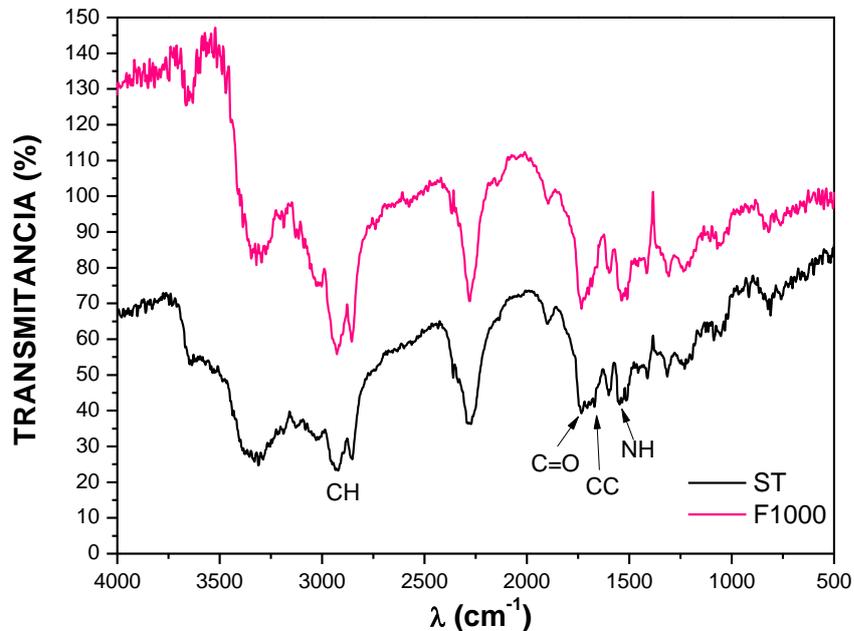


Figura 25 - Espectro de IV, amostra ST sobreposta à amostra F1000

Observa-se no gráfico da Figura 25 os picos das ligações características da espuma. A ligação C=O apresenta os mesmos valores para ambas as amostras: 1734 cm^{-1} . A ligação CH com comprimentos de onda de 2765 cm^{-1} para amostra ST e 2768 cm^{-1} para amostra F1000. A ligação CC com comprimento de onda é de 1661 cm^{-1} e a amostra de F1000 é 1668 cm^{-1} . A ligação NH indicada, mostra o comprimento de onda para a amostra ST de 1548 cm^{-1} e para a amostra F1000 de 1536 cm^{-1} .

Embora tenha apresentado valores diferentes nos picos monitorados, não se pode afirmar que houve rompimento de ligações químicas, pois seria necessário complementação com outros métodos de análise quantitativa dos materiais. Pode-se afirmar que a espuma não sofreu alterações qualitativas.

Cruz [73], em sua dissertação sobre a aplicação de resíduo industrial para isolamento térmico, obteve, com a espuma derivada do óleo de mamona, um bom desempenho térmico com ela. Resultados semelhantes aos aqui obtidos.

Na Figura 26 é apresentada a sobreposição do gráfico da amostra ST com a amostra submetida a 100 horas de exposição na estufa, E100.

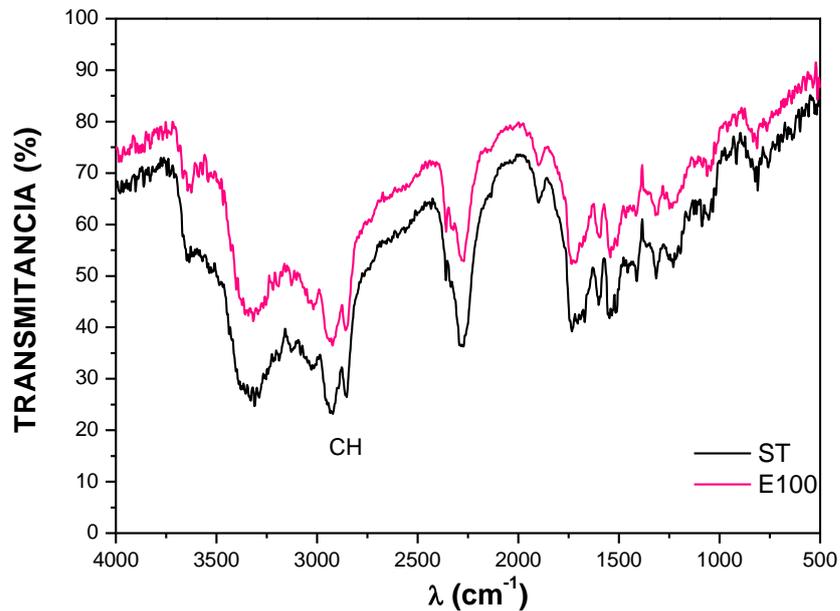


Figura 26 - Espectro de IV, amostra ST sobreposta à amostra E100

Observa-se no gráfico da Figura 26 a ligação CH cujo comprimento de onda é de 2765 cm^{-1} para a amostra ST e 2782 cm^{-1} para a amostra E100, apontando alterações no comprimento das ligações monitorado, que pode justificar o amarelamento da espuma.

Na Figura 27 é apresentada a sobreposição do gráfico da amostra ST com a amostra submetida a 500 horas de exposição na estufa, E500.

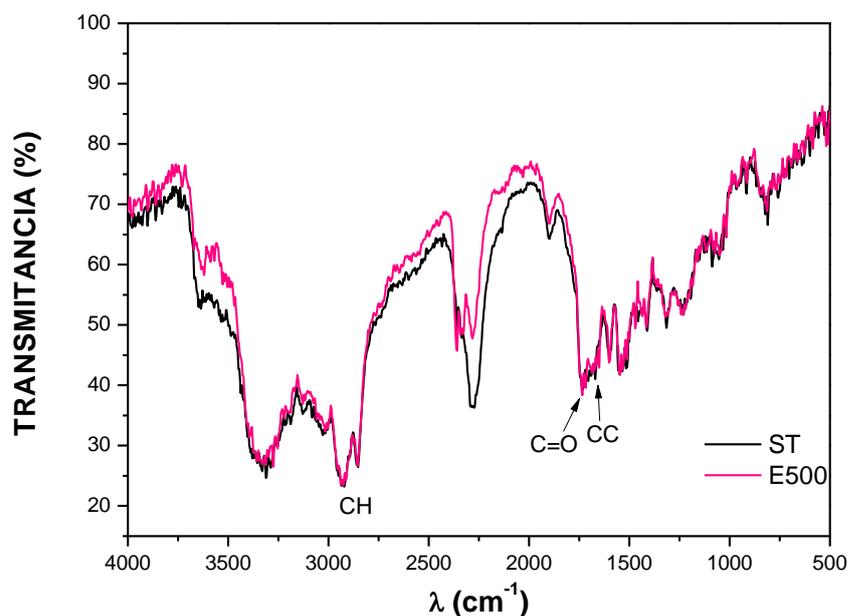


Figura 27 - Espectro de IV, amostra ST sobreposta à amostra E500

Nota-se no gráfico da Figura 27 que os picos das ligações C=O coincidem para ambas as amostras em 1732 cm^{-1} . A ligação CH também apresentou o mesmo comprimento de onda para ambas as amostras, 2763 cm^{-1} , indicando que não ocorreram alterações no comprimento das ligações monitoradas. A ligação CC para a amostra ST possui um comprimento de onda de 1663 cm^{-1} e a amostra E500 é 1682 cm^{-1} . As alterações das bandas das ligações CC e CH podem ser relacionadas ao amarelamento da espuma.

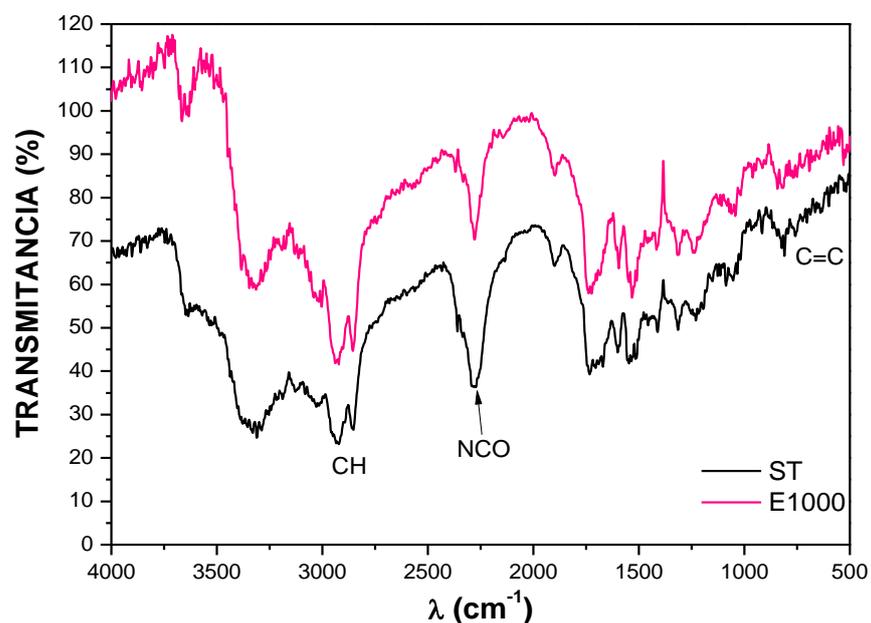


Figura 28 - Espectro de IV, amostra ST sobreposta à amostra E1000

Na Figura 28 é apresentada a sobreposição do gráfico da amostra ST com a amostra submetida a 1000 horas de exposição na estufa, E1000.

Observa-se no gráfico da Figura 28 que o pico da ligação CH o comprimento de onda é de 2736 cm^{-1} para a amostra ST e para a amostra E1000 é 2736 cm^{-1} , indicando que não ocorreram alterações no comprimento das ligações monitoradas.

A ligação NCO para a amostra ST possui um comprimento de onda de 2271 cm^{-1} e a amostra E1000 de 2277 cm^{-1} . Essa variação pode estar relacionada ao fato de a ligação NCO coincidir com a região de aparecimento de CO_2 presente no laboratório.

A ligação C=C para a amostra ST possui um comprimento de onda de 757 cm^{-1} e a amostra E1000 é de 769 cm^{-1} . Indicando alteração na banda da ligação C=C relacionado ao amarelamento da espuma.

Os resultados apresentados foram compatíveis com os resultados apresentados por Cardoso [4] que em sua dissertação sobre a caracterização da espuma rígida de poliuretano derivada de óleo de mamona para isolamento térmico na construção civil, apresentou resultados satisfatórios para temperaturas até 70°C.

Verificou-se que, embora a espuma tenha apresentado mudanças de coloração, não houve degradação do material durante o tempo de exposição às temperaturas de -18°C e 70°C.

4.2. Análise Microscópica Eletrônica de Varredura

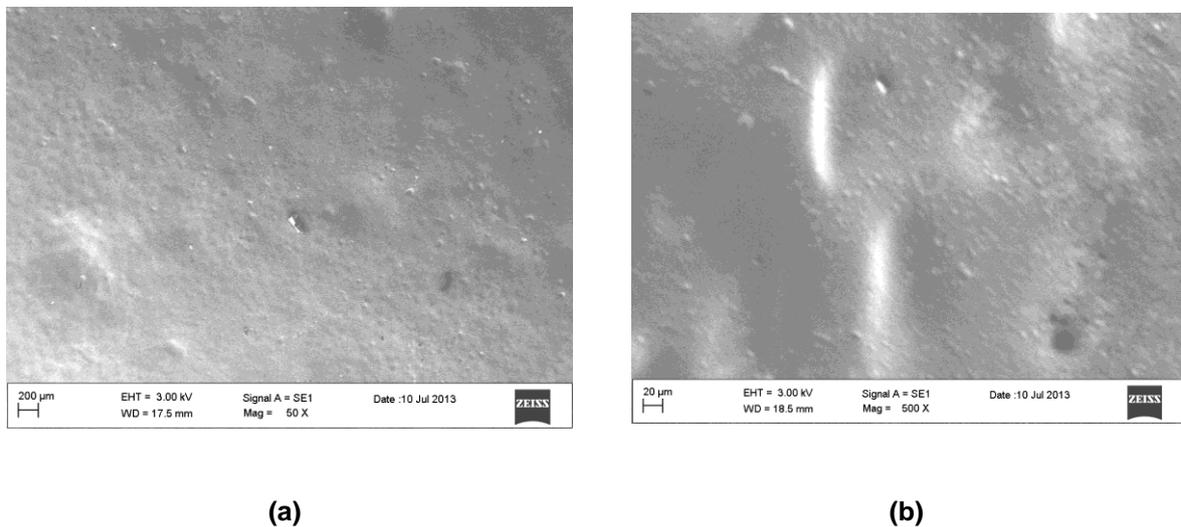


Figura 29 – Micrografias de MEV para amostra ST

A Figura 29 mostra micrografias de MEV da superfície da amostra ST. Observa-se que há ondulações e protuberâncias na imagem, consequência da técnica utilizada na confecção das amostras, item 3.1. Não foram constatadas trincas as quais poderiam ser pontos de início de ruptura do material.

A Figura 30 mostra a micrografia de MEV da amostra F100. Observam-se protuberâncias características do processo de confecção do material.

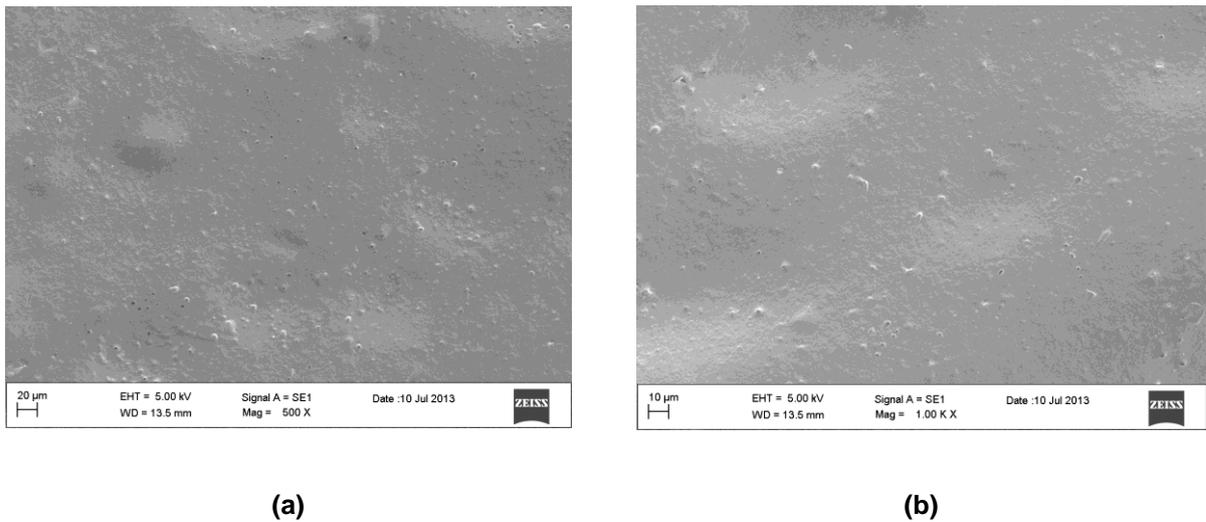


Figura 30 - Micrografias de MEV para amostra F100

Na Figura 31, é mostrada a micrografia da amostra F500. Visualiza-se uma ondulação causada pelo manuseio e retirada da fôrma no processo de preparação dos corpos de prova, item 3.1. As protuberâncias são conseqüências da técnica utilizada na preparação do material para o MEV.

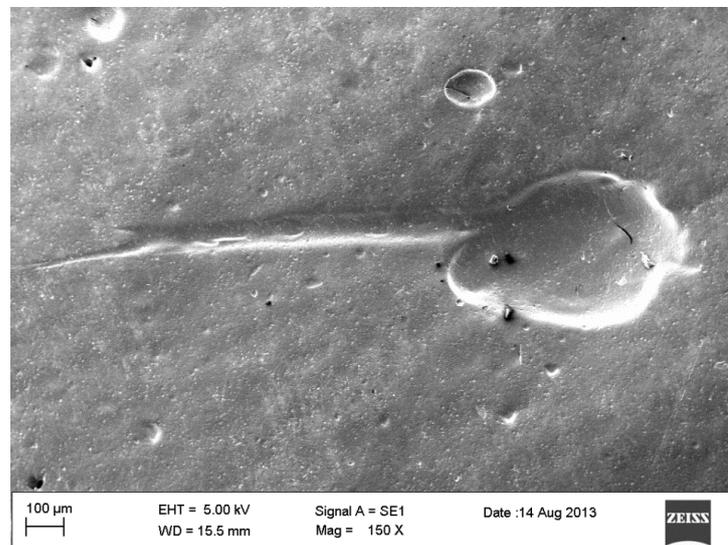
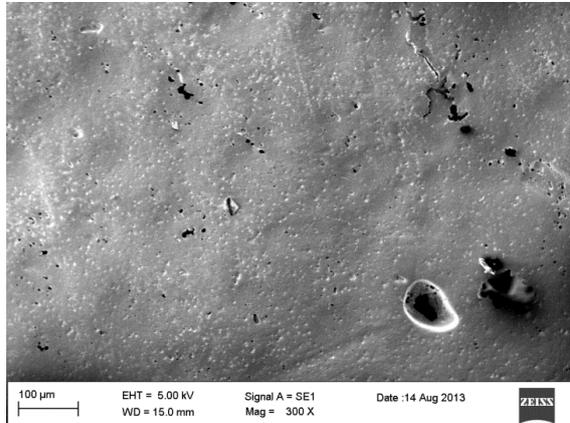


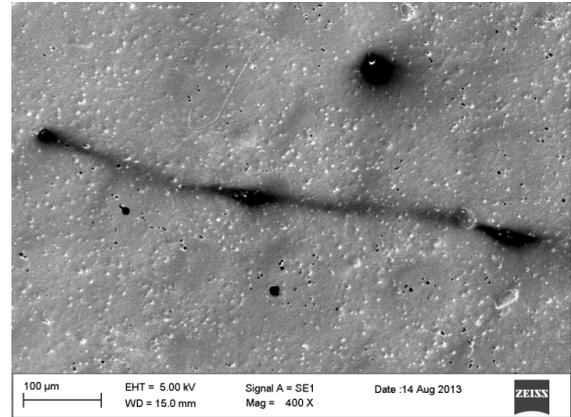
Figura 31 – Micrografia de MEV para amostra do freezer F500

Na Figura 32 são apresentadas micrografias da amostra F1000. Na Figura 32(a) verifica-se ondulações e uma protuberância ao lado direito inferior, que é caracterizado como resquício do corte na preparação do corpo de prova para este ensaio.

Na Figura 32(b) nota-se uma marca preta causada pela aproximação do equipamento de medição.



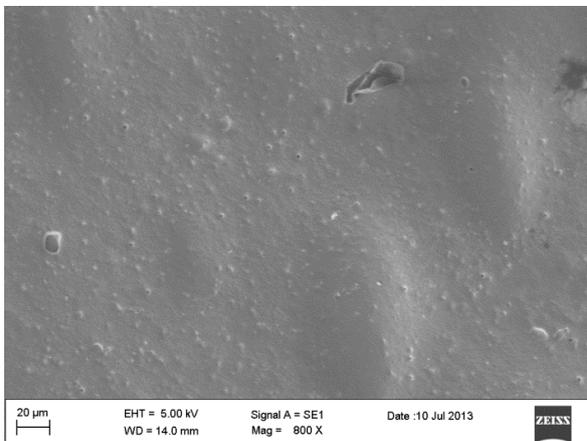
(a)



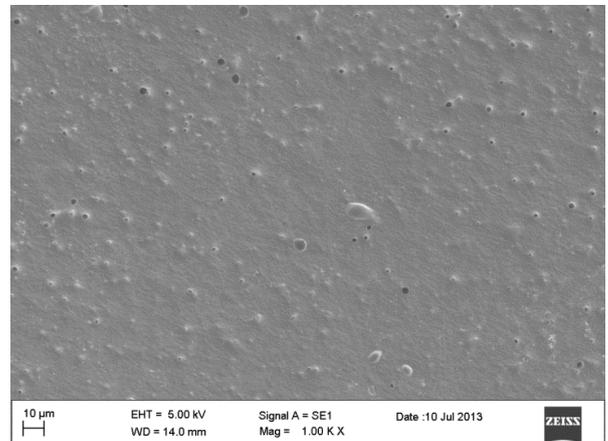
(b)

Figura 32 – Micrografias de MEV para amostra do freezer F1000

Na Figura 33 são mostradas as micrografias de MEV da amostra E100. Há protuberâncias decorrentes da forma com que a amostra foi confeccionada.



(a)



(b)

Figura 33 – Micrografias de MEV para amostra da estufa E100

Na Figura 34 (a) e (b) são mostradas micrografias da amostra E500. Observam-se poucas protuberâncias e algumas ondulações características do material. A Figura 34 (b) apresenta um ponto mais escurecido caracterizado como resquício da preparação da amostra para o ensaio de MEV.

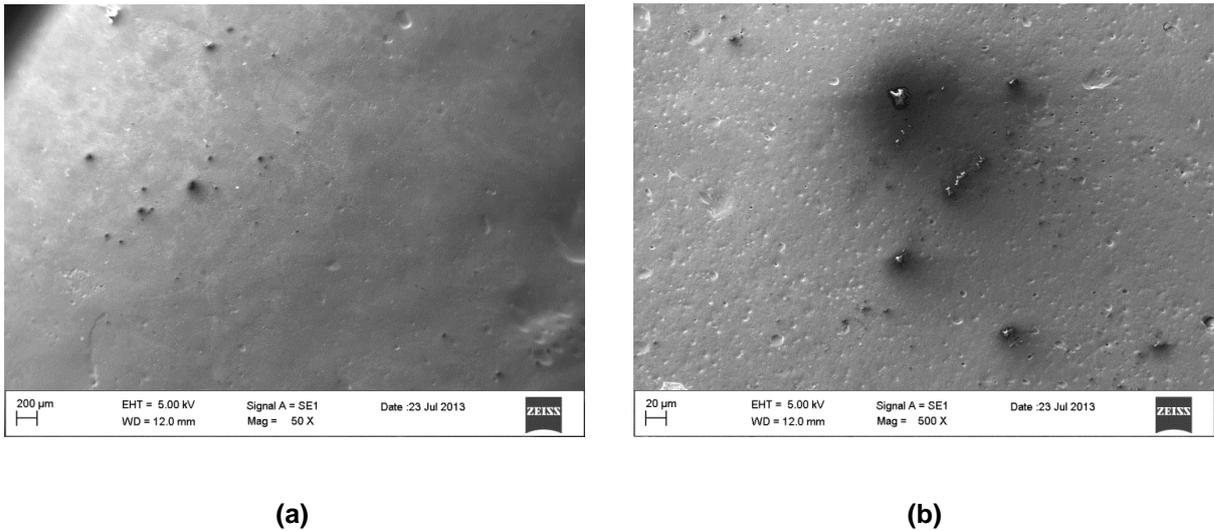


Figura 34 – Micrografias de MEV para amostra da estufa E500

Na Figura 35 é mostrada uma micrografia da amostra E1000, onde se percebe ondulações características do material.

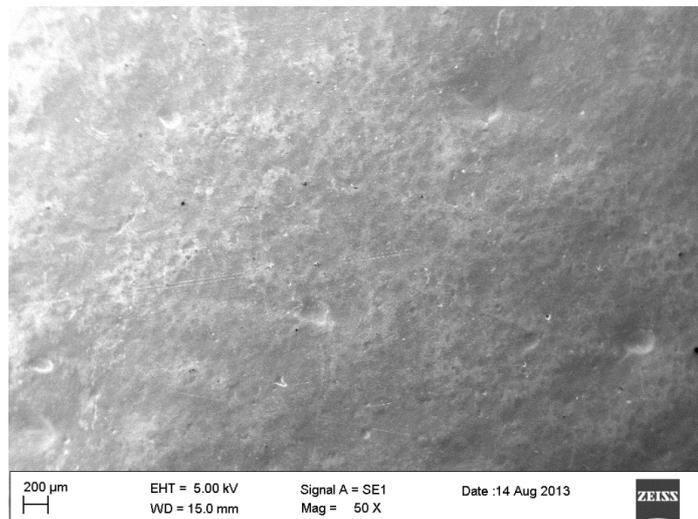


Figura 35 – Micrografia de MEV para amostra da estufa E1000

Marcuzzo [75] analisou por MEV espumas de PU derivadas do óleo de mamona e verificou a estabilidade do material, consequência da sua capacidade como isolante térmico.

Os resultados apresentados são semelhantes ao que foi obtido por Marcuzzo [75]. Em comparação à amostra ST, não existiram alterações nas imagens que indicassem degradação da espuma de poliuretano derivada do óleo de

mamona. Observou-se, ainda, que não houve formação de trincas ou fissuras que pudessem indicar que o material tenha degradado ao longo do tempo de exposição às temperaturas de -18°C e 70°C .

5. CONCLUSÕES

Como dito anteriormente, o objetivo deste trabalho foi analisar a degradação térmica da espuma de poliuretano derivado do óleo de mamona a fim de ser usada como isolante térmico na construção civil.

Perante os dados obtidos, pode-se verificar que não houve alterações qualitativas no material estudado. Demonstrando resultados satisfatórios para utilização deste material como isolante térmico, nas temperaturas de -18° e 70° C, em substituição aos materiais encontrados no mercado.

Após a exposição às diferentes temperaturas e por tempo prolongado, a superfície do material não apresentou trincas - conforme as micrografias de MEV - , o que poderia inviabilizar a sua utilização como isolante térmico.

O material sofreu alteração em sua coloração ao longo do tempo de exposição ao calor, possivelmente devido à oxidação das ligações C-C e C-H.

De acordo com os resultados obtidos nesta pesquisa, a espuma de poliuretano derivada do óleo de mamona no quesito da degradação térmica, para a faixa de temperatura de -18° C e $+70^{\circ}$ C apresentou bons resultados que, alisados a novas pesquisas, pode indicar este material para utilização como isolante térmico na construção civil.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se, para trabalhos futuros:

- Análise química que possa verificar os motivos pelos quais a espuma de poliuretano derivado do óleo de mamona tenha escurecido ao longo do tempo de exposição à temperatura de 70°C.
- Análise térmica por termogravimetria, TGA, para verificar como está ocorrendo a degradação térmica do material.
- Análise quantitativa das ligações químicas, por outras técnicas como o GPM, para verificar o comportamento das cadeias.
- Analisar outros limites de temperatura, como 60°C e 80°C, para confirmar o início da degradação do material.
- Análise química da combustão, para verificar a densidade óptica da fumaça e o comportamento do material quando queimado.

7. REFERÊNCIAS

- [1] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO 7730: **Moderate thermal environments – determination of the PMV e PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort.** International Standard, 1994.
- [2] RUAS, A. C., **Avaliação de Conforto Térmico: contribuição à aplicação prática das normas internacionais.** São Paulo: Ministério do Trabalho, FUNDACENTRO, 2001.
- [3] SILVA, A. C.; VECCHIA, F. A. S., **Clima e desempenho térmico de habilitações em San Antônio de Los Baños, Cuba.** Em: Encontro Nacional sobre conforto no ambiente construído, 7, conferência latino-americana sobre conforto e desempenho energético de edificações, 2, 2003, Curitiba. Anais... Curitiba: Cotedi, 2003.
- [4] CARDOSO, G. T., **Caracterização da espuma rígida de poliuretano (PU) derivada de óleo de mamona para isolamento térmico na construção.** 2010. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.
- [5] THORNTON, J., **Environmental Impacts of Polyvinyl Chloride Building Materials.** Washington, DC – The United States: Healthy Buiding Network, 2002.
- [6] BORGES, P. R., **Utilização da lã de vidro em fabricação de concreto.** 2007. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Ouro Preto/REDEMAT, Ouro Preto. 2007.
- [7] REGO, M. A.; SOUSA, C. S.; KATO, M.; CARVALHO, A. B.; LOOMIS, D.; CARVALHO, F. M., **Non-Hodgkin's lymphomas and organic solvents.** Journal Occupational Environ. Med, 2002.
- [8] BRICKUS, L. S. R.; AQUINO NETO, F. R., **A qualidade do ar de interiores e a química.** Química Nova, São Paulo, v. 22, n. 1, Fev. 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40421999000100013&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 20 Mar. 2013.
- [9] GIODA, A.; AQUINO NETO, F. R. de., **Considerações sobre estudos de ambientes industriais e não industriais no Brasil: uma abordagem comparativa.** Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 19, n. 5, Out. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2003000500017&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16 Jan. 2013.

- [10] PERDRIX, A. ; PARAT, S. ; LIAUDY, S. ; MAÎTRE, A., **Syndrome des bâtiments malsains (SBM)**. Revue Francophone des Laboratoires, Amsterdam: Elsevier, 2005.
- [11] STERLING, T. D.; COLLET C.; RUMEL D., **A epidemiologia dos "edifícios doentes"**. REVISTA SAÚDE PÚBLICA, São Paulo, 1991.
- [12] GIODA, A.; AQUINO NETO, F. R. de., **Poluição química relacionada ao ar de interiores no Brasil**. Quím. Nova, São Paulo, v. 26, n. 3, Mai. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422003000300013&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 28 Jan. 2013.
- [13] CANGEMI, J. M., **Biodegradação de poliuretano derivado do óleo de mamona**. 2006. 142f. Tese (Doutorado em Química Analítica) - Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2006.
- [14] ISAIA, G. C., **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 1. ed. São Paulo: IBRACON, 2007.
- [15] TROVATI, G.; SANCHES, E. A.; CLARO NETO, S.; CHIERICE, G. O., **Characterization of polyurethane resins by FTIR, TGA and XRD** . Journal of Applied Polymer Science, 2009.
- [16] ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY/ UNITED STATES. **Indoors air facts nº 4 sick building syndrome**. Fev. 2001. Research and development (MD-56): Indoor Air Facts No. 4 (revised) Sick building syndrome. Disponível em:<<http://www.epa.gov/iaq/pubs/sbs.>> Acesso em: 21 Jan. 2013.
- [17] ROBERTSON, G., **Sick Buildings - Effects, causes, analysis and prevention**. Em: COUNCILL ON TALL BUIDINGS AND URBAN HABITAT. Rehabilitation of Damaged Buildings. Bethlehem, Le High University, 1995.
- [18] BABATSIKOU, F. P., **The Sick Building Syndrome**. Health Science Journal. V. 5, n 2. 2011.
- [19] PASSARELLI, G. R., **Sick building syndrome: An overview to raise awareness**. Journal of Building Appraisal, UK, v. 5, nº 1, Jul 2009, p. 55-66 Disponível em: < <http://www.palgrave-journals.com/jba/journal/v5/n1/index.html>> Acesso: 21 Jan. 2013.

[20] TEIXEIRA, D. B.; BRIONIZIO, J. D.; PEREIRA, L. J. R.; MAINIER, F. B., **Síndrome dos edifícios doentes em recintos com ventilação e climatização artificiais**: revisão de literatura. Em: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE, 8., 2005, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: 2005.

[21] TAMILE FORROS DE PVC LTDA. **Forro de PVC**. São Paulo. Disponível em: <<http://www.tamile.com.br/lojanova/forro-de-pvc/frizado-branco-10mm/forro-de-pvc-frizado-branco-espessura-10-milimetros-x-largura-20-centimetros-x-comprimento-3-metros.html>> Acesso em 25 Jun. 2013.

[22] FIBERSEALS VEDAÇÃO E ISOLAÇÃO LTDA. **Lã de Vidro**. Diadema. Disponível em: <<http://www.fiberseals.com.br/la-de-vidro>> Acesso em 25 Jun.2013.

[23] TUCKER, W. G., **Chapter 31**: Volatile Organic Compounds. Em: SPENGLER, J.D. SAMET, J.M. MCCARTHY, J.F. Indoor Air Quality Handbook. New York: McGraw-Hill, 2004.

[24] WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Indoor Air Quality: Organic Pollutants. EURO Reports and Studies**. n. 111, World Health Organization, Copenhagen. 1989.

[25] WOLKOFF, P.; NIELSEN, G. D., **Organic compounds in indoor air – Their relevance for perceived indoor air quality?** Atmospheric Environment, 2001.

[26] ALBERICI, R. M.; JARDIM, W. E., **Photocatalytic destruction of VOCs in the gas phase using titanium dioxide**. Applied Catalysis B: Environmental, 14, 1997.

[27] ENVIRONMENTAL PROTECTION AMBIENT. **Indoor Air Pollution - An introduction for Health Professionals**. 1994. Disponível em: <<http://www.epa.gov/iaq/pubs.>> Acesso em: 31 Mar. 2013.

[28] ENVIRONMENTAL PROTECTION AMBIENT. **Inside story cover: a guide to indoor air quality**. 1995. Disponível em: <<http://www.epa.gov/iaq/pubs.>> Acesso em: 31 Mar. 2013.

[29] ENVIRONMENTAL PROTECTION AMBIENT. **An update on formaldehyde**. 1998. Disponível em: <<http://www.epa.gov/iaq/pubs.>> Acesso em: 31 Mar. 2013.

[30] BRASIL. **Portaria nº 1339/GM**, de 18 de novembro de 1999. Ministério da Saúde.

- [31] CEBRID. **Livreto Informativo sobre drogas psicotrópicas**. São Paulo: UNIFESP, 2003.
- [32] WHOLD HEALTH ORGANIZATION. **Volatile Solvents Abuse: A global Overview**. Geneva, 1999.
- [33] RAYMOND; F.; WEGMAN, T.; TULLOS, R., **Handbook of adhesive bonded structural repair**. Adhesion Associates Ledgewood, New Jersey, 1992.
- [34] BRASIL. **Resolução nº 480**, de 23 de setembro de 1999. ANVISA.
- [35] BRASIL. **Resolução nº. 176**, de 24 de outubro de 2000. ANVISA.
- [36] DAHLSTROM HEUSER, V.; ERDTMANN, B.; KVIKTO, K.; ROHR, P.; SILVA, J., **Evaluation of genetic damage in Brazilian footwear-workers: Biomarkers of exposure, effect, and susceptibility**. Toxicology, 2007.
- [37] FUENTE, A.; e MCPHERSON, B., **Organic solvents and hearing loss: the challenge for audiology**. International Journal of audiology, 2006.
- [38] TORAASON, M.; LYNCH, W. L.; DEBORD, D. G.; KRIEG, N. S. E.; BUTLER, M. A.; TOENNIS, C. A.; NEMHAUSER, J. B., **DNA damage in leukocytes of workers occupationally exposed to 1-bromopropane**. Mutation Research, 2006.
- [39] CLEMITSON, I. R., **Castable polyurethane elastomers**. 1ª Ed. Boca Raton: CRC Press, 2008.
- [40] LIMA, J. E. S., **Estudo e desenvolvimento de argamassa elastomérica com base uretânica**. 2001. 18f. Dissertação (Mestrado em Ciência) – Curso de Física – Área de Física dos Plasmas - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2001.
- [41] ARAUJO, L. C. R., **Caracterização Química, Térmica e Mecânica de Poliuretanas Elastoméricas baseadas em materiais Oleoquímicos**. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, 2004.
- [42] AZEVEDO, E. C., **Efeito da radiação nas propriedades mecânicas do adesivo de poliuretana derivado do óleo de mamona**. 2009. 131f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Setor de Tecnologia – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

- [43] PLEPIS, A. M. G., **Caracterização térmica e viscoelástica de resinas poliuretanas derivadas do óleo de mamona**. 1992. Tese (Doutorado), Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1992.
- [44] VILAR, W. D., **Química e tecnologia dos poliuretanos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Vilar Consultoria Técnica, 2004. Disponível em: <<http://www.poliuretanos.com.br>> Acesso em: 24 jan. 2013
- [45] FOGAÇA, J. R. V., **Poliuretano**. Alunos Online, 2013. Disponível em: <<http://www.alunosonline.com.br/quimica/poliuretano.html>> Acesso em 08 Abr. 2013.
- [46] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR EB 629: **Espuma rígida de poliuretano para fins de isolamento térmica**. Rio de Janeiro, 1979.
- [47] PIRES, F., **Menor temperatura registrada no Brasil por órgão oficial nacional**. RankBrasil, 26 out. 2012. Disponível em: <http://www.rankbrasil.com.br/Recordes/Materias/06qN/Menor_Temperatura_Registrada_No_Brasil_Por_Orgao_Oficial_Nacional>. Acesso em: 13 set. 2013.
- [48] CAMARA DE VEREADORES DE URUBICI. **História de Urubici**. 12 Jul. 2013. Disponível em: <<http://www.camaraurubici.sc.gov.br/camara/conteudo/historico>>. Acesso em: 13 set. 2013.
- [49] CLARO NETO, S., **Caracterização físico-química de um poliuretano derivado de óleo de mamona utilizado para implantes ósseo**. 1997. Tese (Doutorado), Instituto de Química de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.
- [50] UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **USP 75 anos: Exposição de Ciência e Tecnologia**. São Carlos. 2013.
- [51] CHIERICE, G. O., **USP usa óleo de mamona para desenvolver próteses**. Jornal da Cidade Bauru, Bauru, 2003.
- [52] ALTAFIM, R. A. C.; MURAKAMI, C. R.; CLARO NETO, S.; ARAÚJO, L. C. R.; CHIERICE, G. O., **The Effects of fillers on polyurethane resin based electrical insulators**. Materials Research, 2003.

[53] RODRIGUES JORGE, M. R. P.; FERREIRA, O. P.; CLARO NETO, S., **Aproveitamento da borracha de pneus inservíveis na produção de componentes para construção**. ICTR 2004 – Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável, Florianópolis – Santa Catarina, 2004.

[54] CANGEMI, J. M.; SANTOS, A. M.; CLARO NETO, S., **A Revolução Verde da Mamona**. Química Nova na Escola, 2010.

[55] MORALES, A.; BARROS, P. S. M.; BARBIERI NETO, J.; CHIERICE, G. O.; CLARO NETO; MIGLIATI, E. R., **Experimental use of a castor bean (*Ricinus communis* L.) oil derived polymer on lamellar, interlamellar and penetrating implants in rabbit's córnea**, Braz., Journal Vet. Res. Anim. Science, 2005.

[56] LEITE, F. A., **Desempenho térmico, mecânico e clínico de material à base de polímero derivado do óleo de mamona para confecção de orteses e comparação com outro material existente no mercado**. 2007. 103f. Dissertação de mestrado, Bioengenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

[57] MORAES, R. de., **Expansores – Espumas de poliuretano buscam substitutos para HCFCs**. Química, 15 mai. 2011. Disponível em: <<http://www.quimica.com.br/pquimica/produtos-quimicos-e-especialidades/expansores-espumas-de-poliuretano-buscam-substitutos-para-os-hcfc>> Acesso em: 27 mar. 2013.

[58] BARROW, G. M., **Físico-química**. Editora Reverté Ltda, Rio de Janeiro, 1982.

[59] SILVA, C. da., **Como funciona a radiação**. Publicado em 23 de novembro de 2007 (atualizado em 10 de dezembro de 2007). Disponível em: <<http://ciencia.hsw.uol.com.br/radiacao.htm>>. Acesso em: 25 Jun. 2013.

[60] PIZZOLATTI, M. G., **Capítulo IV: Espectroscopia Molecular**. Florianópolis: 2013. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAjKoAl/apostila-espectroscopia-no-infra-vermelho>> Acesso em: 02 Abr. 2013.

[61] PAIVA, M. da C., **Espectroscopia de Infravermelhos**. Braga: Universidade do Minho, 2006. Disponível em: <<http://www.dep.uminho.pt/mcpaiva/pdfs/CCP/0607F08.pdf>>. Acesso em: 03 Abr. 2013.

[62] SILVERSTEIN, R. M.; BASSLER, G. C.; MORRILL, T. C., **Identificação espectrométrica de compostos orgânicos**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1994.

- [63] LOPES, M. C., **Espectroscopia no infravermelho próximo aplicada na avaliação de painéis de madeira colados lateralmente**. 2008. 110f. Tese (Doutorado) Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná, Curitiba: 2008.
- [64] HEIN, P. R. G.; CAMPOS, A. C. M.; FREITAS, M. P. de., **Introdução à Espectroscopia de Infravermelho Próximo Aplicada às Ciências Florestais**. Em: SEMANA ACADÊMICA DE CURSOS 2008. Anais... Lavra: Universidade Federal de Lavras, 2008.
- [65] PAVIA, D. L., **Introdução à espectroscopia**. São Paulo, SP: Cengage Learning, 700 p., 2010.
- [66] LUCATO, M. U., **Análise quantitativa por técnicas de reflectância e fotoacústica no infravermelho médio com transformada de Fourier e utilização de calibração multivariada**. 2005. 254f. Tese (Doutorado) Curso de Pós-Graduação em Química Analítica. Universidade Estadual de Campinas, Campinas: 2005.
- [67] LIMA, M. S. P. de. **Preparo e caracterização de membranas de quitosana modificadas com poli(ácido clorídrico)**. 2006. 89f. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal: 2006.
- [68] CANEVAROLO JÚNIOR, S. V., **Técnicas de Caracterização de Polímeros**. São Paulo: Artliber Editora, 2003.
- [69] DEDAVID, B. A.; GOMES, C. I.; MACHADO, G.. **Microscopia Eletrônica de Varredura** - Aplicações e preparação de amostras. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.
- [70] SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A.. **Princípios de análise instrumental**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- [71] CANGEMI, J. M.; CLARO NETO, S.; CHIERICE, G. O.; SANTOS, A. M., **Study of the biodegradation of a polymer derived from castor oil by scanning electron microscopy, thermogravimetry and infrared spectroscopy**. *Polímeros*, São Carlos, v. 16, n. 2, June 2006. Disponível em: <<http://revistapolimeros.org.br/files/v16n2/v16n2a08.pdf>> Acesso em 21 set. 2013.
- [72] SKIENS, W. E., **Sterilizing radiation effects on selected polymers**. *Radiation Physics and Chemistry*, 15, 47-54, 1980.

[73] CRUZ, M. P., **Aplicação de resíduo industrial para isolamento térmico: uma proposta para utilização de poliuretano de mamona com agregado de resíduo plástico termofixo.** 2009. 77fl. Dissertação (Mestrado) Curso de Ciências em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal: 2009.

[74] NEIRA, D. S. M., **Desenvolvimento de um compósito de espuma rígida de poliuretana de mamona e fibras de sisal para isolação térmica.** 2011. 89fl. Tese (Doutorado) Curso de Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal: 2011.

[75] MARCUZZO, L. C., **Obtenção, caracterização e aplicação de microcápsulas em espumas de poliuretano visando o conforto térmico para potencial uso na tecnologia assistiva.** 2012. 80fl. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-graduação em Design. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: 2012.

8. ANEXOS

ANEXO A - CEQUIL

Sobre Nós	Produtos	Qualidade	Desempenho	Fotos e Obras	Certificados	Relatórios de ensaio
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>CEQUIL – CENTRAL DE IND. DES. DE POLÍMEROS LTDA. TECNOLOGIA EM POLÍMEROS</p> </div> <div style="text-align: right;">  <p>CONSTRUQUIL LINHA DE PRODUTOS POLIMÉRICOS ECOLÓGICOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL</p> </div> </div>						
<h3 style="margin: 0;"> Qualidade dos nossos produtos</h3> <p>As vantagens dos nossos produtos são excepcionais, pois, além de possuírem um ótimo desempenho como impermeabilizantes e protetores de superfícies atendem também aos novos requisitos preconizados na série de Normas ISSO 14000, que privilegia produtos isentos de solventes (100 % sólidos), livres de metais pesados, isentos de toxicidade, possui biodegradabilidade compatível com sua vida útil e, se possível, que sejam produzidos com matéria prima renovável.</p> <p>A linha de protetores superficiais e impermeabilizantes da CEQUIL além de atender a essas exigências, possui desempenho que obedece as recomendações das normas NBR 9575/2003 – Impermeabilização – Seleção e Projeto – como um sistema de impermeabilização formado por uma membrana monolítica, podendo ou não ser armada com fibras poliméricas e / ou por uma tela não tecida de poliéster. Nossos produtos atendem também as especificações da norma NBR 12170 (ABNT MB 3511, que define a potabilidade da água em contato com sistema de impermeabilização), e que garantem sua segurança quando ao uso em reservatórios de água potável para abastecimento humano, já tendo sido realizados ensaios que comprovam que nosso produto não é tóxico, não acarretando alterações na água de abastecimento após sua polimerização final (o que ocorre 24 horas após sua aplicação).</p> <p>As resinas MASTERQUIL são produtos seguros de serem aplicados, necessitando apenas de luvas, caso não faça uso de sistemas de aplicação tipo airless. Por não conter substâncias voláteis em sua formulação (100% material sólido) nossas resinas podem ser aplicadas em locais fechados, com baixa ventilação, sem acarretar riscos ao aplicador e/ou meio ambiente.</p> <p>A sua resistência química é excepcional, muito superior as apresentadas pelos sistemas a base de resina epóxi mais comuns. Testes elaborados em conformidade com a norma ATSM C – 267 “Chemical Resistance of Mortars Grouts and Monolithic Surfacing”, comprovam o ótimo desempenho dos nossos produtos frente à ação de diversos agentes agressivos (ácidos, álcalis e solventes) que comumente atacam as estruturas de concreto armado.</p> <p>Testes realizados em laboratório comprovam a eficiência da poliuretana frente à agressividade de substâncias químicas e orgânicas encontráveis nos sistemas convencionais de abastecimento ou tratamento de água ou de esgoto (ETAs / ETEs).</p> <p>Com relação aos produtos utilizados em sistemas de impermeabilização, contamos com dois materiais específicos: a argamassa modificada com polímeros IMPRIMASTER, a ser utilizada na imprimação e preparo de superfícies, e a família de resinas MASTERQUIL (Ex IMPERMASTER) para recuperação, proteção superficial e impermeabilização.</p> <p>O uso desses materiais conforma um dos sistemas mais adequados para a proteção e impermeabilização de materiais novos e também um eficiente sistema de recuperação de superfície já degradada pelo uso e/ou por agressividade do meio.</p> <p>Desde que o substrato não apresente problemas estruturais, nossos produtos garantem uma maior longevidade e estanqueidade, com baixa necessidade de manutenção e a um custo bastante reduzido.</p> <p>Aplicado sobre superfícies de diversos materiais como concreto ou alvenaria, o material vai impregnar-se através dos poros capilares e, posteriormente polimerizar-se, formando um filme altamente compacto capaz de promover o encapsulamento do material suporte. A polimerização final ocorre depois de decorridas cerca de 24 horas, e seu “pot life” variado entre 10 e 30 minutos, dependendo da sua formação e da temperatura ambiente.</p> <p>Assim, os produtos desenvolvidos pela CEQUIL, dados as suas características de adesividade ao substrato, resistência química e mecânica, são particularmente indicados quando se necessita impermeabilizar e proteger superfícies porosas como madeira, concreto ou argamassa, além da proteção de chapas metálicas. Devido as mais variadas condicionantes de uso de nosso sistema, torna-se imprescindível uma avaliação técnica por profissional especializado e habilitado para que se possam indicar as melhores soluções com menores custos. A CEQUIL possui um corpo técnico especializado sempre presente no desenvolvimento e no aperfeiçoamento dos nossos produtos e na assessoria técnica para a sua correta e perfeita execução.</p> <p style="text-align: right;">Página Principal </p>						
<p>Cequil – Central de IND. DES. de Polímeros Ltda. - Todos os direitos reservados - Criação: Navka</p>						