

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**SUBSÍDIOS PARA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DE ASSENTOS À
BASE DE FIBRA DE COCO E LÁTEX**

VERA LÚCIA PIMENTEL SALAZAR

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura

BOTUCATU - SP

Abril - 2000

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**SUBSÍDIOS PARA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DE ASSENTOS À
BASE DE FIBRA DE COCO E LÁTEX**

VERA LÚCIA PIMENTEL SALAZAR

Orientador: Prof. Dr. Alcides Lopes Leão

Co-orientador: Prof. Dr. Jayme de Toledo Piza e Almeida Neto

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura

BOTUCATU - SP

Abril - 2000

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO
DIRETORIA DE SERVIÇO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - FCA
UNESP - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Salazar, Vera Lúcia Pimentel
S161s Subsídios para análise do ciclo de vida de assentos
à base de fibra de coco e látex / Vera Lúcia Pimentel
Salazar. -- Botucatu, 2000
xiv, 131 f. : il. color. (algumas p&b) ; 28 cm

Dissertação (mestrado) -- Universidade Estadual
Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu,
2000
Orientador: Alcides Lopes Leão
Co-orientador: Jayme de Toledo Piza e Almeida Neto
Bibliografia: f. 107-111

1. Assento - Veículos automotivos - Fibra de coco e
látex - Análise do ciclo de vida 2. Fibra de coco
e látex - Análise do ciclo de vida 3. Resíduo -
Aproveitamento I. Título

CDD(21)(1) 629.26
(2) 633.58

Palavras-chave: Fibra de coco; Látex; Assento de veículo
automotivo; Ciclo de vida.

*“O meio ambiente é percebido não mais como uma
periferia – vaga – mas como um sustento da vida.”*

GÉRARD BERTOLINI

OFEREÇO

Aos meus pais,

Francisco e Ana,

pelo apoio, confiança e generosidade sem limites.

DEDICO

A minha irmã,

Fátima,

pela força e contínuo estímulo em

todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Alcides Lopes Leão pela orientação e confiança na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Jayme de Toledo Piza e Almeida Neto pela exemplar co-orientação, otimismo e amizade.

Ao Prof. Dr. José Raimundo de Souza Passos pela amizade, colaboração e dedicação na análise estatística deste trabalho.

À Faculdade de Ciências Agrônomicas/ UNESP - Campus de Botucatu.

À Mercedes-Benz do Brasil, representada por Odair Morassi, pela oportunidade de estágio e pela doação de amostras.

Ao Prof. Dr. Adriano Ballarin pela possibilidade de realização dos ensaios de compressão junto ao Departamento de Engenharia Rural da FCA - UNESP.

Ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) pela realização da Análise Qualitativa dos produtos formados na pirólise dos materiais em estudo.

Ao CEATOX – Centro de Toxicologia da UNESP e em especial ao Alaor Aparecido Almeida pela realização da análise de metais.

A todos os docentes e funcionários do Departamento de Ciências Ambientais da FCA – UNESP e, em especial a Carlos Roberto de Souza, pelo apoio e amizade.

À Fernanda B. Sarro, Ricardo Póvoa, Erika Freitas e Selene de Oliveira pela grande amizade e apoio na realização deste trabalho.

À Dna. Esther pelo amizade, amparo e afeto durante minha estadia em Botucatu.

Aos amigos de pós-graduação, Márcia Sartori, Luciana P. Barreira e José Cláudio Caraschi pelo agradável convívio e apoio.

À FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo pela bolsa concedida e financiamento deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS.....	IX
LISTA DE FIGURAS.....	XI
LISTA DE ABREVIATURAS E DE SÍMBOLOS.....	XII
1 RESUMO.....	01
2 SUMMARY.....	03
3 INTRODUÇÃO.....	05
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	07
4.1 Gerenciamento Ambiental.....	07
4.2 Análise do ciclo de vida (ACV).....	11
4.3 Plantas fibrosas vegetais.....	16
4.3.1 Fibra vegetal: definição, conceito e terminologia.....	16
4.3.2 Localização das fibras vegetais.....	19
4.3.3 Classificação das fibras vegetais.....	21
4.3.4 Processos de obtenção de fibras vegetais.....	22
4.3.4.1 Extração mecânica de fibras.....	22
4.3.4.2 Processos de maceração – Biológico e Químico.....	23
4.4 Fibra de coco.....	24
4.5 Reciclagem de veículos.....	30
4.6 Aspectos Toxicológicos.....	34
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	41
5.1 Processamento de mantas a base de fibra de coco e látex.....	41
5.2 Análise de Compressão e Torção.....	42
5.2.1 Metodologia Estatística.....	47
5.2.1.1 Estudo da deformação volumétrica.....	47
5.2.1.2 Estudo da capacidade de recuperação do volume inicial.....	48
5.3 Ensaio de Compressão.....	50
5.3.1 Método de ensaio adotado.....	51
5.4 Análise de Metais.....	52
5.4.1 Preparação das soluções padrão.....	52
5.4.2 Preparo das Amostras.....	53

5.5	Análise Qualitativa dos Produtos formados na Pirólise.....	55
5.5.1	Preparo das Amostras.....	55
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	57
6.1	Processamento de mantas a base de fibra de coco com látex.....	57
6.1.1	Unidade de Beneficiamento da Fibra de coco.....	57
6.1.2	Industrialização da Fibra de coco – PRONAMAZON.....	63
6.2	Análise de Compressão e Torção.....	65
6.2.1	Estudo da deformação volumétrica por tipo de material.....	66
6.2.2	Estudo da capacidade de recuperação do volume inicial.....	74
6.3	Ensaio de Compressão.....	86
6.4	Análise de Metais.....	90
6.5	Análise Qualitativa dos produtos formados na pirólise.....	92
7	CONCLUSÕES.....	103
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107
	APÊNDICE	112
	APÊNDICE 1 – CURVAS DE CALIBRAÇÃO.....	112
	APÊNDICE 2 – FOTOS (Beneficiamento da Fibra de coco).....	119
	APÊNDICE 3 – FOTOS (Industrialização da Fibra de coco).....	125
	APÊNDICE 4 – ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS ALFA, BETA, GAMA E COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2).....	128

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1 Características e propriedades da fibra de coco.....	27
2 Amostragem e número de tratamentos por tipo de material.....	42
3 Concentração das soluções padrão de Pb, Cu, Cd, Ni, Zn, Cr e As para análise de metais por espectrofotometria de absorção atômica.....	53
4 Otimização do Espectrofotômetro de Absorção Atômica para análise de cada metal.....	54
5 Produção de fibra de coco (kg) pela Unidade de Beneficiamento de Fibras Naturais em 1997 e início de 1998.....	62
6 Consumo de energia elétrica para produção de mantas de fibra de coco durante o ano de 1997.....	65
7 Coeficientes de determinação R^2 , Estimativas de β e Intervalos de Confiança para β , segundo o tipo de material envelhecido durante 7 dias com e sem umidade.....	66
8 Coeficientes de determinação R^2 , Estimativas de β e Intervalos de Confiança para β , segundo o tipo de material envelhecido durante 30 dias com e sem umidade.....	69
9 Coeficientes de determinação R^2 , Estimativas de β e Intervalos de Confiança para β , segundo o tipo de material envelhecido durante 45 dias com e sem umidade.....	71
10 Coeficientes de determinação R^2 , Estimativas de β e Intervalos de Confiança para β , segundo o tipo de material sem umidade por período de envelhecimento para os modelos de regressão de variação de volume (1) e (2).....	72
11 Coeficientes de determinação R^2 , Estimativas de β e Intervalos de Confiança para β , segundo o tipo de material com umidade por período de envelhecimento para os modelos de regressão de variação de volume (1) e (2).....	73
12 Comparação entre os alfas estimados pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) e de Mann-Whitney, segundo o tipo de material e período de envelhecimento com umidade.....	80
13 Comparação entre os alfas estimados pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) e de Mann-Whitney, segundo o tipo de material e período de envelhecimento sem umidade.....	81
14 Comparação entre os betas estimados pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) e de Mann-Whitney, segundo o tipo de material e período de envelhecimento com umidade.....	81
15 Comparação entre os betas estimados pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) e de Mann-Whitney, segundo o tipo de material e período de envelhecimento sem umidade.....	82

16	Comparação entre os gamas estimados pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) e de Mann-Whitney, segundo o tipo de material e período de envelhecimento com umidade.....	82
17	Comparação entre os gamas estimados pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) e de Mann-Whitney, segundo o tipo de material e período de envelhecimento sem umidade.....	83
18	Comparação entre os alfas estimados pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) e de Mann-Whitney, para manta de fibra de coco segundo o período de envelhecimento e a umidade.....	83
19	Comparação entre os alfas estimados pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) e de Mann-Whitney, para a espuma de poliuretano segundo o período de envelhecimento e a umidade.....	84
20	Comparação entre os betas estimados pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) e de Mann-Whitney, para manta de fibra de coco segundo o período de envelhecimento e a umidade.....	84
21	Comparação entre os betas estimados pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) e de Mann-Whitney, para a espuma de poliuretano segundo o período de envelhecimento e a umidade.....	85
22	Comparação entre os gamas estimados pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) e de Mann-Whitney, para manta de fibra de coco segundo o período de envelhecimento e a umidade.....	85
23	Comparação entre os gamas estimados pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) e de Mann-Whitney, para a espuma de poliuretano segundo o período de envelhecimento e a umidade.....	86
24	Resultados da determinação de metais (em $\mu\text{g/g}$) em amostras de espuma de poliuretano, fibra de coco e manta de fibra de coco com látex.....	90
25	Resultados da análise qualitativa dos produtos de pirólise a 500°C por tipo de material.....	92
26	Resultados da análise qualitativa dos produtos de pirólise a 800°C por tipo de material.....	94
27	Concentração máxima (ppm) segundo a IDLH para os principais compostos encontrados durante a pirólise dos materiais em estudo.....	100

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Diagrama de causas e efeitos relacionados à produção e ao ecossistema.....	10
2 Classificação geral das fibras naturais.....	20
3 Corte de um coco mostrando suas camadas.....	28
4 Modelo proposto para o Sistema Nacional de Reciclagem de Veículos.....	32
5 Equipamento de Compressão e Torção.....	43
6 Bandeja para envelhecimento acelerado das amostras com umidade.....	44
7 Bandeja para envelhecimento acelerado das amostras sem umidade.....	44
8 Representação gráfica da função exponencial: $f(t) = \alpha - \beta \exp(-\gamma t)$	50
9 Máquina Universal de Ensaio DL – 10.000.....	51
10 Deformação volumétrica das mantas de fibra de coco e de espuma, envelhecidas durante 7 dias com umidade.....	67
11 Deformação volumétrica das mantas de fibra de coco e de espuma, envelhecidas durante 7 dias sem umidade.....	68
12 Deformação volumétrica das mantas de fibra de coco e de espuma, envelhecidas durante 30 dias com umidade.....	69
13 Deformação volumétrica das mantas de fibra de coco e de espuma, envelhecidas durante 30 dias sem umidade.....	70
14 Deformação volumétrica das mantas de fibra de coco e de espuma, envelhecidas durante 45 dias sem umidade.....	71
15 Deformação Volumétrica Percentual dos materiais, manta de fibra de coco e espuma, sem período de envelhecimento.....	75
16 Deformação Volumétrica Percentual dos materiais, manta de fibra de coco e espuma, com período de 7 dias de envelhecimento, nas condições com umidade (a) e sem umidade (b).....	76
17 Deformação Volumétrica Percentual dos materiais, manta de fibra de coco e espuma, com período de 30 dias de envelhecimento, nas condições com umidade (a) e sem umidade (b).....	77
18 Deformação Volumétrica Percentual dos materiais, manta de fibra de coco e espuma, com período de 45 dias de envelhecimento, nas condições com umidade (a) e sem umidade (b).....	79
19 Compressão da manta de fibra de coco em termos de Força (N), Energia (N.mm) e Tensão (Mpa) no Ponto PT.....	88
20 Compressão da espuma de poliuretano em termos de Força (N), Energia (N.mm) e Tensão (Mpa) no Ponto PT.....	89
21 Cromatograma dos produtos formados na pirólise a 800°C da fibra de coco sem látex.....	97
22 Cromatograma dos produtos formados na pirólise a 800°C da manta de fibra de coco com látex.....	98
23 Cromatograma dos produtos formados na pirólise a 800°C da espuma de poliuretano.....	99

LISTA DE ABREVIATURAS E DE SÍMBOLOS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ACV - Análise do Ciclo de Vida (LCA - Life Cycle Assessment).

AEA - Associação de Engenheiros Automotivos.

As - arsênio.

ASTM - American Society of Testing and Materials (Sociedade Americana de Testes e Materiais).

ANFAVEA - Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores.

Cd - cádmio.

CDR's - Centros de Desmontagem de Veículos.

CEATOX - Centro de Toxicologia/UNESP - Botucatu/SP.

cm - centímetro.

cm² - centímetro quadrado.

cm³ - centímetro cúbico.

CO - monóxido de carbono.

COHb - carboxiemoglobina.

Cr - crômio.

Cu - cobre.

cv - cavalos-vapor.

DTA - Análise Térmica Diferencial.

EIA - Estudos de Impacto Ambiental.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

EPA - Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental).

Fe - ferro.

°C - Graus Celsius.

g - grama.

h - hora.

ha - hectare.

HCN - ácido cianídrico.

He - hélio.

Hg - mercúrio.

HNO₃ - ácido nítrico.

HP - Horse Power (cavalo- força).

Hz - Hertz.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IC - Intervalo de Confiança.

IDLH - Immediately Dangerous to Life or Health concentration (Concentração Imediatamente Perigosa para a Vida e Saúde).

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A.

kg - quilograma.

kgf - quilograma-força.

km - quilômetro.

K₂O - óxido de potássio.

kW - quilowatt.

kWh - quilowatt-hora

L - litro.

LEPRON - Laboratório de Engenharia de Produtos Naturais/UFPA - Belém do Pará/PA.

m - metro.

máx. - máximo.

µg - micrograma.

mA - miliampere.

mg - miligrama.

mL - mililitro.

mm - milímetro.

MPa - Mega Pascal.

N - Newton.

Ni - níquel.

NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health (Instituto Nacional para Segurança e Saúde Ocupacional).

nm - nanômetro.

p.a. - para analisis.

Pb - chumbo.

PbO - óxido de chumbo.

ppm - partes por milhão.

POEMA - Programa Pobreza e Meio Ambiente na Amazônia.

PRONAMAZON - Indústria de Aproveitamento de Produtos Naturais da Amazônia.

R² - coeficiente de determinação.

rpm - rotações por minuto.

s - segundos.

SETAC - Sociedade de Toxicologia Ambiental e Química.

SNC - Sistema Nervoso Central.

UFPA - Universidade Federal do Pará.

UNAMAZ - Universidade da Amazônia.

V - volts.

Zn - zinco.

ZnO - óxido de zinco.

1 RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo oferecer subsídios para análise do ciclo de vida de assentos a base de fibra de coco com látex. Com esse intuito foi realizado um estágio junto a uma Unidade de beneficiamento e industrialização da fibra de coco, localizada na comunidade de Praia Grande, no município de Ponta de Pedras, Ilha do Marajó, no Estado do Pará. Nesse estágio foram coletados dados a respeito de todo o processo de beneficiamento da fibra de coco até a produção de mantas a base de fibra de coco com látex para aplicação em veículos.

Através da Mercedes-Benz do Brasil, foram feitas amostragens dos materiais em estudo: fibra de coco, manta de fibra de coco com látex e espuma de poliuretano. É importante notar que a fibra de coco e suas mantas foram fornecidas pela Unidade de beneficiamento e industrialização de fibra de coco já citada e, a espuma de poliuretano foi fornecida pela Empresa Sanko de Diadema – SP. A partir dessas amostragens foram realizados ensaios de compressão e torção, apenas compressão, análise de metais e análise qualitativa do produtos formados na pirólise desses materiais, visando analisar assentos automobilísticos a base de fibra de coco com látex como um possível substituto da espuma de poliuretano.

A partir deste estudo foi possível verificar que ambos os materiais sofrem deformação volumétrica após os ensaios de compressão e torção e, apresentam um comportamento de retorno ao seu volume inicial. No entanto, a espuma retorna praticamente 100% ao seu volume inicial enquanto a manta de fibra de coco com látex mantém uma deformação em torno de 10%. Quanto a análise qualitativa dos produtos formados na pirólise a 800°C desses materiais verificou-se que o fumo produzido pela pirólise da espuma de poliuretano é mais tóxico em relação ao produzido pela manta de fibra de coco com látex.

SUBSIDYS FOR LIFE CYCLE ASSESSMENT OF COIR AND LATEX SEATS. Botucatu, 2000. 131p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: VERA LÚCIA PIMENTEL SALAZAR

Adviser: ALCIDES LOPES LEÃO

JAYME DE TOLEDO PIZA E ALMEIDA NETO

2 SUMMARY

The aim of this work is to present a contribution to the analysis of the life cycle of vehicles' seats made with a mixture of coconut fibres with latex. Part of the work was developed at a unit for manufacture and industrialization of coconut fibres, at the community of Praia Grande, town of Ponta de Pedras, Marajó Isle, Pará, Brazil. At the unit, information on the processing of the coconut fibre was collected, ranging from the raw material to the production of a mat of natural fibre with latex to be used in vehicles. The different materials involved in the study were analysed at the laboratories of Mercedes-Benz do Brazil: coconut fibre, the mat of natural fibre with latex, and polyurethane foam. The polyurethane foam was supplied by Sanko, from Diadema/SP. Once obtained the samples, they were submitted to tests of compression and torsion, compression only, analysis of heavy metals content, and qualitative analysis of products resulting from the incineration of the different materials. The coconut fibre plus latex composite was evaluated as a possible substitute for polyurethane foam in seats.

Starting from this study it was possible to verify that both materials suffer volumetric deformation after the compression rehearsals and torsion and, they present a return behaviour to its initial volume. However, the foam comes back 100% practically to its

initial volume while the mat of coconut fibre with latex maintains a deformation around 10%. As the qualitative analysis of the products formed in the pyrolysis to 800°C of those materials was verified that the fume produced by the pyrolysis of the polyurethane foam is more toxicant in relation to the produced by the mat of coconut fibre with latex.*

3 INTRODUÇÃO

Neste trabalho foi analisado o comportamento dos assentos automobilísticos feitos a base de fibra de coco com látex, como possível substituto da espuma de poliuretano. O termo assento se refere ao enchimento dos bancos veiculares.

Esta opção apresenta uma série de vantagens tanto do ponto de vista técnico quanto ambiental, uma vez que utiliza um produto natural (fibra de coco), que além de gerar mão-de-obra para populações carentes aproveita como matéria-prima um produto que seria descartado como resíduo. Segundo Ventura (1994), a fibra de coco constitui-se num produto reciclável, biodegradável, com ótima perspirabilidade garantindo conforto térmico ao usuário do veículo. Destaca também que as fibras de coco com látex são isolantes térmicos mais eficientes que o poliuretano, enquanto a espuma é inadequada ao clima tropical, tornando desconfortável o ato de dirigir principalmente nas estações mais quentes.

O Brasil possui cerca de 300.000 hectares de área plantada com cocoda-baía (IBGE, 1996),a sendo que a sua produção (em mil frutos) foi aproximadamente de 1.116.969 cocos, segundo último dado encontrado (IBGE, 1999). É importante notar que essa quantidade de cocos produzida será a mesma de cascas geradas. No entanto, dessas cascas apenas uma pequena parcela contribui para a produção anual nacional de fibra de coco que é

superior a 7 mil toneladas (IBGE, 1996). Dessa forma, tem-se uma quantidade muito elevada de cascas de coco ainda tratadas como resíduo sendo que na realidade constituem matéria-prima em potencial.

Atualmente existe uma exigência mundial crescente quanto a qualidade dos produtos, que os mesmos sejam recicláveis e que durante o seu processo produtivo e vida útil não agredam o meio ambiente. Estes processos têm adquirido tal importância que levaram os fabricantes a usarem-nos não só como fator de “marketing” de suas empresas, mas como condição necessária adotada por alguns países com relação a comercialização de seus produtos (exportações e importações).

Com isso, surgiram os chamados “selos verdes” que, às vezes concedem a um determinado produto uma espécie de “diploma de bom comportamento”, sem que os critérios de concessão sejam, de fato, capazes de amparar a certificação. São vários os casos de produtos que, para ocupar uma fatia cada vez mais expressiva do mercado, vêm empregando rótulos ecológicos, sem que, na verdade, tenham nada que os justifiquem (Reis, 1996). São vários os exemplos de produtos que se autoproclamam recicláveis ou que foram fabricados com materiais reciclados, sem que, de fato, o tenham sido.

Desta forma, é importante comparar ambos os materiais, espuma de poliuretano e manta de fibra de coco com látex, avaliando-se a possibilidade da fibra natural substituir a espuma na confecção de assentos de veículos automotivos, através de estudos quanto a deformação volumétrica, a capacidade de retorno ao seu volume inicial e possíveis danos ambientais durante a sua vida útil.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Gerenciamento Ambiental

Em 1972, em Estocolmo, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, por meio da Comissão Brundtland, estabeleceu o primeiro diálogo entre os países ricos e pobres sobre as questões ambientais. Naquela ocasião, a poluição atmosférica e hídrica chegava a níveis alarmantes, sendo que foram poucos os países que implementaram ações concretas para reduzi-la. Ainda não havia uma adequada compreensão sobre as conseqüências da poluição sobre a qualidade de vida da população. O desenvolvimento não podia ser interrompido ou reduzido (Reis, 1996).

Depois de vinte anos, com a realização da ECO 92 na qual participaram mais de 150 países, as questões ambientais deixaram de ser um tema apaixonado, passando a ser um assunto constante nas discussões econômicas. A Agenda 21, a Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento e as Convenções do Clima e da Biodiversidade constituem pactos universais que definirão a qualidade de vida futura da humanidade. Para implementá-los integralmente será necessária uma forte mudança nas

práticas e costumes de todos os povos do planeta, o que não é fácil de ser obtido, principalmente nos países e regiões em que a luta diária pela sobrevivência, nem sempre digna, faz com que questões ambientais sejam uma discussão estranha e estéril (Reis, 1996).

De acordo com Reis (1996), a legislação ambiental, mesmo considerando-se as diferenças entre os países e até entre estados ou regiões de um mesmo país, vem impondo condições cada vez mais severas, com penalidades elevadíssimas e condições rigorosas para o licenciamento da instalação e operação de unidades produtivas. Por outro lado, vem também servindo para reduzir as desvantagens competitivas dos que vêm procurando uma forma de atuação responsável. Os consumidores, principalmente dos países do Primeiro Mundo, estão rejeitando os produtos considerados ambientalmente nocivos, determinando posturas favoráveis ao emprego de processos produtivos menos agressivos, cujos custos adicionais possam ser abrigados sem comprometer a competitividade, que gerem produtos e serviços saudáveis, capazes de usufruir da disposição dos consumidores em pagar um pouco mais por artigos com qualidade ambiental comprovada.

A partir disso, segundo Reis (1996) surgiram os chamados “selos verdes” que, às vezes concedem a um determinado produto uma espécie de “diploma de bom comportamento”, sem que os critérios de concessão sejam, de fato, capazes de amparar a certificação. São vários os casos de produtos que, para ocupar uma fatia cada vez mais expressiva do mercado, vêm empregando rótulos ecológicos, sem que, na verdade, tenham nada que os justifiquem.

Ainda, segundo Reis (1996), é irreversível a aproximação entre ecologia e economia. As empresas vêm percebendo que é mais barato fazer direito, desde o início, do que consertar depois, pois pode não haver conserto, o que levará a custos insuportáveis. As exigências legais e normativas, as restrições do mercado e a proliferação de “selos verdes” obrigam as empresas a adotarem programas de gerenciamento ambiental que garantam a competitividade e, conseqüentemente, a sobrevivência. Empresas concorrentes estão sempre à espera de uma oportunidade para ocuparem espaços e um acidente ambiental, causado por omissão, negligência ou, simplesmente, mau gerenciamento, será encarado como uma dádiva dos deuses para melhorarem suas posições em relação àqueles que causarem ou possam causar danos.

Hoje, as empresas estão preocupadas em adaptarem-se à componente ambiental, caso contrário correrão o risco de perderem espaços arduamente conquistados, sendo necessário aplicar princípios de gerenciamento ambiental condizentes com o desenvolvimento sustentável. Com isso, várias empresas e diversos países desenvolvidos identificaram nas questões ambientais um dos mais importantes fatores de sucesso para a continuidade da aceitação dos seus produtos e serviços nos mercados internos e externos. Considerando-se as leis e normas já em vigor nos países desenvolvidos, que tendem a direcionar parte das atenções para a Qualidade Ambiental das matérias-primas que compõem os produtos oferecidos aos consumidores, tais normas constituem hoje um dos mais vigorosos agentes de pressão sobre fornecedores e governos. Dessa forma, cabe aos segmentos mais representativos da atividade econômica brasileira precaverem-se, aprimorando suas práticas de gerenciamento ambiental, independentemente do aperfeiçoamento legal e do sistema de fiscalização do poder público, de forma a garantir a certificação dos seus processos produtivos, produtos e serviços perante as normas internacionais, as quais são dirigidas pela ISO 14001 (NBR ISO, 1996).

De acordo com a norma NBR ISO 14001 (1996), referente a *Sistemas de Gestão Ambiental - Especificação e diretrizes para uso*, organizações de todos os tipos estão cada vez mais preocupadas em atingir e demonstrar um desempenho ambiental correto, controlando o impacto de suas atividades, produtos ou serviços no meio ambiente, levando em consideração sua política e seus objetivos ambientais. Esse comportamento se insere no contexto de uma legislação cada vez mais exigente, do desenvolvimento de políticas econômicas, de outras medidas destinadas a estimular a proteção ao meio ambiente, e de uma crescente preocupação das partes interessadas em relação às questões ambientais e ao desenvolvimento sustentável. Segundo a norma NBR ISO 14001 (1996), as normas internacionais de gestão ambiental têm por objetivo prover às organizações os elementos de um sistema de gestão ambiental eficaz, passível de integração com outros requisitos de gestão, de forma a auxiliá-las a alcançar seus objetivos ambientais e econômicos.

O Sistema de Gerenciamento Ambiental consiste em um conjunto de rotinas e procedimentos que permite a uma organização administrar adequadamente as relações entre suas atividades e o meio ambiente que as abriga, atentando para as expectativas das partes interessadas. É um processo que objetiva, dentre suas várias atribuições, identificar

as ações mais adequadas ao atendimento das imposições legais aplicáveis às várias fases dos processos. Este abrange desde a produção até o descarte final passando pela comercialização, zelando para que os parâmetros legais sejam permanentemente observados, além de manter os procedimentos preventivos e proativos que contemplam os aspectos e efeitos ambientais da atividade, produtos e serviços e os interesses e expectativas das partes interessadas (Reis, 1996).

As questões ambientais estão intimamente relacionadas com a qualidade total, qualidade intrínseca, atendimento aos anseios dos clientes, funcionários e do meio ambiente, sendo assim são elementos fundamentais para a sobrevivência de uma empresa. É preciso ter a capacidade de gerir causas e efeitos relacionados à produção e ao ecossistema, como mostra a Figura 1.

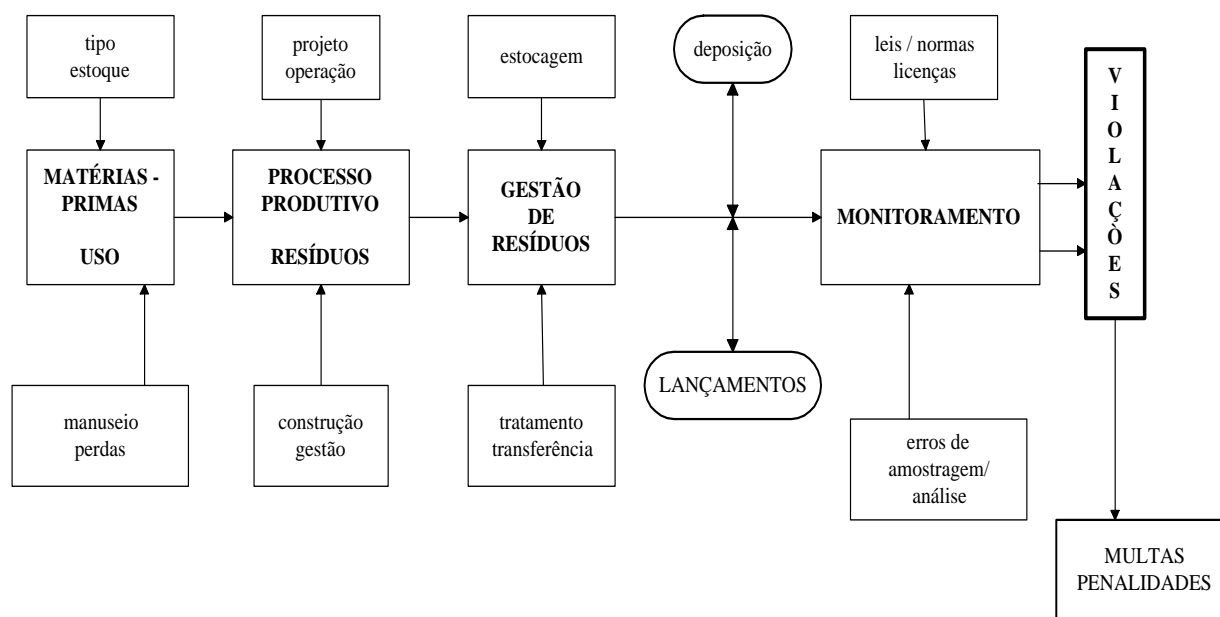


Figura 1. Diagrama de causas e efeitos relacionados à produção e ao ecossistema.

Fonte: Reis (1996).

Os norte-americanos, em pesquisa realizada em 1993 a pedido da revista *The Enviroment*, indicaram que as questões ambientais ocupam o quarto lugar dentre as suas maiores preocupações, perdendo apenas para o estado da economia, habitação e educação, ficando na frente das drogas, do desemprego, do crime e das questões internacionais. As empresas estão em condição de desvantagem no que tange à credibilidade. Menos de 5% da população norte-americana e europeia acreditam no que as empresas dizem, quando se trata de meio ambiente. O maior crédito é oferecido aos cientistas e ambientalistas (60%), que também superam, por ampla margem, os governos, os congressos e os meios de comunicação de massa (Reis, 1996).

4.2 Análise do Ciclo de Vida (ACV)

Os primeiros processos efetivos de Análise do Ciclo de Vida (ACV), foram realizados na Europa e nos EUA em meados dos anos setenta, quando passou-se a observar os efeitos ambientais de todas as fases da vida de um determinado produto, avaliando-se desde os processos de obtenção das suas matérias-primas até o seu descarte final. Ficou conhecida como a avaliação “do berço-ao-túmulo” (Chehebe, 1998).

Conforme definição prévia dos limites da análise, cada uma das fases dos processos produtivos de todos os componentes é avaliada, sendo que a profundidade e os enfoques genéricos e específicos dependerão da finalidade do estudo (Reis, 1996).

O conceito de Ciclo de Vida é bastante apropriado para uma avaliação adequada dos impactos ambientais de um produto, sendo muito mais abrangente que os conhecidos Estudos de Impacto Ambiental (EIA), cujos limites são mais restritos. De acordo com Reis (1996), com base na ACV pode ser obtida a soma dos efeitos ambientais quantificáveis, sendo que as parcelas são obtidas pela análise individualizada das fases do ciclo de vida:

- emissões totais de gases;
- lançamento total de efluentes;
- consumo total de energia;

- geração total de resíduos; e
- contaminação total do solo

Determinados produtos finais, apesar de apresentarem-se como ambientalmente saudáveis, geram impactos ambientais negativos em fases distintas dos seus processos de produção.

A ACV é um processo para avaliar os gastos ambientais associados com um produto, processo, ou atividade; identificando e quantificando a energia e materiais utilizados e resíduos liberados para o ambiente. Serve também para avaliar o impacto daquela energia e materiais utilizados e liberados para o ambiente; e identificar e avaliar as oportunidades para atingir a melhoria ambiental. A avaliação inclui o ciclo de vida completo de um produto, processo ou atividade, abrangendo a extração e processamento das matérias-primas; manufatura; transporte e distribuição; uso; reuso; manutenção; reciclagem e disposição final (SETAC, 1991).

A ACV se refere aos impactos ambientais de um sistema sujeito a um estudo nas áreas de saúde ecológica, saúde humana e esgotamento de recursos. Como todos os outros modelos científicos, ACV é uma simplificação do sistema físico e não pode pretender suprir uma representação absoluta e completa de toda interação ambiental (SETAC, 1991).

Segundo a Sociedade de Toxicologia Ambiental e Química - SETAC (1993), os objetivos principais de uma análise do ciclo de vida são:

- 1) Fornecer uma visão mais completa possível das interações de uma atividade com o meio ambiente;
- 2) contribuir para uma melhor compreensão da natureza interdependente e geral das consequências ambientais das atividades humanas; e
- 3) fornecer aos tomadores de decisão e/ou formadores de opinião, parâmetros para definir os impactos ambientais dessas atividades e identificar oportunidades para melhorias ambientais.

De acordo com SETAC (1993), uma análise do ciclo de vida completa considera os impactos ambientais ao longo da vida de um produto, desde a extração ou aquisição de sua matéria-prima para a produção, utilização do produto e disposição final. Dentre os impactos a serem considerados tem-se o esgotamento dos recursos (naturais renováveis e não-renováveis); interferências na saúde dos trabalhadores durante as diversas

fases do produto; saúde ecológica, com seus impactos e riscos ambientais. Deste modo percebemos que um estudo descrito como análise do ciclo de vida deve incluir o ciclo de vida completo. No entanto, a metodologia é apenas aplicada em estudos de natureza mais restrita, por exemplo, o estudo de um parâmetro ambiental particular tal como energia envolvida no ciclo de vida completo ou, alternativamente, examinar os impactos ambientais envolvidos somente em estágios selecionados do ciclo de vida.

A ACV é apenas uma das várias técnicas para o gerenciamento ambiental, complementa outras técnicas tais como avaliação de impacto ambiental, identificação e avaliação de risco, avaliação de tecnologias, exame de resíduos e avaliação de processos de minimização de resíduos, “design” para o ambiente e sistemas de gerenciamento.

A França e a Alemanha são os países que mais vêm realizando a ACV, sendo que estabeleceram três fases distintas para a sua realização (Reis, 1996):

- a) definição do(s) objetivo(s);
- b) inventário das entradas e saídas da tecnosfera, com identificação preliminar dos efeitos. A tecnosfera é o conjunto de sistemas de energia que promove as alterações necessárias para que os recursos naturais possam oferecer determinados serviços. Tem como subproduto a geração de resíduos; e
- c) avaliação e análise dos impactos ambientais.

Já nos EUA e Canadá, a Agência de Proteção Ambiental (EPA) e a SETAC, em conjunto com o Instituto Battelle, formularam um modelo para a ACV que se baseia numa seqüência de 10 estágios, conforme abaixo:

- 1) definição do propósito de compilação do inventário;
- 2) fixação dos limites do ciclo de vida;
- 3) delinear um protocolo do inventário;
- 4) coletar os dados;
- 5) desenvolver os dados individualizados;
- 6) construir e especificar o modelo de ciclo de vida;
- 7) tabular os resultados;
- 8) conduzir uma revisão pericial independente;

- 9) interpretar os resultados; e
- 10) comunicar os resultados.

As Normas que se referem a ACV são:

- NBR ISO 14040 - define os princípios gerais e procedimentos (EUA)
- NBR ISO 14041 - Análise do Inventário do Ciclo de Vida - Geral (Alemanha)
Específico (Japão)
- NBR ISO 14042 - Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (Suécia)
- NBR ISO 14043 - Avaliação de Aprimoramento do Ciclo de Vida (França)

De acordo com a norma NBR ISO 14040, *Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios Gerais e Procedimentos*, a crescente preocupação com o meio ambiente associada ao fornecimento de bens e serviços à sociedade, vem aumentando o interesse pelo desenvolvimento de métodos para melhor compreender e reduzir o impacto ambiental das atividades humanas. Portanto, a ACV consiste em um processo de avaliação dos atributos ambientais associados a um sistema de produtos e serviços e aplica-se:

- conceitualmente, como um processo de raciocínio que orienta a tomada de decisões quanto à concepção e melhoria, ou
- sistematicamente, construindo um inventário quantitativo e qualitativo de efeitos ambientais, avaliando seus impactos e considerando alternativas para melhorar o desempenho ambiental.

Em suma, a ACV considera os impactos ambientais durante a continuidade da vida de um produto (isto é, do berço ao túmulo), da aquisição de matérias-primas à produção, uso e disposição. Os impactos ambientais a serem considerados incluem o esgotamento de recursos, a saúde humana e o bem-estar ecológico.

De acordo com a norma ISO 14040, a identificação de oportunidades para o aprimoramento ambiental é o principal propósito na condução de uma ACV. A melhoria pode ser também obtida através de outras medidas ou técnicas, por exemplo: aperfeiçoamento do produto, rotulagem ambiental e seleção de indicadores ambientais. Um objetivo primário da ACV é fornecer informações de maneira prática, visando apoiar o processo decisório. A ACV tem o potencial de melhorar o desempenho ambiental dos sistemas

de produtos e serviços, além de contribuir de forma positiva para o desenvolvimento de políticas públicas.

A ACV pode, de acordo com a norma NBR ISO 14040, ser utilizada para uma variedade de aplicações. Por exemplo, para aprimorar o desempenho ambiental de produtos e serviços, dando suporte às reivindicações de rótulos de qualidade ambiental. Entretanto, devido à natureza emergente desta ferramenta e ao fato de que a ACV envolve processos técnicos e subjetivos, existem certas limitações. Qualquer ACV, independente do escopo e do nível de detalhe, necessariamente envolverá pressuposições, julgamentos de valor e mudanças, não sendo, portanto, um empreendimento puramente científico e objetivo. Assim, a ACV deve ser aplicada cuidadosamente para garantir que a ferramenta seja utilizada de forma adequada; é uma dentre várias técnicas de gestão ambiental e pode não ser sempre a ferramenta apropriada para todas as ocasiões.

O escopo, o alcance e a profundidade dos detalhes de uma ACV irão variar dependendo do seu objetivo. O escopo, pressuposições, parâmetros de qualidade dos dados, metodologias e resultados das ACV devem ser compreensíveis, refletindo todo o alcance do estudo, sendo comunicados de forma clara e apropriada.

De acordo com a norma NBR ISO 14001 (1996), referente aos *Sistemas de Gestão Ambiental - Especificação e diretrizes para uso*, é recomendado que o processo para a identificação dos aspectos ambientais significativos associados às atividades das unidades operacionais considere, quando pertinente,

- a) emissões atmosféricas;
- b) lançamentos em corpos d'água;
- c) gerenciamento de resíduos;
- d) contaminação do solo;
- e) uso de matérias-primas e recursos naturais; e
- f) outras questões locais relativas ao meio ambiente e à comunidade.

O processo tem por objetivo identificar aspectos ambientais significativos associados a atividades, produtos ou serviços, não sendo sua intenção exigir uma avaliação detalhada do ciclo de vida. As organizações não precisam avaliar cada produto, componente ou matéria-prima utilizada. Podem selecionar categorias de atividades, produtos

ou serviços para identificar aqueles aspectos com maior possibilidade de apresentar impacto significativo.

Os recursos naturais normalmente fornecem matéria-prima para um produto, processo, ou atividade do ciclo de vida na forma de energia e matéria-prima, caracterizando-se tanto por sua escassez relativa ou absoluta. Neste contexto, o termo recursos se refere a todo componente do ambiente natural, incluindo ar, água, solo e biomassa, usado como entrada no sistema sob avaliação. A definição exclui a entrada de capital humano (por exemplo: mão-de-obra) e materiais naturais beneficiados (SETAC, 1993).

O esgotamento dos recursos naturais pode ser de interesse pelo seu valor intrínseco ou porque as futuras gerações podem não herdar a mesma quantidade ou qualidade de recursos desfrutados pela geração atual. Em primeira instância, o valor intrínseco do recurso não está totalmente relacionado com algum uso atual ou potencial do recurso (SETAC, 1993).

Como qualquer outro tipo de análise de impacto, o escopo e detalhe da análise do esgotamento de recursos dependerá dos objetivos para o uso e aplicação futura. A escolha dos limites de tempo e espaço é particularmente importante para caracterização da natureza e grau de esgotamento. Igualmente, um recurso pode ser relativamente abundante e sustentável no país da manufatura, mas pode estar perto do esgotamento no país fornecedor do recurso (SETAC, 1993).

4.3 Plantas Fibrosas Vegetais

4.3.1 Fibra Vegetal: definição, conceito e terminologia

A produção de fibras naturais ocupa posição de destaque na estrutura da economia mundial, ao mesmo tempo que a sua industrialização constitui um dos principais setores de atividades industriais e de ocupação do homem (Faria, 1993).

As plantas representam uma fonte básica para o fornecimento de fibras naturais. Com exceção da seda, lã e de outras fibras animais menos importantes, o restante das fibras naturais amplamente utilizadas provém do reino vegetal (Faria, 1993).

Fibras vegetais são todas as células esclerenquimatosas de forma tipicamente prosenquimatosas, isto é, de comprimento igual a muitas vezes a largura. Dessa maneira, de um ponto de vista estritamente histológico, o termo *fibra* tem sido usado para designar uma grande variedade de tipos de células que se caracterizam pela forma alongada, parede secundária espessa e regular ocorrência de pontuações (Medina, 1959).

Do ponto de vista comercial, o termo *fibra* tem sido aplicado em um sentido vago, seja para indicar pêlos unicelulares, como a fibra de algodão, ou feixes de tecidos multicelulares, como a fibra do sisal. Portanto, no campo estritamente comercial, o termo *fibra* não tem usualmente o significado botânico estrito de células individuais de certa categoria de esclerênquima. Nas plantas em que as fibras comerciais se originam do floema, como linho, cânhamo, juta, rami etc., esse termo denota um feixe fibroso. Enquanto as fibras originárias das folhas de plantas monocotiledôneas como sisal, curauá, abacá, etc., o termo fibra representa comumente feixes vasculares associados com agrupamentos de fibras. Os pêlos epidérmicos das sementes do algodão ou da epiderme interna da cápsula da paineira são também designados como fibras. Em outras plantas, o sistema vascular da raiz (zacatão, por exemplo) ou a planta toda (barba-de-velho, por exemplo) também são designadas como fibra (Medina, 1959).

No seu sentido mais amplo, o termo *fibra* abrange não apenas as fibras que se prestam à indústria têxtil, mas também aquelas que, de um modo ou de outro, são aproveitadas em indústrias diversas. Assim, o material fibroso utilizado para enchimentos, como as painas e as sedas vegetais, ou para a confecção de cestos, como o vime e o junco, ou na manufatura de escovas e vassouras, como a piaçava, está incluído na designação genérica de *fibra*. Dessa forma, o termo *fibra* abrange pêlos e fibras de origem vegetal, pêlos, lãs e seda de origem animal, fibras de origem mineral (amianto, vidro, etc...) e todas as fibras artificiais ou sintéticas (poliesteres, poliamídicas, etc...) que o homem fabrica a partir de produtos de origem vegetal, animal ou mineral, principalmente de materiais celulósicos como o acetato de celulose e viscose (raion) (Medina, 1959).

De acordo com Medina (1959), a denominação *fibra têxtil* é geralmente empregada num sentido não precisamente definido, com o qual se procura indicar o material pronto para fiação. Dessa forma, deve-se entender como *fibra têxtil* aquela que proporciona de imediato, ou depois de desfibradas ou, ainda, depois de maceradas (química ou biologicamente), fibras soltas imediatamente aproveitáveis para industrialização.

Quanto à terminologia, as fibras vegetais e suas plantas produtoras são designadas por uma diversidade de denominações, confundindo os que não estão familiarizados com a matéria. Na comercialização das fibras vegetais empregam-se várias denominações que dependem geralmente do país de origem do produto. Por outro lado, alguns dos nomes são comuns a diversas fibras derivadas de espécies botânicas diferentes. Dentro dessa nomenclatura ambígua, a designação *maguey*, por exemplo, é corrente em muitos países hispano-americanos para designar as plantas dos gêneros *Agave* e *Furcraea* de folhas carnosas e grandes. O termo *pita*, correntemente empregado em toda a América Latina para designar tanto a planta como a fibra de diversas amarilidáceas, tornou-se de uso tão corrente que chegou a se converter praticamente em sinônimo da palavra *fibra* (Medina, 1959).

Na literatura têxtil e no comércio a designação “aloe” tem sido empregada não para designar a fibra de plantas do gênero *Aloe* mas, sim, as fibras da piteira (*Furcraea gigantea* Vent.), espécie esta que, no passado, foi erroneamente confundida com aquelas pertencentes ao citado gênero do Velho Mundo. A denominação “malva” é indiferentemente empregada para designar tanto as fibras como as plantas de várias espécies de malváceas pertencentes a gêneros diferentes (Medina, 1959).

Medina (1959) verificou que tal confusão de terminologia não se limita apenas às regiões de ocorrência natural das plantas, porém se estende também aos mercados e às estatísticas de produção de diversas fibras. Assim é que, na literatura inglesa, o termo “hemp” (cânhamo), nome vulgar da planta e fibra de *Cannabis sativa* Linn., ou cânhamo verdadeiro, é indiscriminadamente usado em numerosas combinações com os nomes próprios de outras fibras, macias ou duras, que muitas vezes, nada têm de comum com aquela planta têxtil, e isso a ponto de tal termo tornar-se quase sinônimo da palavra “fibra”. Dentre os casos mais comuns, podem-se citar: “manila hemp” (*Musa textilis* Nee), “sisal hemp” (*Agave sisalana* Perrine) e etc.. Dessa nomenclatura, a muitos anos, têm resultado confusões, particularmente quando as estatísticas não especificam as fibras pelos seus próprios nomes

(por exemplo: agrupando-as sob as denominações de “hard hemp” e “soft hemp”, isto é, “fibras duras” e “fibras macias”, respectivamente), ou simplesmente quando substituem o nome da fibra pelo país de origem acrescido da palavra “hemp” (exemplo: “Indian hemp”, etc...) (Medina, 1959).

4.3.2 Localização das fibras vegetais

Excluindo-se os pêlos - que são apêndices uni e multicelulares que se desenvolvem a partir das células epidérmicas e, portanto, são tricomas - as fibras propriamente ditas acham-se largamente distribuídas pelo corpo da planta. São particularmente numerosas no sistema vascular, onde se encontram distribuídas de várias maneiras no floema (*fibra liberiana ou fibra floema*) e no xilema (*fibra lenhosa ou fibra xilema*). Por outro lado, as fibras são também bastante numerosas no sistema de tecidos fundamentais da planta, formando maciços cilíndricos sub-epidérmicos ou distintos feixes fibrosos no córtex do caule (fibras corticais) e no periciclo (fibras pericíclicas) (Medina, 1959).

Dessa diversidade de distribuição das fibras resultam as dificuldades para a sua classificação. Apenas por conveniência didática, as fibras vegetais podem ser classificadas em dois grandes grupos, segundo a sua posição topográfica na planta (Medina, 1959):

1. Fibras intraxilares: compreendendo as fibras que são partes integrantes do xilema ou lenho; e
2. Fibras extraxilares: compreendendo as fibras que são morfológicamente uma parte do floema ou líber, bem como aquelas que revestem os feixes vasculares e que ocorrem no tecido fundamental do caule, da raiz e da folha.

Segundo Faria (1993), as fibras empregadas na indústria têxtil, em seu sentido mais amplo, são principalmente de origem natural e sintéticas. As fibras naturais podem se dividir em vegetais, animais e minerais. Pode-se observar a classificação geral das fibras naturais na Figura 2.

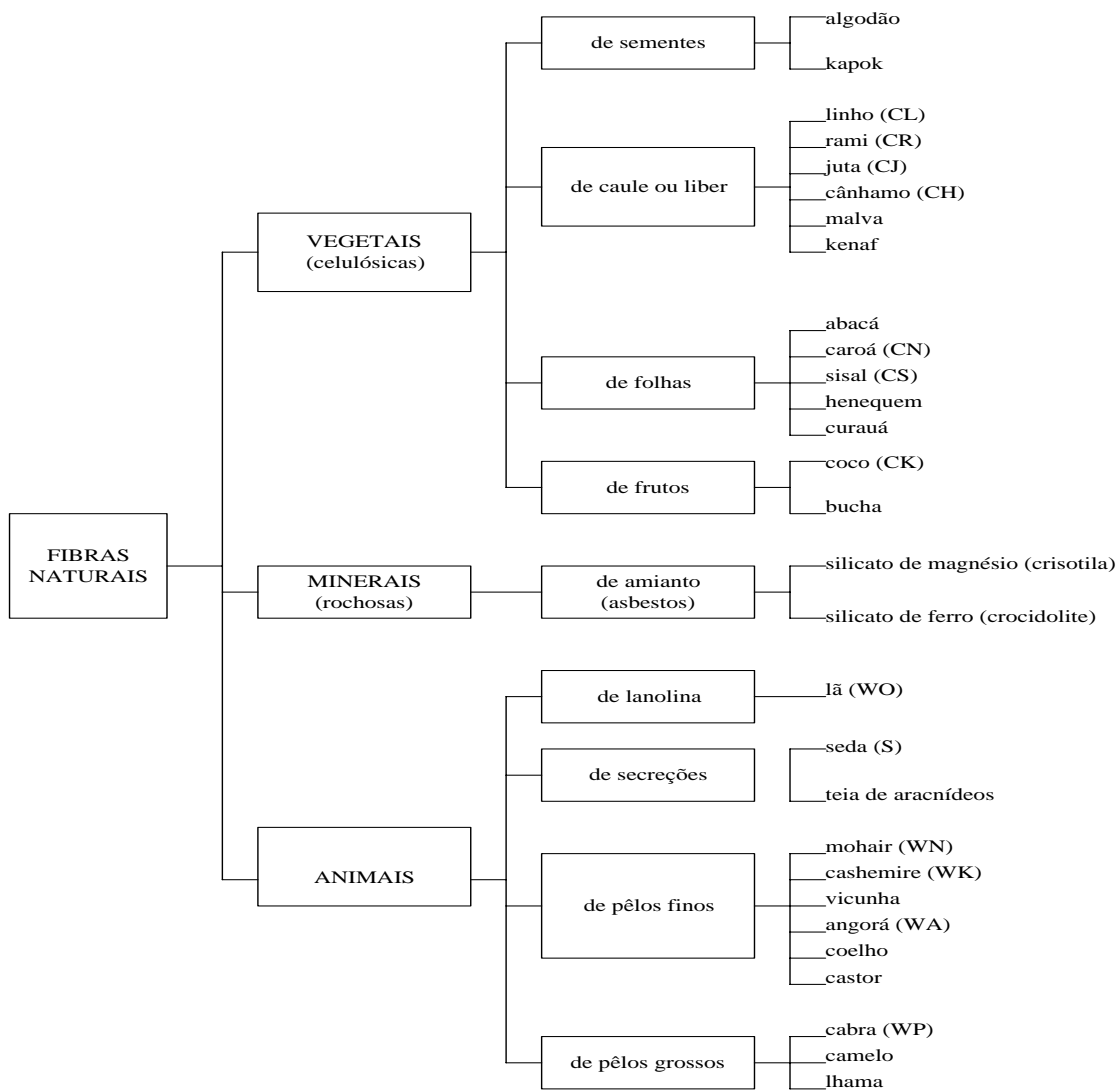


Figura 2. Classificação geral das fibras naturais (Faria, 1993)

A quantidade de plantas capazes de fornecer fibras vegetais utilizáveis é muito grande, principalmente a flora tropical, onde existem certamente recursos em potencial. Contudo, somente são exploradas em quantidade apreciável um número relativamente pequeno da enorme quantidade de plantas fibrosas conhecidas (Faria, 1993).

As fibras economicamente mais importantes, dentre as citadas na Figura 2, são as fibras de algodão, coco, juta, linho, sisal, cânhamo e abacá.

4.3.3 Classificação das fibras vegetais

As fibras vegetais para uso comercial e doméstico são classificadas como natural ou sintética. As fibras naturais são de origem vegetal, animal ou mineral. Fibras vegetais, como o nome indica, são oriundas das plantas. O principal componente químico nas plantas é a celulose, e por isso elas também são referidas como fibras celulósicas. As fibras são usualmente compostas por um polímero fenólico natural, a lignina, a qual está freqüentemente presente no espaço celular da fibra (Kirk - Othmer, 1994).

As fibras vegetais podem ser classificadas de várias maneiras, principalmente segundo a origem anatômica, a natureza química, a utilização econômica e a origem botânica. Wiesner, Höhnel, Dodge, Lecomte, Vétillard e Beauverie, entre outros, em suas obras clássicas, estabeleceram sistemas de classificação para as fibras vegetais conforme um ou outro desses critérios (Medina, 1959).

A classificação segundo os grupos naturais ou famílias botânicas é, de todas, portanto, a mais precisa e científica. Permite reconhecer que as afinidades entre as espécies, dentro de uma mesma família botânica, se estendem, freqüentemente, às fibras; que certas famílias são particularmente ricas em espécies produtoras de fibras; que outras fornecem materiais fibrosos similares; que as plantas monocotiledôneas fornecem, em geral, fibras do tipo “duras”, enquanto que as plantas dicotiledôneas dão, principalmente, fibras do tipo “macias” (Medina, 1959).

4.3.4 Processos de Obtenção de Fibras Vegetais

De um modo geral, a extração ou separação de fibras pode ser realizada por processos mecânicos, químicos e biológicos, ou por uma combinação entre eles. Tais processos podem ser desenvolvidos de maneira puramente artesanal ou tradicional, ou através de utilização de tecnologia apropriada nos processos industriais. De qualquer forma, geralmente o processo será função das características da fibra a ser obtida e de sua localização na planta fibrosa (Faria, 1993).

4.3.4.1 Extração Mecânica de Fibras

O processo mecânico se aplica com êxito no descorticamento de certas fibras como sisal, coco, rami, abacá, linho e kenaf. Máquinas especialmente construídas para essa finalidade estão descritas na literatura. Em comparação com os processos de extração químico e biológico de fibras, o processo de desfibramento mecânico é o método mais direto para obtenção de fibras próprias para serem fiadas (Faria, 1993).

Segundo o mesmo autor, o desfibramento mecânico consiste em se fazer passar o vegetal fibroso maduro ou verde por uma máquina que separe as fibras do material não fibroso e que produza fibras limpas, separadas e prontas para a fiação, em uma ou duas operações contínuas. Sendo que em alguns casos, há necessidade de se empregar posteriormente o processo de maceração (químico ou biológico), onde o rendimento em fibra seca aumenta consideravelmente. Esta combinação é especialmente interessante no caso da maceração realizada em tanques, onde o desfibramento mecânico prévio implicará numa efetiva diminuição no volume a ser ocupado, devido a grande redução da quantidade do material a ser tratado, pela eliminação da parte lenhosa da planta.

As fibras obtidas por processos puramente mecânicos geralmente se apresentam mais fortes e uniformes, porém sem o aspecto sedoso das maceradas química ou biologicamente (Faria, 1993).

4.3.4.2 Processos de Maceração - Biológico e Químico

As fibras são libertadas dos tecidos que as envolvem, submetendo-se o material fibroso, geralmente separado previamente do material não fibroso por máquinas especiais, ao processo de maceração em água corrente ou parada, com utilização ou não de cultura-inóculo, enzimas ou substâncias químicas (Faria, 1993).

A maceração consiste na libertação dos feixes fibrosos, após a destruição dos tecidos exteriores ao lenho, e na dissolução do cimento péctico (lignina) que une os feixes entre si. A primeira fase do processo biológico é caracterizada pelo início da multiplicação dos germes próprios da planta. No processo espontâneo predominam inicialmente os microorganismos aeróbicos, pois a água de maceração contém oxigênio dissolvido e nutrientes. Leveduras oxidativas e bolores poderão então se desenvolver na superfície. Com o consumo de oxigênio pelos germes aeróbios, forma-se então a condição favorável para os anaeróbios, que iniciam seu crescimento. O ponto final dessa fase é indicado quando as fibras se apresentam soltas, mas ainda resistentes à ruptura. A fase final corresponde geralmente à batição do material e à lavagem das fibras, seguida do processo de secagem, desfibramento e armazenagem. A detecção do ponto final da maceração é de vital importância, pois uma interrupção do processo após o ponto ótimo, resulta numa libertação mais fácil das fibras, porém sem resistência e impróprias para a fiação e tecelagem. Esse fato ocorre na juta brasileira onde não há controle do processo de maceração (Faria, 1993).

Quanto aos microorganismos da maceração, têm sido registrados como presentes e capazes de liberar as fibras os aeróbios, representados principalmente por fungos, e os anaeróbios, pelas bactérias. Tanto nos processos aeróbios quanto nos anaeróbios, ocorrem seqüencialmente as seguintes fases: inicialmente o material vegetal absorve água por capilaridade, ocasionando a extração de substâncias próprias da planta, que tornam a água da maceração rica em compostos químicos, muitos dos quais servirão à nutrição de microorganismos que participarão das fases seguintes do processo, que consiste na adição de cultura-inóculo baseada nos ciclos de crescimento dos microorganismos, com o objetivo de reduzir a duração do processo. A faixa de temperatura ótima recomendada é de 25 a 35 °C (Faria, 1993).

Além da maceração biológica espontânea ou induzida, a extração de fibras pode ser obtida por processos químicos em que ocorre a hidrólise química do material envolvente das fibras, tornando-as livres. Na maceração química é importante a escolha do produto químico e de suas concentrações, da temperatura e tempo, para que não exerça ação drástica sobre a fibra. Existem registros na literatura sobre experiências com o emprego de algumas substâncias químicas, como hidróxido de sódio, cloreto de cálcio, sulfito de sódio, com concentrações de até 5% para o tratamento em temperaturas de até 100 °C. Tais substâncias, quando utilizadas adequadamente, não causam efeito de redução da resistência mecânica das fibras obtidas. Esses processos de beneficiamento a que são submetidas as fibras vegetais após sua obtenção das plantas originárias poderão influenciar nas características das fibras e na sua futura aplicação (Faria, 1993).

Os parâmetros que determinam as características das fibras vegetais são as propriedades físicas, químicas e mecânicas, e do controle de qualidade das matérias-primas. Na indústria têxtil, por exemplo, as fibras passam por inúmeras etapas de beneficiamento, onde são submetidas aos esforços de tração, flexão, torção, ataques químicos e outras ações que influenciam nas mudanças de suas características originais, necessitando o estudo de suas propriedades físico-mecânicas ao longo do beneficiamento. Entretanto, algumas aplicações não promovem mudanças originais das fibras, como por exemplo na produção de manufaturados em crina-látex para conformações de peças automotivas (Cunha, 1996).

4.4 Fibra de Coco

No coqueiro, praticamente tudo é utilizado, da casca do coco são extraídas fibras de diferentes comprimentos que servem para fabricação de diversos artigos como tapetes, sacarias, colchões, acolchoados para a indústria automobilística, escovas, pincéis, capachos, cordas marítimas, cama de animais.

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.), originado no Sudeste asiático, foi introduzido no Brasil, em 1553, procedente da Ilha de Cabo Verde. A maior parte da área cultivada com coqueiro situa-se na região tropical, ocupando cerca de 300.000 hectares

(Ferreira et al., 1994), com os Estados do Nordeste respondendo por mais de 95 % da produção nacional (EMBRAPA, 1993).

O litoral do Nordeste constitui o habitat ideal da cultura em função da melhor pluviosidade, maior proximidade do lençol freático, temperaturas ideais, efeito benéfico da brisa marinha e ventos constantes, impedindo ou dificultando o estabelecimento de doenças. Entretanto, o coqueiro apresenta grande potencial de expansão para as regiões Norte, Centro-Oeste e Sudeste, podendo, inclusive, ser cultivado na região semi-árida do Nordeste, desde que sejam supridas suas necessidades de água (EMBRAPA, 1993). Apesar dos estados nordestinos serem responsáveis pela maior produção, é no Rio de Janeiro que encontramos a segunda maior produtividade média, cerca de 9.505 frutos/ha, ou seja, superior a média nacional que é de 3.618 frutos/ha (IBGE apud Pereira, 1996).

O coqueiro é constituído de uma só espécie (*Cocos nucifera* L.) e duas variedades principais: a gigante e a anã. Dentro da variedade anã ocorrem as três subvariedades: verde, vermelha e amarela. A variedade gigante, que compõe a maioria dos coqueirais em produção, apresenta, geralmente, fecundação cruzada; seu crescimento é rápido e sua fase vegetativa longa (cerca de sete anos). Esta variedade produz, de modo geral, um número médio de frutos grandes (50 a 80 frutos/planta/ano). Ao contrário, a variedade anã apresenta um desenvolvimento vegetativo lento, reproduz-se por autofecundação, é mais precoce - três a quatro anos de crescimento vegetativo - e produz um grande número de frutos pequenos (100 a 120 frutos/planta/ano) (Ferreira et al., 1994).

Os coqueiros da variedade anã são os mais recomendados para implantação de coqueirais, visando o mercado de coco verde, por apresentarem água de melhor sabor, além da precocidade e produtividade que são superiores a variedade gigante (Pereira, 1996). Aquela variedade é rejeitada pela indústria, em função de seu pequeno tamanho e menor espessura da polpa (Ferreira et al., 1994).

A demanda pela indústria e pelo uso doméstico “in natura” é essencialmente de frutos do coqueiro-gigante, devido ao tamanho maior do fruto e maior espessura da sua polpa (albúmen sólido). Os coqueiros híbridos, resultantes do cruzamento das variedades anão e gigante, constituem-se em material de boa qualidade por associar as características favoráveis do fruto do coqueiro gigante com a produtividade e precocidade da

variedade anã. A adoção de critérios adequados na seleção de sementes e mudas propicia ganho em precocidade e produção, com plantações mais homogêneas (Ferreira et al., 1994).

O coqueiro considerado a nível mundial como a “árvore da vida” por seus múltiplos usos e finalidades, é uma rica fonte de alimento e de energia, além de poder ser utilizado na habitação, na movelaria e nas indústrias de cosméticos, margarinas, sabões e de fibras, podendo ser utilizado também em artesanato, entre outros. Este garante divisas externas para os maiores países produtores, através da exportação de seus principais produtos - copra e óleo - além de assegurar milhares de empregos diretos e indiretos à sociedade. No Brasil, a maior demanda pelos óleos vegetais é proveniente de culturas anuais, como a soja e o milho, sendo o coco destinado essencialmente à alimentação humana, quer seja na forma “in natura” - água do fruto verde ou uso doméstico do fruto seco - ou na industrializada (Ferreira et al., 1994).

Estima-se que 40% da produção brasileira de coco destinam-se às agroindústrias, sendo o restante utilizado “in natura” no uso doméstico (50%) e no consumo de água do fruto imaturo - coco verde (10%) (EMBRAPA, 1993).

No coqueiro, segundo Ferreira et al. (1994), praticamente tudo é utilizado: raiz, estipe, inflorescência, folhas, palmito e principalmente o fruto que, mediante uma transformação geralmente simples, gera diversos subprodutos ou derivados, que podem classificar-se em três grupos:

- os produtos utilizados para a alimentação mediante o aproveitamento da matéria albuminosa do fruto;
- os produtos fibrosos, utilizados em particular, pela indústria têxtil; e
- outros produtos diversos de menor importância.

No processamento industrial, seja para extração de óleo de coco, ou seja para a produção de leite de coco, obtém-se um resíduo de grande importância na alimentação animal - a torta de coco - que pode ser ministrado ao rebanho como fonte de proteínas e energia. Outro subproduto, geralmente desperdiçado pela indústria, é a água do coco seco, que poderia ser utilizada para fornecer ao gado açúcares e sais minerais, principalmente potássio (Ferreira et al., 1994). Segundo Child apud Ferreira et al. (1994), cada litro de água de coco maduro contém, aproximadamente, 20g de extrato seco de sais minerais.

Da casca do coco são extraídas fibras de diferentes comprimentos que servem na fabricação de uma diversidade riquíssima de artigos como vestuário, tapetes, sacaria, almofadas, colchões, acolchoados para a indústria automobilística, escovas, pincéis, capachos, cordas marítimas, cama de animais. Os resíduos da matéria vegetal resultante da extração das fibras das cascas possui, geralmente, uma grande umidade que, após uma secagem natural e queima podem retornar ao coqueiral em forma de cinzas que contêm, segundo Frémond apud Ferreira et al. (1994), 30% em K_2O . Caso as cascas não sejam queimadas, pode o produtor incorporá-las ao solo como adubo orgânico fornecendo nesse caso, 3,5% em K_2O (EMBRAPA, 1993).

As características e propriedades da fibra de coco podem ser observadas no Quadro 1.

Quadro 1. Características e propriedades da fibra de coco.

Comprimento da fibra	15 a 33 cm
Diâmetro da fibra	0,05 a 0,4 mm
Cor	marrom-claro a escuro, marrom-avermelhado
Toque	duro, um tanto áspero
Alongamento (alongamento de rotura)	muito alto
Resistência	A seco: fibra técnica 8 a 20 km, fio 8 a 12 km. A úmido: 93% da resistência seca.
Densidade	Muito reduzida, porque a fibra tem grande espaço oco.
Higroscopicidade	Tolerância combinada de umidade 13 %.
Lignificação	Forte
Tingibilidade	Muito boa, contudo só com cores que permitam boa cobertura.

Fonte: Harries e Harries (1976)

Quanto às propriedades químicas da fibra de coco, Han e Rowell (1997) observaram que a fibra de coco possui aproximadamente 44,4% de celulose, 29,3% de lignina, 16,9% de pentosanas, 3,3% de cinzas e 0,4% incluem outros (sílica).

A fibra de coco apresenta uma elasticidade muito grande, maior que nas outras fibras vegetais (colchões para ginástica de saltos). A capacidade de resistir à

umidade e às condições climáticas é igualmente muito grande, podendo-se dizer o mesmo em relação à água do mar. A resistência ao desgaste é enorme (Harries e Harries, 1976).

Aplicações das fibras de coco incluem a manufatura de colchões para saltos, passareiras, tapetes, capachos para limpar os pés e cordame especial para navios, escovas, vassouras e todo material de enchimento ou almofadas.

O coco apresenta epicarpo, camada mais externa fina e lisa, mesocarpo áspero e fibroso - de onde são extraídas as fibras - e endocarpo duro, com uma grande cavidade central onde está a água de coco. Essas camadas do coco estão representadas na Figura 3.

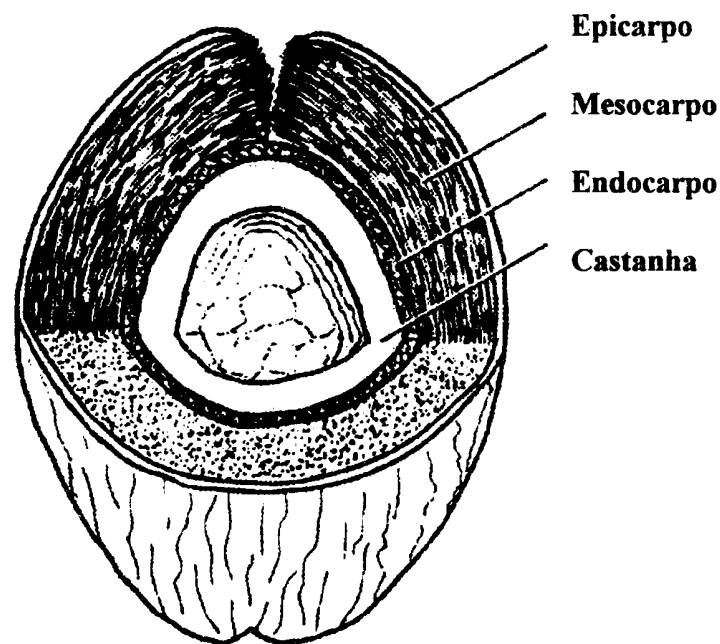


Figura 3. Corte de um coco mostrando suas camadas.
Fonte: Harries e Harries (1976).

Disponibilidade da Fibra de Coco

A produção anual nacional das fibras de coco é superior a 7 mil toneladas, sendo que isto representa o uso de apenas uma pequena parcela do total de 900 milhões de cocos anualmente cultivados no país (IBGE, 1996). Esses dados, somados às características físicas da fibra, demonstram ao menos em parte o porquê do crescente interesse por parte das indústrias em diversificar os usos da fibra de coco, desde a utilização como matéria-prima na confecção de peças de caminhão até como fonte alternativa de energia.

O uso de fibras de coco e de outras fibras vegetais como reforço na fabricação de compósitos poliméricos é uma tecnologia que vários grupos de pesquisa no Brasil e no mundo têm estudado, em resposta à preservação ambiental. O Brasil destaca-se nessa área por possuir a maior biomassa e extensão territorial cultivável do mundo e, por isso indústrias multinacionais, em particular do setor automobilístico, estão investindo no país para o desenvolvimento desses materiais. A Mercedes Benz, já a alguns anos, vem adotando uma política ambientalista, procurando reduzir ao máximo e na medida do possível, o uso de materiais que afetem o meio ambiente, seja na fase de processamento do material ou na fase de descarte final da peça. Aliada a esta filosofia, a Daimler Benz, juntamente com a Mercedes Benz, UNICEF, UNAMAZ e a Universidade Federal do Pará, deram início ao projeto “POBREZA E MEIO AMBIENTE NA AMAZÔNIA”. Este projeto implantado no Pará visa, além das áreas de saúde, educação, saneamento e agrosilvicultura, a área de beneficiamento de produtos agroflorestais. Estão compreendidas nesta área as pesquisas com óleos vegetais, pigmentos vegetais, fibras vegetais e látex (Morassi, 1999)*. Dentre as fibras vegetais, destaca-se o beneficiamento e industrialização da fibra de coco.

* MORASSI, O. J. (MERCEDES-BENZ do Brasil, São Bernardo do Campo). Comunicação pessoal, 1999.

4.5 Reciclagem de Veículos

O termo *reciclagem* em geral traz à mente a imagem de toneladas de papéis, plásticos e principalmente latas de alumínio. Estas atualmente têm a maior taxa de reciclagem, em razão dos esforços da indústria nacional de alumínio, que instituiu até sistemas de troca de latas de refrigerante por bens escolhidos pelo consumidor; permitindo que este obtenha desde material escolar até microcomputadores em troca de latas de alumínio usadas (Santos, 1999).

Segundo Santos (1999), a reciclagem está prestes a expandir-se para outros setores no Brasil, não somente pela vontade de ambientalistas que procuram implantar e manter programas de coleta seletiva e reciclagem pelo país, mas também pela vontade de associações industriais e do governo, que discutem esse assunto para criar o Programa Nacional de Reciclagem.

O principal ponto deste programa será a criação do Programa Nacional de Reciclagem de Veículos, um programa necessário para absorver os veículos retirados de circulação que hoje lotam os pátios dos departamentos de trânsito do país e desperdiçam milhares de toneladas de materiais recicláveis, principalmente aço e ferro, os principais componentes dos veículos. Pode-se entender esta necessidade pela simples observação de alguns dados sobre a frota nacional (Santos, 1999):

- O Brasil tem hoje uma frota estimada de 19 milhões de veículos em circulação, o que representa uma relação de 10 habitantes por veículo;
- é uma frota pequena quando comparada à frota circulante dos Estados Unidos, hoje estimada em mais de 200 milhões de veículos. No entanto, aproximadamente 25% da frota nacional está concentrada na região Metropolitana de São Paulo, que estima-se ter hoje um veículo para cada 2,2 habitantes, liderando o ranking das metrópoles mais motorizadas do mundo, superando Tóquio e Nova York;
- segundo pesquisa realizada pelo Instituto Nacional de Segurança no Trânsito, feita em 1993, que abrangeu uma frota cuja idade média era de 7,8 anos, 85% dos veículos, quando submetidos a uma inspeção nos mesmos moldes do Programa de Inspeção Veicular em implantação a partir deste ano, apresentavam defeitos de natureza média ou grave;

- a idade média da frota circulante no país é de 11,7 anos, segundo dados levantados pela Associação Brasileira de Engenharia Automotiva (AEA) e pela Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA) em 1995.

Pode-se deduzir pelas informações acima apresentadas que o número de veículos retirados de circulação no país deverá apresentar uma tendência de crescimento nos próximos anos, com a introdução do Programa de Inspeção Veicular em implantação, aliado a um programa de renovação da frota. Este fato deverá trazer ao país um incentivo à retirada de circulação de veículos que hoje apresentam condições precárias de segurança e que constituem uma das causas de acidentes de trânsito.

A reciclagem de veículos, que hoje é um programa em formação no país, já é uma instituição consagrada em muitos países da Europa, como Alemanha, Itália e Suécia, no Canadá e Estados Unidos. Nestes países, foram criados centros de desmontagem de veículos, responsáveis pelo recebimento dos carros que saem de circulação e que executam a drenagem de fluidos (combustíveis, lubrificantes, etc.), remoção das partes para reutilização, reciclagem e trituração da carcaça metálica.

Além disso, os fabricantes também tiveram que introduzir modificações nos veículos, como a identificação das partes e componentes, a introdução da utilização de materiais reciclados como matéria-prima, criação de sistemas e mecanismos para facilitar a desmontagem dos veículos.

Foram necessárias também leis e normas para regular a reciclagem nesses países. Estas leis e normas estabelecem, por exemplo, as metas mínimas para a reciclagem de veículos a serem retirados de circulação e a inclusão de informações sobre sua composição, procedimentos para a desmontagem e reciclabilidade de seus componentes (Figura 4).

No entanto, tudo isso só é possível se acompanhado de uma conscientização ecológica dos consumidores, os quais passarão a exigir materiais recicláveis nos seus futuros automóveis. Consolidando dessa forma, a reciclagem de materiais dos veículos e a utilização de materiais reciclados nos carros como partes integrantes do ciclo de vida dos automóveis.

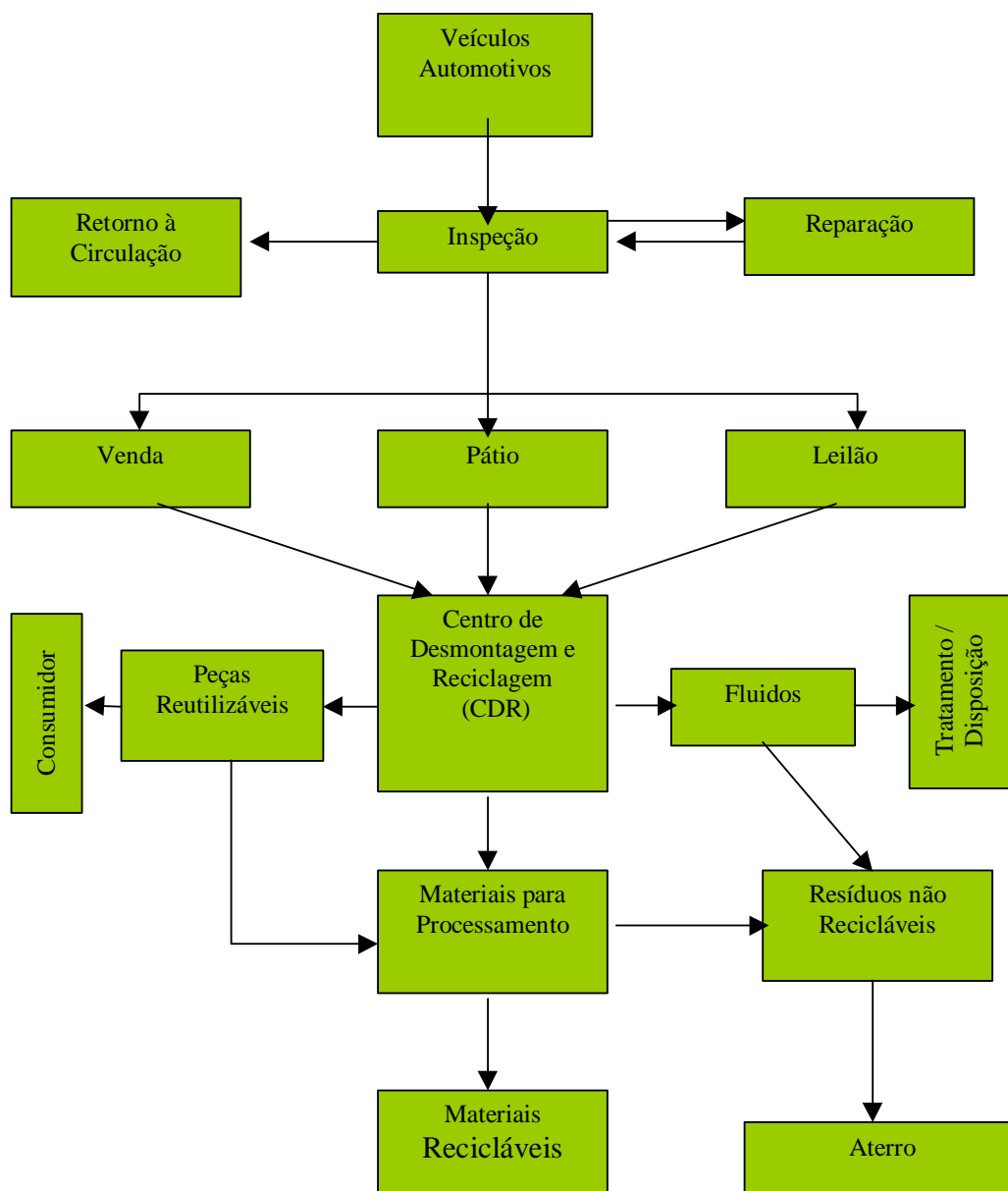


Figura 4. Modelo proposto para o Sistema Nacional de Reciclagem de Veículos (Santos, 1999).

De acordo com Santos (1999), atualmente, o veículo é o produto mais reciclado no mundo, que atinge a marca de 85% de reciclagem na categoria de passageiros. Nos Estados Unidos, por exemplo, 95% dos veículos em circulação entram no sistema de reciclagem, o que por comparação com outros materiais, como o alumínio, com 61% das latas recicladas, os produtos de papel, com 30% e os produtos de vidro, com 20% eleva os carros à condição de produto com maior índice de reciclagem naquele país.

Os veículos são compostos por mais de 75% de metais ferrosos, que são facilmente recicláveis. No entanto, o restante dos materiais representam o maior desafio para as montadoras e a indústria de reciclagem. São os componentes e peças feitos por materiais como plásticos, espuma, borrachas, vidros, e outros, que em geral não estão identificados nos veículos antigos, ou encontram-se intimamente misturados a outros materiais, como é o caso das espumas injetadas com suportes metálicos, impossibilitando ou dificultando a reciclagem (Santos, 1999).

A Associação de Engenheiros Automotivos (AEA) propôs um Sistema Nacional de Reciclagem de Veículos, que visa:

- Criar indústrias de reciclagem de materiais adaptadas para reciclar materiais advindos dos Centros de Desmontagem de Veículos (CDR's);
- incentivar o desenvolvimento de tecnologias de reciclagem de baixo custo e de baixo valor de investimento inicial;
- desenvolver peças e componentes utilizando materiais reciclados para aplicação em veículos novos;
- adaptar as peças e componentes dos veículos para a desmontagem, reduzindo o tempo do processo e necessidade de máquinas e equipamentos para a desmontagem;
- desenvolver novas aplicações de materiais reciclados, os quais poderiam apresentar em sua composição fibras vegetais; e
- criar leis e normas para regular a reciclagem e a utilização de materiais reciclados, sem prejuízo à qualidade e segurança dos produtos.

Pensando-se na futura reciclagem dos veículos, as fibras vegetais têm apresentado um enorme potencial de aplicação na indústria automobilística, principalmente para o revestimento interno de automóveis, ônibus e caminhões, em partes como portas laterais e do bagageiro, teto, painéis, assentos e apoios de cabeça.

Como exemplo, pode-se citar a Mercedes-Benz do Brasil, que em 1994 consumiu cerca de 5.570 toneladas de materiais naturais renováveis, das quais 4.000 toneladas foram de borracha natural, 60 de fibra de juta e coco e, 160 de algodão. Outras fibras vegetais também têm sido aplicadas em veículos, como por exemplo a fibra de rami com resina poliéster (formando um composto forte e resistente) no pára-sol externo, onde era empregada a fibra de vidro com resina poliéster. A resistência do rami também pode levar a seu uso nos pára-choques, juntamente com a fibra do sisal (Morassi, 1999)*.

4.6 Aspectos Toxicológicos

Antes de se aplicar um determinado material no interior de um veículo é importante avaliar qual o destino final que poderá ser dado ao mesmo após a sua vida útil, sem prejuízos ao meio ambiente. Supondo-se que o assento do veículo feito de espuma de poliuretano ou a base de fibra de coco com látex venha a ser disposto em um aterro ou seja reciclado é importante avaliá-lo do ponto de vista toxicológico para verificar se seus componentes podem comprometer a sua disposição final e/ou reciclabilidade.

As preocupações ambientais, em relação à poluição por metais pesados, surgem devido a propriedade desses metais se acumularem no ambiente. No caso do solo, geralmente se fixam na camada de 0-20 cm de profundidade, que apresenta maior índice de fertilidade e é a mais utilizada para fins agrícolas (Sadovnikova e Zyrin, 1986).

As fontes antropogênicas mais comuns de metais pesados no ambiente são fertilizantes, pesticidas, água de irrigação contaminada, combustão de carvão e óleo, emissões veiculares, incineração de resíduos urbanos e industriais e, principalmente, mineração, fundição e refinamento (Tavares e Carvalho, 1992). Uma importante fonte de contaminação do ar e solos por metais pesados é a incineração de lixo urbano, do total de

* MORASSI, O. J. (MERCEDES-BENZ do Brasil, São Bernardo do Campo). Comunicação pessoal, 1999.

metais pesados colocados em incineradores, aproximadamente 95% de Hg; 90% de Cd; 33% de Pb e 27% de Zn são perdidos na forma de gases e particulados (Egreja Filho, 1993).

4.6.1 Chumbo - Pb

A intoxicação aguda por chumbo inclui sintomas como anorexia, vômito, mal-estar e convulsões; pode causar danos permanentes ao cérebro e lesões renais reversíveis. Em estudo realizado em crianças com intoxicação crônica, observou-se a perda de peso, fraqueza, anemia e déficit do comportamento neural. Os adultos apresentam vagas queixas gastrointestinais e no Sistema Nervoso Central; cólicas raramente ocorrem. As queixas gastrointestinais incluem dores abdominais, náusea, anorexia, vômito, constipação, diarreia e, um gosto metálico na boca tem sido relatado em intoxicação crônica (Micromedex, 1974 - 1999). A maioria dos envenenamentos por chumbo é lenta no começo e resulta a partir de acumulação gradual de chumbo a partir de fontes de baixa solubilidade tal como tinta de chumbo ou pó industrial.

A ingestão de sais rapidamente absorvidos causa uma síndrome aguda de lesões hepáticas, hemólise, anorexia, vômito, mal-estar, e ataques devido à pressão intracranial aumentada assim como efeitos da exposição crônica (Micromedex, 1974 - 1999). O chumbo é absorvido primariamente através do intestino. Essa absorção é aumentada na presença de ferro, zinco e, deficiência de cálcio (Mahaffey apud Micromedex, 1974 - 1999). De acordo com o mesmo autor, a absorção através dos pulmões é provável se o pó inalado encontra-se em um estado fino particulado; sintomas tendem a desenvolver-se mais rapidamente a partir de absorção que via ingestão.

4.6.2 Cobre - Cu

Compostos de cobre podem ser tóxicos por inalação, ingestão, e exposição da pele e olhos. A exposição da pele pode causar dermatites de contato, irritantes ou

alérgicas. A exposição dos olhos pode resultar em irritação grave a partir da ação mecânica de partículas de cobre alojadas (Micromedex, 1974 - 1999).

Grant apud Micromedex (1974 - 1999) relata que o cloreto de cobre produz irritação grave dos olhos e opacificação permanente da córnea em ratos.

4.6.3 Cádmio - Cd

É um elemento que encontra vários usos e aplicações tecnológicas tais como: em fungicidas, em baterias de Cd-Ni, no tratamento da borracha, na produção de pigmentos, entre outros. O cádmio é utilizado principalmente em indústrias de galvanoplastia, em que o metal é depositado sobre os objetos proporcionando-lhes brilho e resistência à corrosão (Moore e Ramamoorthy, 1984).

O cádmio não desempenha função biológica nos seres humanos e não é um micronutriente necessário para as plantas. Contaminações pelo elemento ocorrem nos ambientes onde há emissão de aerossóis e poeiras ricas em Cd, que é inalado causando danos pulmonares sob a forma de enfisema, fibrose peribronquial - perivascular e dispnéia. Os alimentos são contaminados através do solo pelo uso de adubos, lodo de esgoto ou pesticidas usados na agricultura (Larini, 1987).

Uma simples exposição aguda à inalação do fumo de óxido de cádmio pode causar, após várias horas, garganta seca, tosse, resfriados, dores no peito, dificuldade de respiração e, potencialmente edema pulmonar fatal. O óxido de cádmio é inodoro e o envenenamento sanguíneo a partir do fumo pode ocorrer em concentrações baixas também e causar irritação. Danos ao rim ou fígado podem ocorrer vários dias após em sobreviventes de exposição aguda, e sintomas respiratórios podem persistir por meses. No caso de exposição oral seguida de ingestão podem ocorrer dores gastrointestinais graves e vômitos (Micromedex, 1974 - 1999).

Exposições crônicas ao cádmio tem sido associadas com enfisema progressivo grave, danos renais incluindo disfunção renal tubular com proteinúria, osteomalácia - mineralização inadequada da matriz óssea, representando no adulto o raquitismo infantil; osteoporose - definida como uma redução excessiva do mineral e matriz

óssea; e possível câncer do trato respiratório e próstata (Micromedex, 1974 - 1999). Edema pulmonar pode-se desenvolver rapidamente, com dispnéia progressiva, capacidade vital diminuída e capacidade de difusão do monóxido de carbono reduzida. A morte pode ocorrer por asfixia devido a edema pulmonar intenso (Grosselin et al. apud Micromedex, 1974 - 1999).

O óxido de cádmio por ser um carcinógeno ocupacional; tem sido associado com câncer da próstata e trato respiratório. Pessoas com doenças respiratórias ou renais podem ser hipersusceptíveis ao óxido de cádmio e devem ser excluídas da exposição (Micromedex, 1974 - 1999).

O cádmio é um dos venenos profissionais e ambientais mais perigosos. O conteúdo de cálcio da dieta alimentar tem relação muito estreita com a absorção do metal pela via gastrointestinal e por conseqüência o acúmulo no organismo. As interações entre o cálcio e o metal podem ocorrer em fases diferentes do metabolismo (absorção, distribuição e eliminação) (Brzozka e Moniuszko, 1998).

4.6.4 Níquel - Ni

Efeitos adversos podem resultar a partir da ingestão, contato da pele, inalação ou rotas parenterais de exposição. Exposições orais são geralmente não muito perigosas. Quanto a pele, dermatite de contato é a reação mais comum à níquel. É estimado que 5% de todos eczemas são reações à níquel (Micromedex, 1974 - 1999).

Krushell e Burnett apud Micromedex (1974 - 1999) relataram que o níquel pode ser o sensibilizador mais comum à reações dérmicas em mulheres devido a exposição à moedas, relógios, apliques de cozinha e jóias contendo níquel.

Casarett e Doull's (1986) relataram que o níquel é um elemento carcinógeno às vias respiratórias e que tem sido demonstrado durante 40 anos que a exposição ocupacional ao Ni predispõe o homem ao câncer de pulmão, laringe e nasal.

4.6.5 Zinco - Zn

O zinco é intensamente utilizado na indústria devido às suas propriedades químicas e metalúrgicas. O maior uso do zinco é na galvanização de produtos de ferro (Fe), proporcionando uma cobertura resistente à corrosão. É utilizado em baterias, fertilizantes, televisores, aros e rodas de veículos. Compostos de zinco são usados também em tintas, plásticos, borrachas, desinfetantes, antissépticos, inseticidas, pigmentos, talco, em alguns cosméticos como pós e bases faciais e produtos farmacêuticos como, por exemplo, complexos vitamínicos (Lester, 1987; Schvartsman, 1991).

De acordo com a rota de exposição ao zinco, os sintomas variam. A exposição à inalação do pó de bronze (70% cobre, 30% estearato de zinco) pode resultar em uma bronquite severa e broncopneumonia. O contato da pele, especialmente com dicromato de zinco, pode causar lesões papilovesiculares com esfoliação. Isto é provavelmente devido ao íon dicromato, porque sais dicromato são altamente corrosivos em contato com a pele. Quanto aos olhos, a exposição a altas concentrações de sais de zinco podem causar opacificação das lentes, pressão intraocular reduzida, e deposição de pigmento na superfície posterior da córnea (Micromedex, 1974 - 1999).

Soluções de sais de zinco podem resultar em vômitos, diarreia, cólicas, possível estenose esofágica e nefrite. A inalação de vapores pode gerar febre, vômitos, calafrios, traqueobronquite e pneumonia. A inalação crônica de estearato de zinco pode resultar em fibrose pulmonar difusa; a aspiração de talco em crianças pode gerar congestão, edema, obstrução de bronquíolos e broncopneumonia. Alimentos ácidos em latas de zinco podem resultar em náuseas e vômitos intensos (Schvartsman, 1991).

4.6.6 Crômio - Cr

Somente as formas tri e hexavalentes têm significação biológica, sendo consideradas essenciais para os animais. Crômio e seus compostos são encontrados na atmosfera urbana, na água potável e em alimentos, principalmente gorduras animais. São

utilizados nos processos de cromeação, na fabricação de tintas, pigmentos, aços e couros (Schvartsman, 1991).

A exposição aguda ao crômio via ingestão produz corrosão do trato gastro-intestinal, choque multi-sistêmico agudo, falhas renais e lesão hepática. Compostos de crômio hexavalente tem sido relatados como sendo responsáveis por efeitos como mucosa nasal ulcerada, septo nasal perfurado, rinite, tímpanos perfurados, edema pulmonar, broncoespasmo, danos renais, erosão e descoloração do dente, dermatite irritante primária, sensibilização a dermatite, e ulceração da pele (Micromedex, 1974 - 1999).

A exposição crônica a certos compostos de crômio hexavalente, principalmente solúveis em água, tem sido relatada como um risco maior ao câncer de pulmão (Micromedex, 1974 - 1999).

Quanto aos olhos pode ocorrer lesão da córnea grave a partir do contato ocular com soluções sólidas ou concentradas de ácido crômico e outros sais hexavalentes (Grant apud Micromedex, 1974 - 1999).

4.6.7 Arsênio - As

Encontrado naturalmente no solo e na água, em geral sob a forma pentavalente, ou como poluente ambiental, apresentando-se nesse caso mais sob a forma trivalente. Parte do arsênio atmosférico é originado da queima do carvão e de atividades industriais. É um constituinte normal de alimentos, havendo alguns, como animais marinhos, carne de porco e fígado de vaca, que apresentam níveis relativamente maiores (Schvartsman, 1991).

O arsênio e seus compostos são utilizados como inseticidas, herbicidas, preservativos de madeiras, aditivos para óleos lubrificantes, na fabricação de tintas de navios, de papéis de parede e de flores artificiais, na indústria de vidro, de papel e de ligas metálicas (Schvartsman, 1991).

A intoxicação aguda por compostos de arsênio inorgânicos pode resultar em distúrbios gastrointestinais que podem aparecer 30 minutos após a ingestão, disfagia, salivação, às vezes hálito de odor aliáceo, vômitos, cólicas abdominais intensas,

diarréia, desidratação, delírios e coma. Os distúrbios hidroeletrólíticos são graves, de aparecimento rápido e geralmente seguidos de hipotensão, choque e óbito. Este, que geralmente ocorre nas primeiras 24 horas, é quase sempre precedido por convulsões e coma (Schvartsman, 1991).

A ingestão de doses menores determina um quadro menos grave, mas que pode se prolongar por longos períodos. Os distúrbios gastrointestinais são menos intensos, mas as manifestações sistêmicas podem ser observadas, particularmente neurológicas, compreendendo cefaléia, tonturas, agitação psicomotora, alucinações, delírios, tremores, distúrbios visuais e paralisias variadas. Lesões hepáticas ou renais podem aparecer nos sobreviventes (Schvartsman, 1991).

Compostos de arsênio são irritantes para pele, olhos e membranas mucosas. Exposição aguda por inalação tem resultado em irritação do trato respiratório superior (Hathaway et al. apud Micromedex, 1974 - 1999).

A intoxicação crônica pode-se iniciar por mal-estar e fadiga, evidenciando-se posteriormente distúrbios gastrointestinais, hiperpigmentação geralmente no pescoço, pálpebras e axilas, alterações de unhas, edemas localizados, hiperqueratose, hálito e transpiração de odor aliáceo, estomatite, coriza, lacrimejamento e formigamento das extremidades. Descrevem-se ulcerações do septo nasal e da pele após exposição prolongada. Pode ocorrer lesão hepática com eventual cirrose, bem como lesões glomerulares e tubulares (Schvartsman, 1991).

Existem certas evidências epidemiológicas sugerindo que a exposição industrial ao arsênio está relacionada com aumento da incidência de câncer cutâneo e de vias respiratórias. Admite-se também possível efeito bociogênico do arsênio ingerido continuamente e observou-se ruptura crômiossômica em leucócitos humanos por ele determinada, assim como efeito teratogênico evidenciado experimentalmente (Schvartsman, 1991).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Processamento de mantas a base de fibra de coco e látex

Afim de se conhecer melhor o processo de beneficiamento e industrialização da fibra de coco para produção de mantas, realizou-se um estágio de 45 dias junto a uma Unidade Operacional desse produto. Essa Unidade de beneficiamento e industrialização da fibra de coco fica localizada na comunidade de Praia Grande, no município de Ponta de Pedras, Ilha do Marajó, no Estado do Pará.

Durante esse estágio foram coletados dados a respeito de todo o processo de beneficiamento da fibra de coco até a produção de mantas a base de fibra de coco com látex para aplicação em veículos, incluindo entrevistas com a comunidade local e funcionários.

5.2 Análise de Compressão e Torção

Os materiais analisados neste trabalho foram:

- Mantas de fibra de coco com látex
- Espuma de poliuretano

As amostras de espuma de poliuretano foram fornecidas pela Empresa Sanko de Diadema - SP. Já a manta de fibra de coco foi fornecida pela PRONAMAZON, responsável pelo Setor de Beneficiamento e Industrialização da Fibra de Coco na Ilha do Marajó – Pará.

Em estudo preliminar, as amostras de espuma de poliuretano e de manta de fibra de coco com látex foram cortadas nas dimensões 4 x 4 x 5, 5 x 5 x 5 e 6 x 6 x 5 cm, com objetivo de verificar o efeito das dimensões nas deformações volumétricas dos materiais em estudo.

Com o objetivo de testar a qualidade e conhecer a vida útil de assentos a base de fibra de coco e látex comparando-os aos assentos de poliuretano, projetou-se um equipamento que faz a compressão e torção simultâneas de amostras de ambos os materiais, simulando o que ocorre em um assento veicular ao ser utilizado (Figura 5). É importante salientar que a maioria das indústrias automobilísticas só faz os testes de compressão para os materiais aplicados em assentos, não se tendo notícia de testes de torção.

No Quadro 2 tem-se um esquema da amostragem e respectivos tratamentos dos materiais em estudo.

Quadro 2. Amostragem e número de tratamentos por tipo de material.

Material	TRATAMENTOS						
	Natural	Envelhecido					
		com umidade			sem umidade		
		7*	30	45	7	30	45
Manta de fibra de coco	20 ¹	20	20	20	20	20	20
Espuma de poliuretano	20	20	20	20	20	20	20

* período de envelhecimento em dias

¹ número de amostras

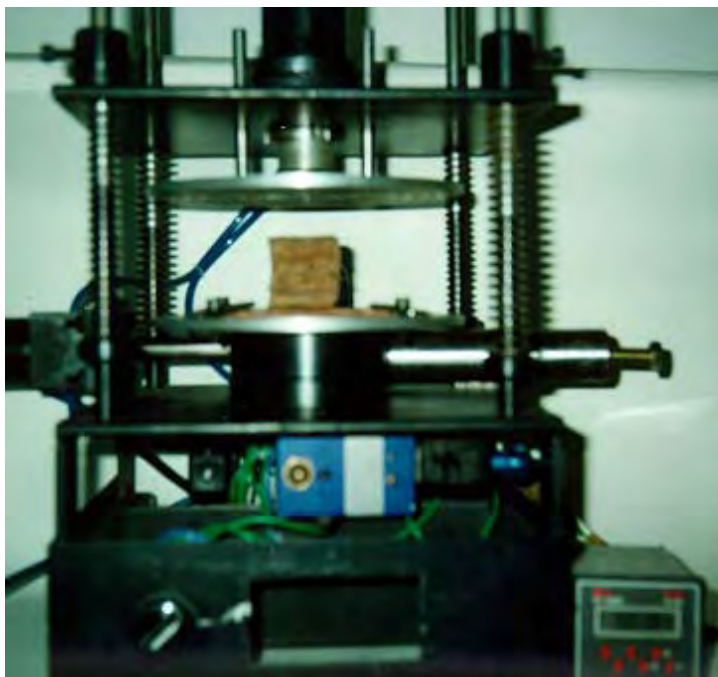


Figura 5. Equipamento de Compressão e Torção.

As amostras foram sorteadas ao acaso, sendo 20 amostras de manta de fibra de coco com látex e 20 amostras de espuma de poliuretano para cada um dos seguintes grupos:

- **NATURAL:** amostras não envelhecidas.
- **ENVELHECIDO:** O processo de envelhecimento acelerado foi realizado em estufa com circulação de ar à temperatura entre 70 e 75°C por períodos de 7, 30 e 45 dias com e sem umidade.

As amostras envelhecidas com umidade foram dispostas em bandejas específicas - com tela interna sobre uma camada de água e com tampa - como mostra a Figura 6. Já as amostras que sofreram envelhecimento acelerado sem umidade, foram dispostas em bandejas comuns, como mostra a Figura 7.



Figura 6. Bandeja para envelhecimento acelerado das amostras com umidade.



Figura 7. Bandeja para envelhecimento acelerado das amostras sem umidade.

De acordo com a norma NBR 9179 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1985), relativa a espumas flexíveis de poliuretano - ensaio de envelhecimento em autoclave, amostras mantidas durante 5 horas a 121°C no interior da autoclave e depois colocadas em estufa com circulação forçada de ar durante 3 horas a 70 ± 2 °C, sofrem um envelhecimento acelerado equivalente a 5 anos. Dessa forma, considerando que as amostras foram envelhecidas durante 7, 30 e 45 dias a uma temperatura entre 70 e 75°C em estufa com e sem umidade, isso equivale dizer que tem-se amostras envelhecidas a um mínimo de 35 anos.

As amostras com e sem envelhecimento tiveram suas dimensões medidas com o auxílio de um paquímetro antes dos testes de compressão e torção, e em seguida foram coladas em uma chapa aglomerada Duratex de 10 x 10 cm, sendo que a cola utilizada foi a SIKAFLEX TECHNIQUE 255 FC, a qual está seca após 24 h; tornando possível o início dos testes no equipamento de compressão e torção.

Supondo que o usuário do veículo sente e levante do assento pelo menos 10 vezes ao dia, ou seja, 10 ciclos; em um ano seriam 4000 ciclos. Considerando que em alguns dias do ano, ocorram mais que 10 ciclos ao dia, resolveu-se realizar 5000 ciclos em cada amostra simulando o envelhecimento natural do assento durante um ano de uso. É importante ressaltar que cada ciclo compreende uma compressão e uma torção da amostra. Após sofrer os 5000 ciclos, a amostra foi medida novamente em seus quatro cantos, com o auxílio do paquímetro, sendo possível verificar se a mesma teve sua altura reduzida ou não, e qual a deformação ocorrida na mesma.

Para facilitar a apresentação dos dados referentes a fibra de coco com látex e à espuma de poliuretano antes e após os ensaios de compressão e torção; a codificação utilizada foi a seguinte:

- Corpos de prova de mantas de fibra de coco antes da deformação:

Arestas: A1Ca, A2Ca, A3Ca, A4Ca → Aresta i de Coco antes da deformação

Lados: L1Ca, L2Ca → Lado i de Coco antes da deformação

Volume: $V_{Ca} = (L1Ca)(L2Ca)(A1Ca + A2Ca + A3Ca + A4Ca) \div 4$

$V_{Ca} = \underline{V}olume de Coco antes da deformação$

- Corpos de prova de mantas de fibra de coco depois da deformação:

Arestas: A1Cd, A2Cd, A3Cd, A4Cd

Lados: L1Cd, L2Cd

Volume: $VCd = (L1Cd)(L2Cd)(A1Cd + A2Cd + A3Cd + A4Cd) \div 4$

- Corpos de prova de espuma antes da deformação:

Arestas: A1Ea, A2Ea, A3Ea, A4Ea

Lados: L1Ea, L2Ea

Volume: $VEa = (L1Ea)(L2Ea)(A1Ea + A2Ea + A3Ea + A4Ea) \div 4$

- Corpos de prova de espuma depois da deformação:

Arestas: A1Ed, A2Ed, A3Ed, A4Ed

Lados: L1Ed, L2Ed

Volume: $VEd = (L1Ed)(L2Ed)(A1Ed + A2Ed + A3Ed + A4Ed) \div 4$

- Tratamentos:

T₁ = Manta de fibra de coco com látex + 7 dias + umidade + compressão e torção;

T₂ = Manta de fibra de coco com látex + 30 dias + umidade + compressão e torção;

T₃ = Manta de fibra de coco com látex + 45 dias + umidade + compressão e torção;

T₄ = Manta de fibra de coco com látex + 7 dias + sem umidade + compressão e torção;

T₅ = Manta de fibra de coco com látex + 30 dias + sem umidade + compressão e torção;

T₆ = Manta de fibra de coco com látex + 45 dias + sem umidade + compressão e torção;

T₇ = Espuma de Poliuretano + 7 dias + umidade + compressão e torção;

T₈ = Espuma de Poliuretano + 30 dias + umidade + compressão e torção;

T₉ = Espuma de Poliuretano + 45 dias + umidade + compressão e torção;

T₁₀ = Espuma de Poliuretano + 7 dias + sem umidade + compressão e torção;

T₁₁ = Espuma de Poliuretano + 30 dias + sem umidade + compressão e torção;

T₁₂ = Espuma de Poliuretano + 45 dias + sem umidade + compressão e torção;

T₁₃ = Manta de fibra de coco com látex + compressão e torção; e

T₁₄ = Espuma de Poliuretano + compressão e torção.

5.2.1 Metodologia Estatística

Para o estudo da deformação dos corpos de prova dos materiais manta de fibra de coco e espuma, segundo os tratamentos já definidos, foram utilizados modelos de regressão linear simples.

5.2.1.1 Estudo da deformação volumétrica

Para o estudo da deformação volumétrica, foram utilizados os modelos de regressão linear simples (Draper & Smith, 1998), cujos modelos para o coco e espuma, estão representados em (1) e (2).

$$(VCd)_j = \beta_{cj}(VCa)_j + e_i \quad (1)$$

$$(VEd)_j = \beta_{ej}(VEa)_j + e_i \quad (2)$$

onde, os índices: $j=1, 2$ e 3 para o coco e $j=4, 5$ e 6 para espuma; $i=1, 2, \dots, n$ (observações); β_{cj} e β_{ej} são respectivamente os parâmetros da inclinação ou coeficientes angulares das retas para o coco e espuma; e_i é o componente aleatório, que segue um modelo normal com média zero e variância constante σ^2 , isto é, $e_i \sim N(0, \sigma^2)$.

Estes modelos foram inicialmente ajustados para cada um dos tratamentos (T_1 a T_{14}), com o objetivo de comparação dos intervalos de confiança dos coeficientes angulares β_i para cada tratamento dentro de cada grupo de materiais (coco e espuma), como também, comparação entre grupos de materiais. Quando existir intercepto entre os intervalos de confiança para β , à 95% de confiabilidade; isto equívale à um teste de hipóteses, cuja hipótese $H_0: \beta_1=\beta_2$ não é rejeitada, contra a hipótese alternativa H_a : existe diferença entre pelo menos dois betas.

5.2.1.2 Estudo da capacidade de recuperação do volume inicial

O estudo da Capacidade de Recuperação do Volume Inicial é importante pois, mesmo havendo uma deformação volumétrica num material ensaiado, este permite avaliar a capacidade de retorno ao seu estado inicial.

Para o estudo da dinâmica de retorno, foi utilizado o modelo de regressão não-linear (Draper & Smith, 1998), ajustado para cada uma das repetições dos tratamentos (T_1 a T_{14}) e representado em (3).

$$Y_{ij} = \alpha - \beta \exp(-\gamma t_i) + e_{ij} \quad (3)$$

onde os índices:

$j = 1, 2, \dots, 14$ (tratamentos);

$i = 1, 2, \dots, n$ (amostras);

$t =$ tempo;

Y_{ij} = diferença percentual de volume na amostra i e no tratamento j ;

α é a assíntota do modelo;

e_{ij} = componente aleatório ou ruído na amostra i e no tratamento j

A diferença percentual de volume Y_{ij} para a manta de fibra de coco e espuma é respectivamente calculada por:

$$Y_{ij} = \frac{(VCD - VCA)100}{VCA} \quad (4)$$

$$Y_{ij} = \frac{(VED - VEA)100}{VEA} \quad (5)$$

β e γ são parâmetros de forma, relacionados a taxa instantânea de deformação percentual volumétrica, isto é, a inclinação da reta tangente à curva em um dado tempo t . Após o processo de estimativa dos parâmetros, pode-se escrever:

$$\hat{Y} = \hat{\alpha} - \hat{\beta} \exp(-\hat{\gamma}t)$$

A expressão que fornece a tangente à curva é dada por:

$$\hat{Y}' = \frac{d}{dt}[\hat{Y}] = \frac{d}{dt}[\hat{\alpha} - \hat{\beta} \exp(-\hat{\gamma}t)] = \hat{\beta} \hat{\gamma} \exp(-\hat{\gamma}t)$$

\hat{Y}' = taxa instantânea de deformação percentual volumétrica ou taxa instantânea de retorno.

Pode-se avaliar os efeitos dos parâmetros no componente determinístico $f(t)$, caracterizado pela função exponencial do modelo descrito em (3), construindo-se curvas (Figura 8), cuja representação é dada por: $f(t) = \alpha - \beta \exp(-\gamma t)$.

Para comparação dos parâmetros do modelo de Regressão não Linear (α , β e γ), referentes a cada um dos tratamentos, foi feita Análise de Variância não paramétrica com aplicação do teste de Kruskal-Wallis (Campos, 1983). As comparações múltiplas foram realizadas pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) (Zar, 1996) e as comparações entre dois tratamentos foram feitas pelo teste de Mann-Whitney (Zar, 1996), ao nível de 5% de significância.

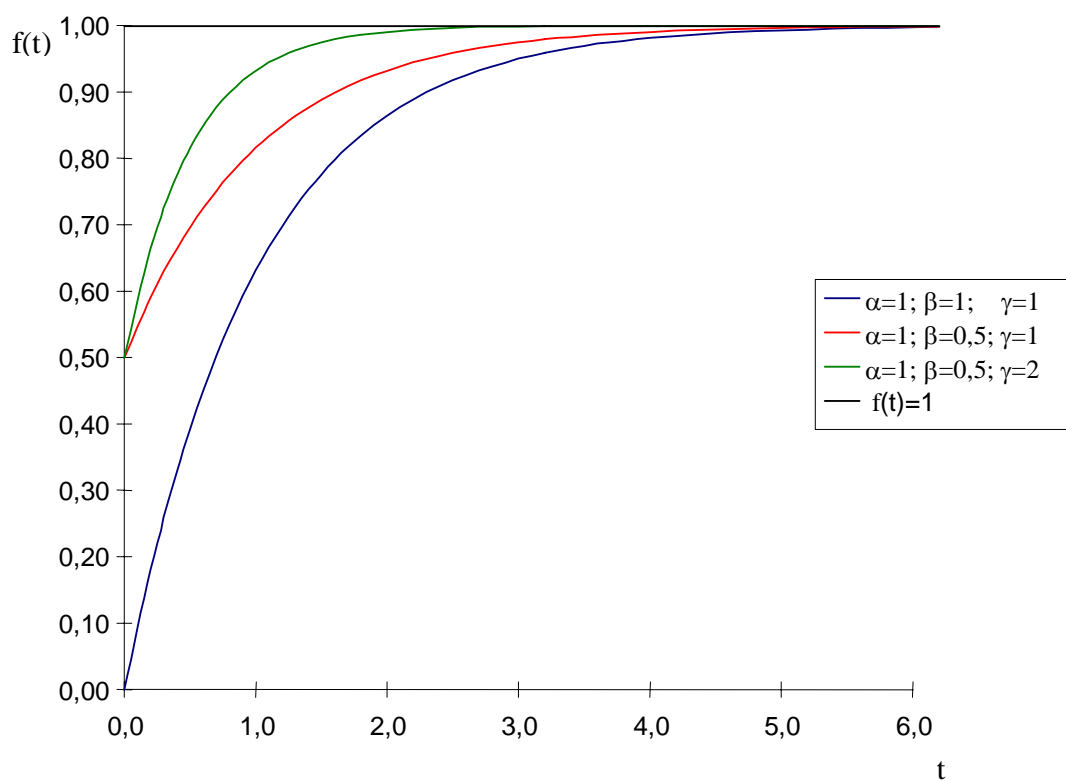


Figura 8 - Representação gráfica da função exponencial: $f(t) = \alpha - \beta \exp(-\gamma t)$

5.3 Ensaio de Compressão

Foram realizados testes de compressão em amostras de mantas de fibra de coco com látex e em espuma de poliuretano sem envelhecimento acelerado. Esses testes foram realizados utilizando-se uma Máquina Universal de Ensaio DL - 10.000, da EMIC - Equipamentos e Sistemas de Ensaio Ltda (Figura 9).

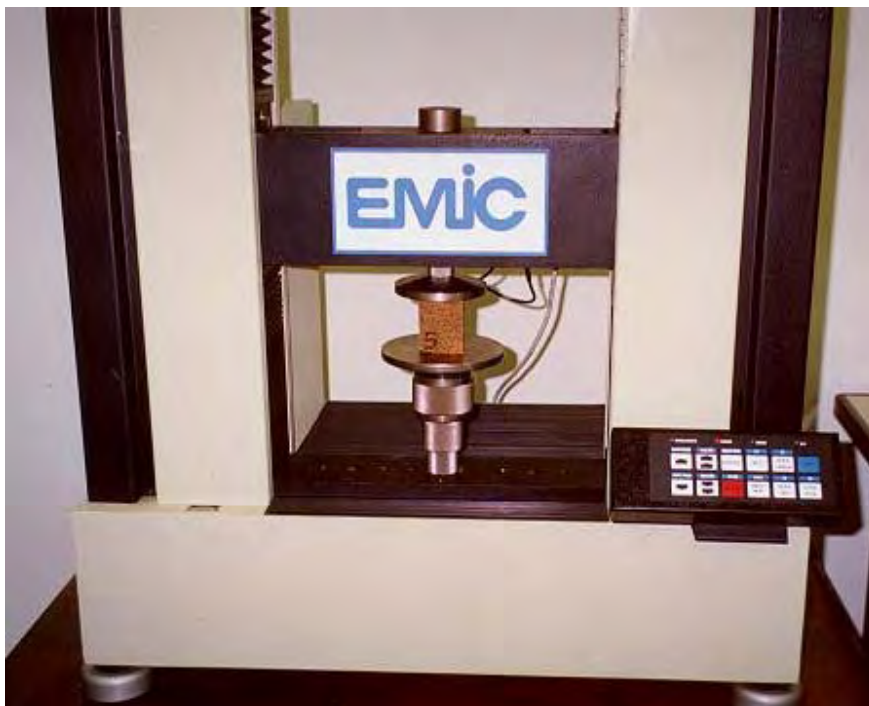


Figura 9. Máquina Universal de Ensaio DL - 10.000.

5.3.1 Método de ensaio adotado

Devido ao fato de não existir uma norma específica para o ensaio de compressão em mantas de fibra de coco, adaptou-se a norma (ASTM D143, 1994) existente para ensaios de materiais de origem vegetal como, por exemplo, a madeira.

Uma vez que a norma de ensaio de compressão para madeira exige pelo menos 6 amostras, resolveu-se extrapolá-la e foram sorteadas ao acaso 15 amostras de espuma de poliuretano e 15 de manta de fibra de coco com látex. Em um estudo preliminar do ensaio de compressão de amostras de espuma e de mantas de fibra de coco com látex, fez-se esse ensaio em amostras de diferentes dimensões (40 x 40 x 50 mm, 50 x 50 x 50 mm e 60 x 60 x 50 mm) utilizando-se a célula de carga de 100 kgf (ou 1000 N) para todas as amostras de fibra de coco e apenas para a espuma de dimensão 60 x 60 x 50 mm. Para as amostras de espuma das outras dimensões já citadas utilizou-se a célula de carga de 10 kgf (ou 100 N).

A carga foi aplicada monotonicamente a uma velocidade de ensaio de 0,5 mm/s até ser atingida a deformação de 40 mm para cada amostra. Nesta etapa final de

deformação, os resultados foram estipulados em termos de Força (N), Energia (N.mm) e a Tensão (MPa) no ponto PT das amostras testadas. Nos relatórios de ensaio, o ponto PT referido é o correspondente à compressão com deformação de 40 mm.

5.4 Análise de Metais

Tendo em vista que o material em estudo é um componente interno do veículo podendo comprometer a sua reciclabilidade e/ou disposição final, realizou-se a análise de metais (chumbo, cádmio, níquel, crômio, cobre, zinco, arsênio) em função da sua importância toxicológica.

Essa análise foi realizada por mineralização a seco e a úmido com ácido nítrico concentrado (HNO₃) p.a., junto ao Centro de Toxicologia (CEATOX) do Instituto de Biociências da UNESP – Campus de Botucatu; com a finalidade de verificar qual destas metodologias para o preparo das amostras seria mais adequada.

5.4.1 Preparação das soluções padrão

As soluções padrão de Pb, Cu, Cd, Ni, Zn, Cr e As foram preparadas a partir de soluções estoque de cada metal (1 g/L ou 1000 ppm) as quais foram diluídas sucessivamente para se obterem as curvas de calibração de cada metal, conforme indica o Quadro 3.

Quadro 3. Concentração das soluções padrão de Pb, Cu, Cd, Ni, Zn, Cr e As para análise de metais por espectrofotometria de absorção atômica.

Soluções Padrão	Concentração (µg/mL)				
	1	2	3	4	5
Pb	0,25	0,50	1,0	2,0	4,0
Cu	0,25	0,50	1,0	2,0	-
Cd	0,10	0,20	0,50	1,0	-
Ni	2,50	5,0	10,0	20,0	-
Zn	0,50	1,0	2,0	4,0	-
Cr	1,0	2,0	4,0	8,0	-
As	2,50	5,0	10,0	20,0	-

As curvas de calibração dos metais para a determinação dos elementos Pb, Cu, Cd, Ni, Zn, Cr e As nas amostras de fibra de coco, espuma de poliuretano e fibra de coco com látex são apresentadas no Apêndice 1.

As concentrações de cada metal contidas nas amostras foram determinadas a partir das curvas de calibração obtidas pelas soluções dos padrões analíticos.

5.4.2 Preparo das Amostras

Os materiais analisados foram a espuma de poliuretano, fibra de coco e manta de fibra de coco com látex.

As amostras foram preparadas por mineralização a úmido com ácido nítrico (HNO_3) concentrado p.a. (Vogel, 1986). Para preparação das amostras pesou-se aproximadamente 1,0000 g de cada material e colocou-se em béquer com 5,0 mL de HNO_3 concentrado e, deixou-se em repouso por 12 h a temperatura ambiente para destruição do material orgânico e solubilização dos metais.

Logo após 12 h foi feita mineralização a úmido a 70°C num bloco digestor termostatizado por 2,5 h. Depois, realizou-se a filtração em papel de filtro quantitativo Whatman 44. Em seguida, procedeu-se com o filtrante a leitura das amostras em triplicata no Espectrofotômetro de Absorção Atômica, duplo feixe, marca GBC e modelo AA 932.

A otimização do Espectrofotômetro de Absorção Atômica para leitura quantitativa de metais (Pb, Cu, Cd, Ni, Zn, Cr e As) nas amostras de fibra de coco, espuma de poliuretano e fibra de coco com látex, encontra-se no Quadro 4.

Quadro 4. Otimização do Espectrofotômetro de Absorção Atômica para análise de cada metal.

Elemento	Comprimento de Onda (nm)	Largura da Fenda (nm)	Tipo de Chama	Amperagem (mA)	Varição Ótima de Trabalho ($\mu\text{g/mL}$)	Sensibilidade ($\mu\text{g/mL}$)
Pb	217.0	1.0	ar - acetileno (oxidante)	5.0	2.5 - 20	0.06
Cu	324.7	0.5	ar - acetileno (oxidante)	3.0	1 - 5	0.025
Cd	228.8	0.5	ar - acetileno (oxidante)	3.0	0.2 - 1.8	0.009
Ni	232.0	0.2	ar - acetileno (oxidante)	4.0	1.8 - 8	0.04
Zn	213.9	0.5	ar - acetileno (oxidante)	5.0	0.4 - 1.5	0.008
Cr	357.9	0.2	ar - acetileno (reduzora)	6.0	2 - 15	0.05
As	193.7	1.0	óxido - nitroso - acetileno	8.0	30 - 190	0.64

Fonte: Athanasopoulos (1994).

5.5 Análise Qualitativa dos Produtos formados na Pirólise

Como foi dito anteriormente, os materiais em estudo são componentes internos de veículos e supondo que o veículo pegue fogo, a fumaça gerada por esses materiais não deve ser tóxica, ou seja, não deve comprometer a saúde do usuário do veículo. Por esse motivo, foi realizada a análise qualitativa dos produtos de pirólise da fibra de coco, manta de fibra de coco com látex e da espuma de poliuretano, junto ao Laboratório de Análises Químicas Orgânicas do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) de São Paulo - SP.

O método utilizado foi a Cromatografia em fase gasosa acoplada a espectrometria de massa, técnica de pirólise, com aquecimento da amostra a 500°C e 800°C.

5.5.1 Preparo das Amostras

Pesou-se 0,0015g da respectiva amostra dos materiais em estudo (massa seca) e colocou-se na barquinha previamente queimada. Em seguida, colocou-se a barquinha no forno de pirólise pré-aquecido (500/ 800°C) do Pirolisador de marca Shimadzu (modelo PYR-2A) para efetuar a pirólise.

A análise qualitativa dos produtos formados na pirólise dos materiais em estudo foi realizada utilizando-se o cromatógrafo gasoso de marca Shimadzu (modelo GC 9A) acoplado ao espectrômetro de massa de marca Shimadzu (modelo QP 1000A), nas seguintes condições analíticas:

a) cromatógrafo:

- coluna: Porapak Q;
- gás de arraste: Hélio (He);
- fluxo do gás de arraste: 20 mL/min;
- pressão: 0,5 kg/cm²;
- taxa de aquecimento: isotérmica 50°C por 3 minutos
50 a 220°C (10°C / min);
- temperatura do injetor: 280°C.

b) espectrômetro de massa:

- temperatura do separador: 300°C
- temperatura da fonte iônica: 300°C
- energia: 70 eV

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados desta pesquisa são apresentados de acordo com a seqüência dos itens descritos na metodologia.

6.1 Processamento de mantas a base de fibra de coco com látex

Afim de melhor conhecer o processamento de mantas a base de fibra de coco com látex analisou-se uma Unidade de Beneficiamento e Industrialização de mantas de fibra de coco, localizada na Ilha do Marajó - Pará – Brasil, a qual está descrita a seguir.

6.1.1 Unidade de Beneficiamento da fibra de coco

Essa Unidade de Beneficiamento fica localizada na comunidade de Praia Grande na Ilha do Marajó - Pará - Brasil, tendo como fornecedores de casca de coco seco os próprios moradores e ainda parte das cascas utilizadas são compradas da comunidade de Mangabeira e de Jagarajó. A compra é feita por caminhão de cascas de coco seco, tendo cada caminhão capacidade de 5 a 10 m³ sendo que o custo é de R\$1,00/m³.

O fornecimento de cascas de coco seco pela comunidade de Praia Grande para beneficiamento está em torno de 2000 cocos/mês e cerca de 30 m³/mês são comprados dos outros fornecedores citados.

Os moradores da comunidade de Praia Grande trabalham em grupos de 5 a 7 pessoas/dia na Unidade de beneficiamento de fibra de coco. Cada grupo trabalha uma vez por semana e nos outros dias da semana cuidam das suas atividades normais: roçado, pesca, extrativismo do fruto do Açaí e beneficiamento do Açaí (ou seja, suco do Açaí para consumo próprio). Os moradores da comunidade de Praia Grande fornecem as cascas de coco para o setor de beneficiamento e após beneficiá-las, vendem os rolos de corda para a PRONAMAZON – Indústria de Aproveitamento de Produtos Naturais da Amazônia, a qual paga R\$ 2,00 pelo kg de rolo de corda segundo informações da comunidade de Praia Grande.

Assim que as cascas de coco seco são obtidas as mesmas são colocadas em tanques de 5 m x 3 m x 1,2 m de profundidade, ou seja, tanques de 18 m³ completos com cerca de 7000 L de água e aí permanecem durante um mês. No total são seis tanques sendo que cada tanque tem capacidade para 15 m³ de cascas, o que fornecerá 280 kg de fibra de coco e como cada rolo de corda tem cerca de 2 kg de fibra serão produzidos 140 rolos de corda.

Passado um mês, as cascas de coco são retiradas da água e passadas em uma máquina, que é uma adaptação de uma farrageira com um motor diesel de 7,5 HP, para serem desfibradas. Após esse primeiro desfibramento, as fibras são colocadas em uma peneira para serem separadas do pó de coco. Separadas vão para uma caixa d'água onde são molhadas para serem novamente desfibradas em uma segunda máquina semelhante à primeira. Daqui as fibras já saem limpas, prontas para secar ao sol em cima de uma lona durante cerca de 15 minutos. É importante revolver as fibras para uma boa secagem.

Após a secagem das fibras, é feita a corda através de um processo simples manual que envolve duas pessoas, utilizando um diferencial de carro adaptado com uma manivela e, movimentando essa manivela devagar, vão formando a corda. Enquanto um gira a manivela outra pessoa acompanha a corda com as mãos para evitar que a mesma desenrole. Ao terminar a corda enrolam a mesma em uma bobina com as mãos para formar o rolo de corda de acordo com a altura e diâmetro internos da autoclave. Os rolos de corda são depois vendidos por cada grupo para a PRONAMAZON e levados por um caminhão até o

Setor de Industrialização para a produção dos apoios de cabeça. Foi fotografado todo o processo de beneficiamento da fibra de coco (Apêndice 2).

Histórico da Unidade de Beneficiamento

Ao conversar com os moradores da comunidade de Praia Grande e membros de um dos grupos da Unidade de Beneficiamento, os mesmos contaram como começou o Beneficiamento da Fibra de Coco em sua comunidade. A iniciativa foi de um grupo de pesquisas da Universidade Federal do Pará (UFPA) denominado LEPRON - Laboratório de Engenharia de Produtos Naturais, o qual faz parte do Programa Pobreza e Meio Ambiente na Amazônia - POEMA, e que através de um convênio com a indústria de automotivos DAIMLER BENZ, vem pesquisando sobre a caracterização de fibras, otimização dos processos de obtenção e da aplicação industrial das fibras vegetais.

Para lembrar o início desse processo, visitou-se o que eles chamam de “Museu”, ou seja, são todos os equipamentos que a comunidade de Praia Grande utilizava quando começou a beneficiar a fibra de coco, em 1993.

Primeiramente batiam na casca de coco seco com uma pedra ou “porrete” para quebrá-la. E isso era feito em cima de um tronco de árvore cortado. Depois desfibrava-se a casca de coco usando uma espécie de escova com dentes de ferro, parecida com um pente. Então, penteava-se a casca de coco para separar as fibras em cima de um tronco de árvore só que este tinha alguns dentes de ferro. Depois de penteada, a fibra era colocada em um tanque pequeno com água onde era separada do pó de coco. E ainda num outro tanque separavam manualmente as fibras curtas das longas.

Segundo os moradores da própria comunidade, todo esse processo de obtenção das fibras para formação da corda era muito trabalhoso, porque utilizavam equipamentos de baixa qualidade. No entanto, o processo de confecção da corda ainda é manual formando o rolo de corda de acordo com a altura e diâmetro internos da autoclave.

De acordo com os depoimentos obtidos, todos os equipamentos que eram utilizados no beneficiamento já foram alterados a medida que a comunidade foi tendo idéias e testando novas peças nos mesmos.

Os equipamentos utilizados hoje surgiram de adaptações feitas pela comunidade de Praia Grande, como por exemplo:

- 1) a máquina utilizada para desfibrar as cascas de coco é resultante da adaptação de uma forrageira - que tem 4 conjuntos de 6 dentes - com um motor a diesel;
- 2) a máquina utilizada para limpeza e lavagem das fibras de coco é também resultante da adaptação de duas forrageiras com um motor a diesel;
- 3) para separar a fibra de coco do pó utilizam uma peneira, a qual é uma armação de madeira com uma tela fixa; e
- 4) para formar os rolos de corda utilizam um diferencial de carro adaptado com uma manivela e, movimentando essa manivela devagar vão formando a corda. Enquanto um gira a manivela outra pessoa acompanha a corda com as mãos para evitar que a mesma desenrole. Ao terminar uma corda enrolam a mesma girando a bobina com as mãos para formar o rolo de corda.

As especificações dos equipamentos utilizados na Unidade de Beneficiamento são descritas a seguir:

- 1) a máquina utilizada para desfibrar a casca de coco é uma a adaptação de uma forrageira com um motor diesel 1,10 HP, com gasto de 6 litros de diesel/dia.

DPM - 4 Desintegrador, picador e moedor / rotação 3300 rpm

Potência necessária:

elétrico 10 a 12,5 HP

gasolina 12,5 a 15 HP

Diesel 10 a 13 HP;

2) máquina utilizada para limpeza e lavagem das fibras de coco também é uma adaptação de duas forrageiras com um motor diesel 7,5 HP, com um gasto de 6 litros de diesel/dia. Cada forrageira (modelo B 616) trabalha a 3600 rpm;

3) bomba d'água apresenta motor de indução monofásico Neq

mod. N 42 1196 rpm 3480

cv 1/3 Hz 60

V 110/ 220 ISOL B

A 5.20 / 2.60 Reg S1

IPAN 6,5 FS 1,75 IP 21

Bomba CENT. BC-96 SC

1/3 cv MONO 60 Hz

vazão máx. 7,30 m³/ h

diâmetro do rotor 101 mm;

4) bomba para limpeza dos tanques d'água

Tipo M 90 cil. cm³ 668

kW 8 B 2300 rpm

Essa bomba gasta em média 3 horas para limpar o tanque de 15 m³, com um consumo de 5 litros de diesel/ 3h. Essa água tirada dos tanques vai para irrigação.

De acordo com os moradores da comunidade de Praia Grande e membros da Unidade de Beneficiamento de Fibras Naturais, os cocos do coqueiro Anão Verde são vendidos apenas para consumo de água enquanto os cocos da baía da região de Praia Grande são vendidos como coco seco (maduro) e suas cascas são fornecidas para o beneficiamento de fibras. Os fornecedores de casca de coco da comunidade de Praia Grande têm cerca de 3000 pés de coqueiro da baía, sendo que cada coqueiro tem uma produção média de 120 cocos/ano. Suas covas medem 70 cm de largura por 50 cm de profundidade e são preparadas com caroço de Açai, pó de coco e esterco de galinha, não usam sal grosso devido ao custo. Os outros fornecedores de cascas de coco seco, já citados, preparam suas covas com

caroço de Açaí, sal grosso e esterco. Durante o preparo da cova, a porção de terra que estava embaixo (no fundo) da cova fica em cima ao fechar a cova e, a porção de terra que estava em cima é misturada ao adubo e ficará no fundo da cova.

Um total de 9 poços irrigam os coqueiros da comunidade de Praia Grande sendo sua água retirada por uma bomba d'água - a mesma da Unidade de Beneficiamento - e através de um sistema de tubulação, a água retirada dos poços é levada até a área de cultivo dos coqueiros da baía.

No Quadro 5, apresenta-se a produção de fibra de coco (kg) pela Unidade de Beneficiamento de Fibras Naturais em Belém – PA, durante o ano de 1997 e início de 1998.

Quadro 5. Produção de fibra de coco (kg) pela Unidade de Beneficiamento de Fibras Naturais em 1997 e início de 1998.

PERÍODO	FIBRA (kg)
18/5 a 30/5/97	185,800
02/6 a 30/6/97	368,700
01/7 a 30/7/97	279,200
1/8 a 30/8/97	406,000
04/9 a 30/9/97	389,000
01/10 a 30/10/97	-*
01/11 a 30/11/97	-*
01/12 a 30/12/97	321,500
11/01 a 15/01/98	205,000

Fonte: Unidade de Beneficiamento de Fibras Naturais em Belém – PA
(Comunicação pessoal, 1998)

* não há registros da produção em massa de fibra de coco (kg) nesse período.

6.1.2 Industrialização da Fibra de Coco - PRONAMAZON

A PRONAMAZON – Indústria de Aproveitamento de Produtos Naturais da Amazônia, fica localizada na Estrada Praia Grande s/n, Comunidade de Praia Grande no município de Ponta de Pedras na Ilha do Marajó - Pará - Brasil.

Assim que os rolos de corda chegam ao Galpão de Industrialização da PRONAMAZON vão sendo colocados em uma autoclave para que ocorra a memorização da corda, o que garante o efeito mola da fibra. Em seguida é feito o desencordoamento do rolo de corda com auxílio de uma máquina, já citada acima, a qual solta as fibras de coco. Depois o próximo passo é a preparação da manta:

- pesam-se 180 g de fibra de coco;
- distribuem-se em uma bandeja ao acaso sem orientação prévia das fibras;
- aplica-se látex num dos lados da manta até formar pequenas gotas entre as fibras;
- essa manta vai para a estufa por 5 minutos;
- retira-se a manta da bandeja;
- aplica-se látex no outro lado da manta;
- e novamente vai para a estufa por 5 min (sem a bandeja).

Obs: a quantidade de látex a ser utilizado corresponde a total pulverização da manta com a formação de pequenas gotas entre as fibras.

Quanto a preparação do látex, para preparar 4 litros de látex natural eram utilizados:

- 2 L de água comum;
- látex natural;
- 0,785 kg de alumina hidratada;
- vulcanizante;
- 6 g de soda cáustica (a 50%).

Para preparar o látex, colocou-se 2 L de água em um frasco, adicionou-se a soda cáustica, o látex natural, a alumina hidratada e o vulcanizante, agitando sempre a mistura. Por fim, coloca-se o produto em um frasco fechado para posteriormente ser pulverizado na fibra de coco distribuída sobre a bandeja para confecção das mantas. Após pulverizar o látex de ambos os lados da manta e passar pela estufa, a manta está pronta.

A produção do Setor de Industrialização é atualmente de 250 mantas/dia; um quilo de fibra de coco produz em média 5 mantas, porque cada uma recebe 180 g de fibra. Foi fotografado todo o processo de industrialização da fibra de coco (Apêndice 3).

Material consumido pela PRONAMAZON:

- 1) látex natural é importado e pago pela PRONAMAZON, o consumo de látex é de 3 galões de 205 kg cada/mês.

Látex da Malásia (centrifugado 60%)

cod. 047603 peso líq. 205 kg;

- 2) alumina - consumo de um saco (25 kg) por semana;

- 3) soda cáustica - consumo de 15 kg/ mês;

- 4) vulcanizante - consumo de 10,5 kg/mês.

O consumo de energia elétrica pela PRONAMAZON para produção de mantas de fibra de coco durante o ano de 1997, encontra-se no Quadro 6.

Quadro 6. Consumo de energia elétrica para produção de mantas de fibra de coco durante o ano de 1997.

MÊS	CONSUMO DE ENERGIA (kWh)
Jan/97	1770
Fev/97	1564
Mar/97	1495
Abr/97	2290
Mai/97	2235
Jun/97	2344
Jul/97	2105
Ago/97	2284
Set/97	2244
Out/97	3079
Nov/97	2333
Dez/97	1450

Centrais Elétricas do Pará S.A - Classe da Tarifa: comercial

Pela descrição feita pode-se notar que o processo é rudimentar exigindo mão-de-obra pouco qualificada e parte da matéria-prima é um subproduto da cultura do coco.

6.2 Análise de Compressão e Torção

Para a manta de Fibra de Coco, os intervalos de confiança para o parâmetro β do modelo de regressão linear simples para as dimensões 4x4x5, 5x5x5 e 6x6x5 cm, foram respectivamente, os seguintes: [0,7332 ; 0,7534], [0,7196 ; 0,7581] e [0,7178 ; 0,7638]. Para a Espuma de poliuretano, os intervalos de confiança para o parâmetro β do modelo de regressão linear simples para as dimensões 4x4x5, 5x5x5 e 6x6x5 cm, foram respectivamente, os seguintes: [0,9734 ; 1,0135], [0,9902 ; 1,0091] e [0,9971 ; 1,0130].

Deste modo, nota-se que tanto para a espuma quanto para fibra de coco, independente da dimensão, existe intercepto entre os intervalos de confiança para β , à

95% de confiabilidade. Dessa forma, pode-se concluir que não existe efeito de dimensão com relação à deformação volumétrica de ambos materiais. Assim optou-se por cortar as amostras de ambos os materiais nas dimensões de 4 x 4 x 5 cm de altura.

6.2.1 Estudo da deformação volumétrica por tipo de material, período de envelhecimento com e sem umidade

Neste estudo comparou-se o comportamento da manta de fibra de coco em diferentes períodos de envelhecimento - com e sem umidade - em relação a espuma, sendo ambos os materiais submetidos aos Ensaio de Compressão e Torção simultâneos. Os resultados obtidos são apresentados nos Quadros 7 a 11 e Figuras 10 a 14, a seguir.

Observando-se o Quadro 7, quanto a espuma envelhecida 7 dias com e sem umidade, nota-se que existe intercepto entre os intervalos de confiança para β , à 95% de confiabilidade. Dessa forma, podemos concluir que não existe efeito da umidade com relação à deformação volumétrica da espuma a 7 dias. Quanto ao grupo manta de fibra de coco envelhecido a 7 dias com e sem umidade, nota-se que os intervalos de confiança para β não se interceptam, à 95% de confiabilidade. Assim, podemos concluir que existe efeito da umidade com relação à deformação volumétrica para a fibra de coco a 7 dias. A umidade aumenta a deformação volumétrica para a fibra de coco a 7 dias de envelhecimento, como podemos notar observando o β estimado () e comparando as Figuras 10 e 11.

Quadro 7. Coeficientes de determinação R^2 , Estimativas de β e Intervalos de Confiança para β , segundo o tipo de material envelhecido durante 7 dias com e sem umidade.

MATERIAL	UMIDADE	R^2 (%)		IC (β) _{95%}
Espuma de Poliuretano	com	99,99	0,9834	[0,9794 ; 0,9874]
	sem	99,99	0,9871	[0,9836 ; 0,9906]
Manta de Fibra de Coco	com	99,35	0,7828	[0,7329 ; 0,8327]
	sem	99,81	0,8679	[0,8491 ; 0,8866]

Na Figura 10, pode-se observar a deformação volumétrica ocorrida na manta de fibra de coco em relação à espuma de poliuretano, ambas envelhecidas durante 7 dias com umidade. Nota-se que a deformação volumétrica ocorrida na manta de fibra de coco foi superior à da espuma. O mesmo ocorre quando comparamos a manta de fibra de coco em relação à espuma de poliuretano, ambas envelhecidas durante 7 dias sem umidade (Figura 11).

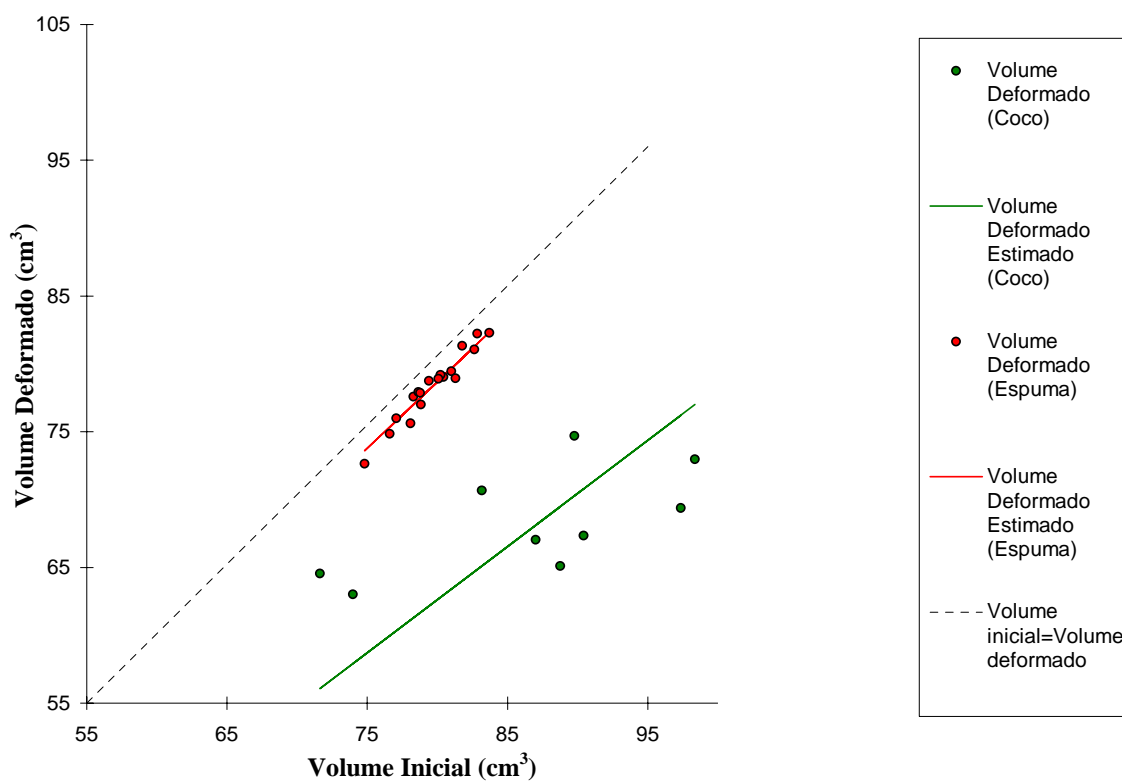


Figura 10. Deformação volumétrica das mantas de fibra de coco e de espuma, envelhecidas durante 7 dias com umidade.

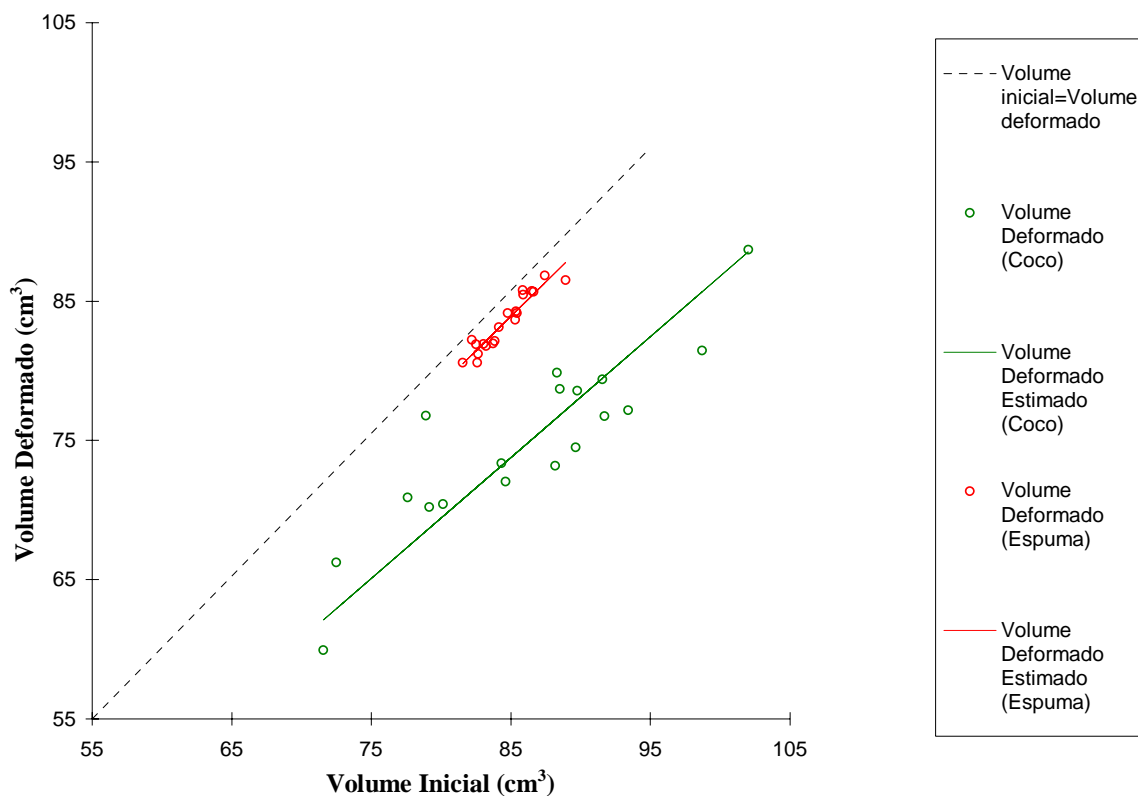


Figura 11. Deformação volumétrica das mantas de fibra de coco e de espuma, envelhecidas durante 7 dias sem umidade.

Observando-se o Quadro 8, nota-se que não houve efeito da umidade com relação à deformação volumétrica para a manta de fibra de coco envelhecida durante o período de 30 dias. O mesmo ocorre quanto a espuma envelhecida 30 dias, ou seja, não houve efeito da umidade. Comparando-se, ainda neste Quadro os valores de β estimado () para ambos materiais com umidade, nota-se que a deformação volumétrica da manta de fibra de coco é superior a da espuma (Figura 12). O mesmo ocorre comparando os valores de β estimado ($\hat{\beta}$) para ambos materiais sem umidade (Figura 13).

Quadro 8. Coeficientes de determinação R^2 , Estimativas de β e Intervalos de Confiança para β , segundo o tipo de material envelhecido durante 30 dias com e sem umidade.

MATERIAL	UMIDADE	R^2 (%)		IC (β) _{95%}
Manta de	com	99,70	0,7712	[0,7479 ; 0,7944]
Fibra de Coco	sem	99,66	0,8098	[0,7872 ; 0,8325]
Espuma de	com	99,99	0,9823	[0,9778 ; 0,9868]
Poliuretano	sem	99,95	0,9756	[0,9660 ; 0,9852]

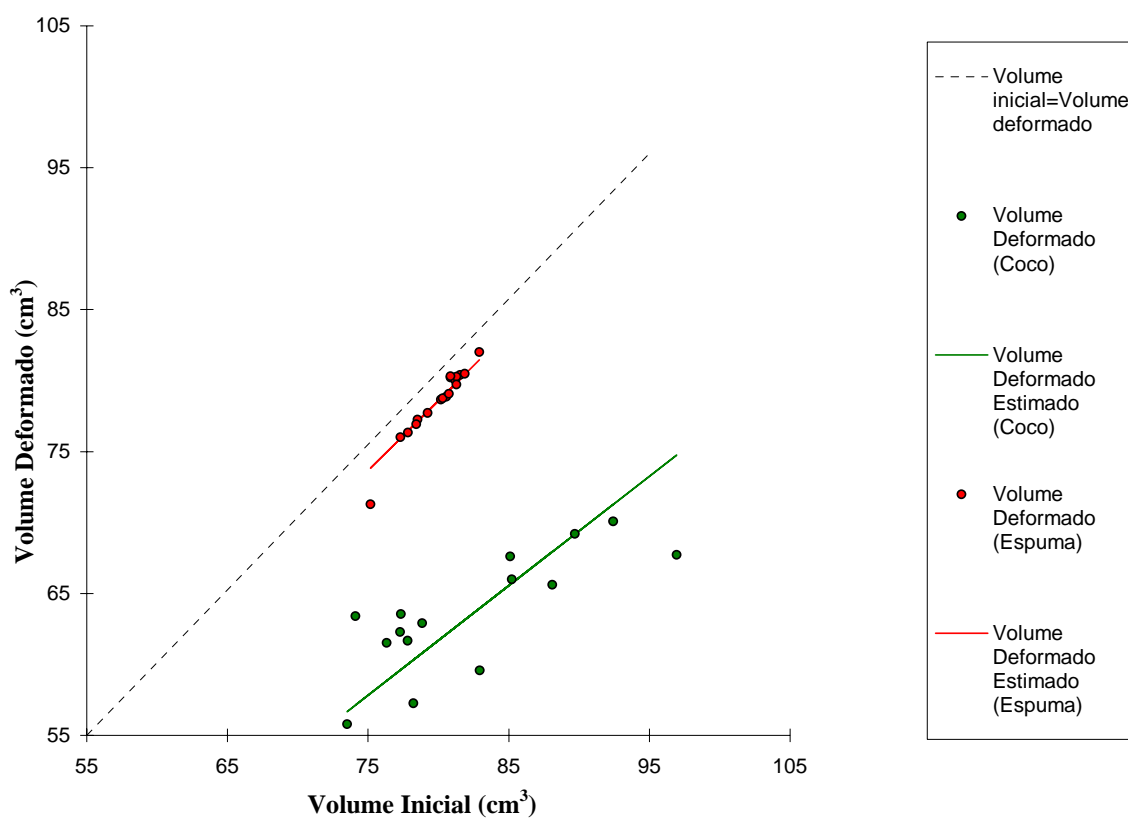


Figura 12. Deformação volumétrica das mantas de fibra de coco e de espuma, envelhecidas durante 30 dias com umidade.

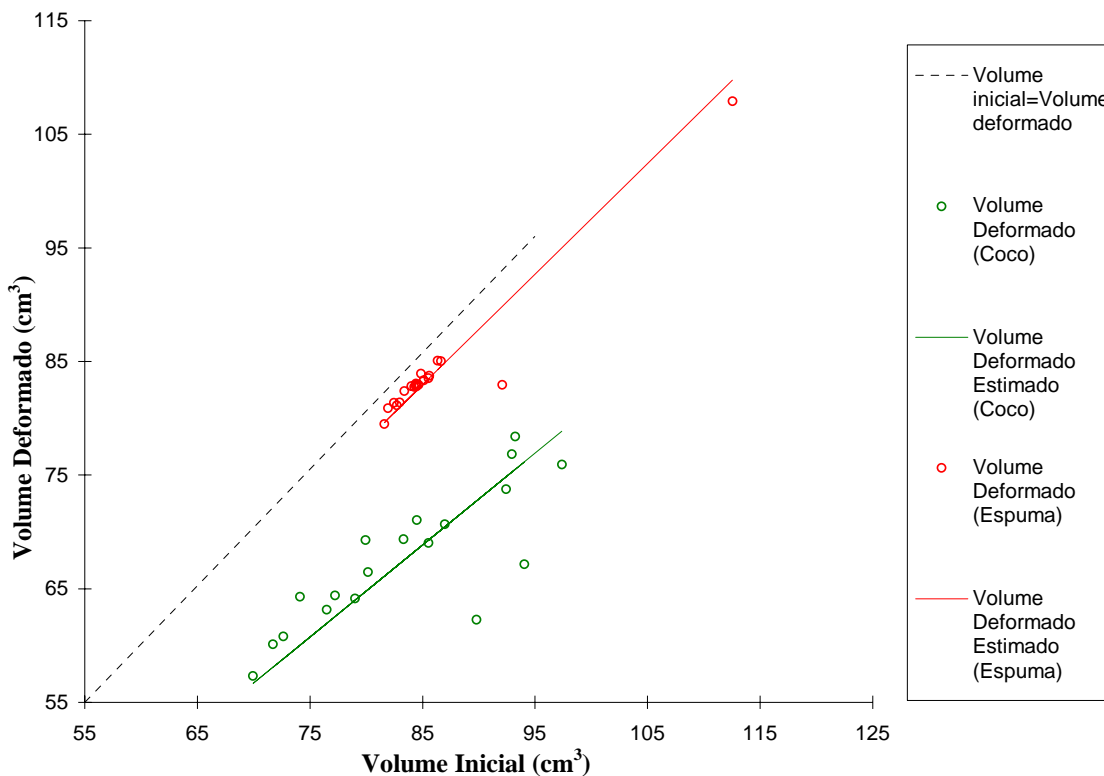


Figura 13. Deformação volumétrica das mantas de fibra de coco e de espuma, envelhecidas durante 30 dias sem umidade.

Observando-se o Quadro 9, onde se analisa o comportamento da manta de fibra de coco e da espuma envelhecidas durante 45 dias, nota-se que, com base nos intervalos de confiança construídos para o parâmetro β (deformação volumétrica), existe efeito da umidade com relação à deformação volumétrica da espuma a 45 dias de envelhecimento.

Com relação a manta de fibra de coco envelhecida a 45 dias com e sem umidade, verificou-se que o grupo envelhecido com umidade estourou, não resistindo ao teste de compressão e torção. Desse modo, não foi possível comparar a deformação volumétrica da manta de fibra de coco envelhecida a 45 dias quanto a umidade (Quadro 9).

Quadro 9. Coeficientes de determinação R^2 , Estimativas de β e Intervalos de Confiança para β , segundo o tipo de material envelhecido durante 45 dias com e sem umidade.

MATERIAL	UMIDADE	R^2 (%)		IC (β) _{95%}
Manta de	com*	-----	-----	-----
Fibra de Coco	sem	99,73	0,8046	[0,7839 ; 0,8252]
Espuma de	com	99,99	0,9791	[0,9756 ; 0,9825]
Poliuretano	sem	99,99	0,9870	[0,9842 ; 0,9899]

* As amostras de manta de fibra de coco envelhecidas durante 45 dias com umidade não resistiram ao ensaio de compressão e torção.

A deformação volumétrica ocorrida na manta de fibra de coco em relação à espuma de poliuretano, ambas envelhecidas durante 45 dias sem umidade, pode ser observada através da Figura 14. Nota-se que a deformação volumétrica ocorrida na manta de fibra de coco foi superior à da espuma.

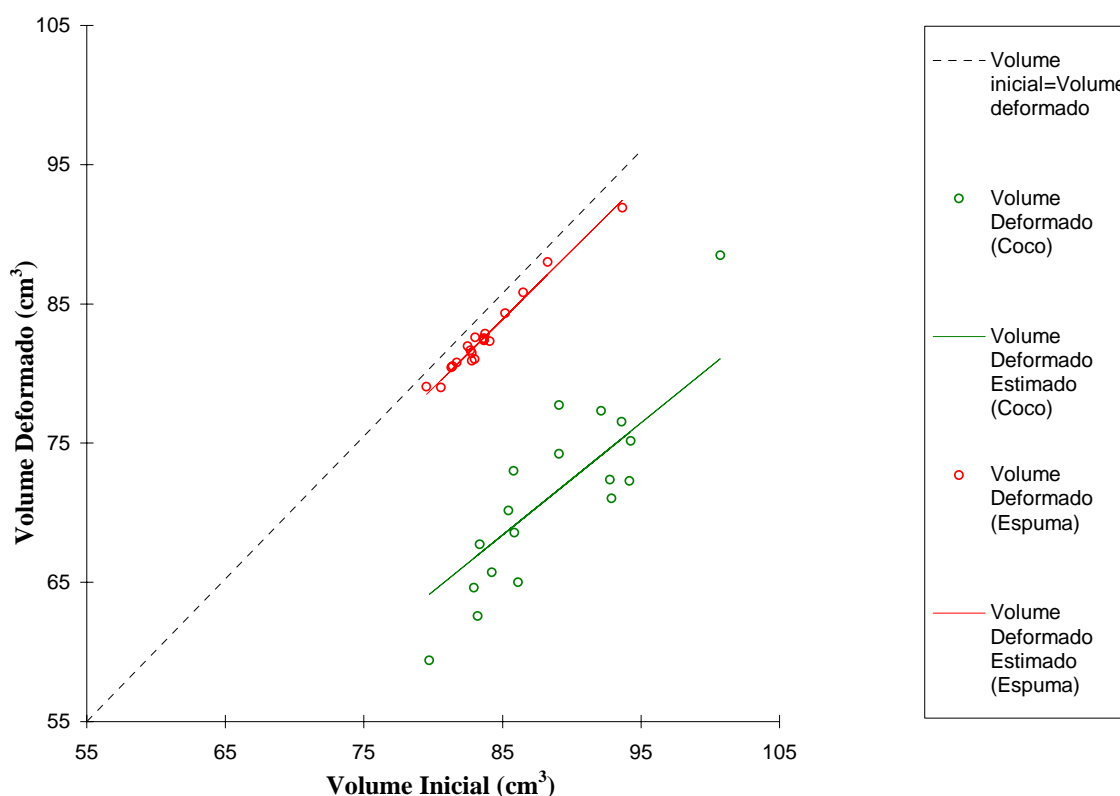


Figura 14. Deformação volumétrica das mantas de fibra de coco e de espuma, envelhecidas durante 45 dias sem umidade.

Observando-se o Quadro 10, referente ao grupo manta de fibra de coco sem umidade a 0, 7, 30 e 45 dias e comparando-o entre si, nota-se que apenas entre as linhas 1 e 2, 2 e 3, 2 e 4 não existe intercepto entre os intervalos de confiança para β , à 95% de confiabilidade. Dessa forma, pode-se concluir que existe efeito do período de envelhecimento de 0, 7 e 30 dias com relação à deformação volumétrica no grupo de fibra de coco sem umidade. Com base nos intervalos de confiança construídos para o parâmetro β (deformação volumétrica), o período de 30 e 45 dias apresenta a mesma deformação volumétrica estatisticamente ao nível α de 5% de significância. Isso significa que não houve efeito do período de envelhecimento de 45 dias em relação ao de 30 dias provavelmente porque a amostra já estava degradada.

Quadro 10. Coeficientes de determinação R^2 , Estimativas de β , Intervalos de Confiança para β , segundo o tipo de material sem umidade por período de envelhecimento para os modelos de regressão de variação de volume (1) e (2).

LINHA	MATERIAL	PERÍODO (dias)	R^2 (%)		IC (β) _{95%}
1		0	99,80	0,8209	[0,8023 ; 0,8394]
2	Manta de	7	99,81	0,8679	[0,8491 ; 0,8866]
3	Fibra de Coco	30	99,66	0,8098	[0,7872 ; 0,8325]
4		45	99,73	0,8046	[0,7839 ; 0,8252]
5		0	99,99	0,9863	[0,9836 ; 0,9890]
6	Espuma de	7	99,99	0,9871	[0,9836 ; 0,9906]
7	Poliuretano	30	99,95	0,9756	[0,9660 ; 0,9852]
8		45	99,99	0,9870	[0,9842 ; 0,9899]

Comparando o grupo de espuma de poliuretano sem umidade a 0, 7, 30 e 45 dias entre si, nota-se que todos os intervalos de confiança construídos para o parâmetro β se interceptam; o que indica que não existe efeito do período de envelhecimento para a deformação volumétrica do grupo de espuma sem umidade (Quadro 10). Comparando-se os valores de β estimado ($\hat{\beta}$) para ambos materiais para o mesmo período de envelhecimento, nota-se que a deformação volumétrica da manta de fibra de coco é superior a da espuma (Quadro 10).

Observando o Quadro 11, comparando o grupo de manta de fibra de coco com umidade envelhecido a 7 e 30 dias entre si, nota-se que, independente do período de envelhecimento, existe intercepto entre os intervalos de confiança para β , à 95% de confiabilidade. Dessa forma, pode-se concluir que não existe efeito do período de envelhecimento com relação à deformação volumétrica da manta de fibra de coco com umidade. O mesmo ocorre quando comparamos o grupo de espuma com umidade envelhecido a 7, 30 e 45 dias entre si.

Quadro 11. Coeficientes de determinação R^2 , Estimativas de β , Intervalos de Confiança para β , segundo o tipo de material com umidade por período de envelhecimento para os modelos de regressão de variação de volume (1) e (2).

MATERIAL	PERÍODO (dias)	R^2 (%)		IC (β) _{95%}
Manta de Fibra de Coco	7	99,35	0,7828	[0,7329 ; 0,8327]
	30	99,70	0,7712	[0,7479 ; 0,7944]
	45*	-----	-----	-----
Espuma de Poliuretano	7	99,99	0,9834	[0,9794 ; 0,9874]
	30	99,99	0,9823	[0,9778 ; 0,9868]
	45	99,99	0,9791	[0,9756 ; 0,9825]

* As amostras de manta de fibra de coco envelhecidas durante 45 dias com umidade não resistiram ao ensaio de compressão e torção.

No entanto, observando o Quadro 11 e, comparando os valores de β estimado () para ambos materiais com umidade para o mesmo período de envelhecimento, nota-se que a deformação volumétrica da manta de fibra de coco é superior a da espuma, porque quanto mais próximo de 1 for o , menor a deformação volumétrica.

Além das observações feitas acima, comparando os Quadros 7 a 11, nota-se que todos os tratamentos sofrem deformação volumétrica porque nenhum dos intervalos de confiança construídos para β contêm o valor 1.

6.2.2 Estudo da capacidade de recuperação do volume inicial

Após ajuste do modelo de regressão não linear sugerido no item 5.2.1.2. (página 48, equação 3), foram obtidas as estimativas dos parâmetros α , β e γ , bem como os coeficientes de determinação (R^2) para ambos os materiais em estudo segundo cada tratamento proposto (Apêndice 4).

As representações gráficas da Deformação Volumétrica Percentual de ambos os materiais (manta de fibra de coco com látex e espuma de poliuretano) segundo cada tratamento proposto são apresentadas nas Figuras 15 a 18. Observando-se essas Figuras, verifica-se que ambos os materiais, envelhecidos ou não, apresentam um comportamento de retorno ao seu volume inicial (de retorno volumétrico até um estágio de estabilização). No entanto, a espuma, por ser um material homogêneo com densidade controlada, retorna praticamente 100% ao seu volume inicial. Já a manta de fibra de coco por ser um material heterogêneo no sentido de não existir uma padronização de seu processo produtivo, ou seja, não há controle sobre a quantidade de látex aplicada e não existe um direcionamento prévio das fibras de coco para a confecção das mantas, apresenta maior variabilidade recuperando apenas parte de seu volume inicial mantendo uma taxa de deformação.

Na Figura 15, nota-se que a manta de fibra de coco sem período de envelhecimento atingiu um ponto de estabilização durante o retorno ao seu volume inicial, mantendo uma deformação volumétrica em torno de 7 a 13%. Já a espuma não envelhecida, por apresentar densidade controlada, durante o seu retorno praticamente recupera o seu volume inicial atingindo um ponto de estabilização cerca de 6 horas após o teste de compressão e torção.

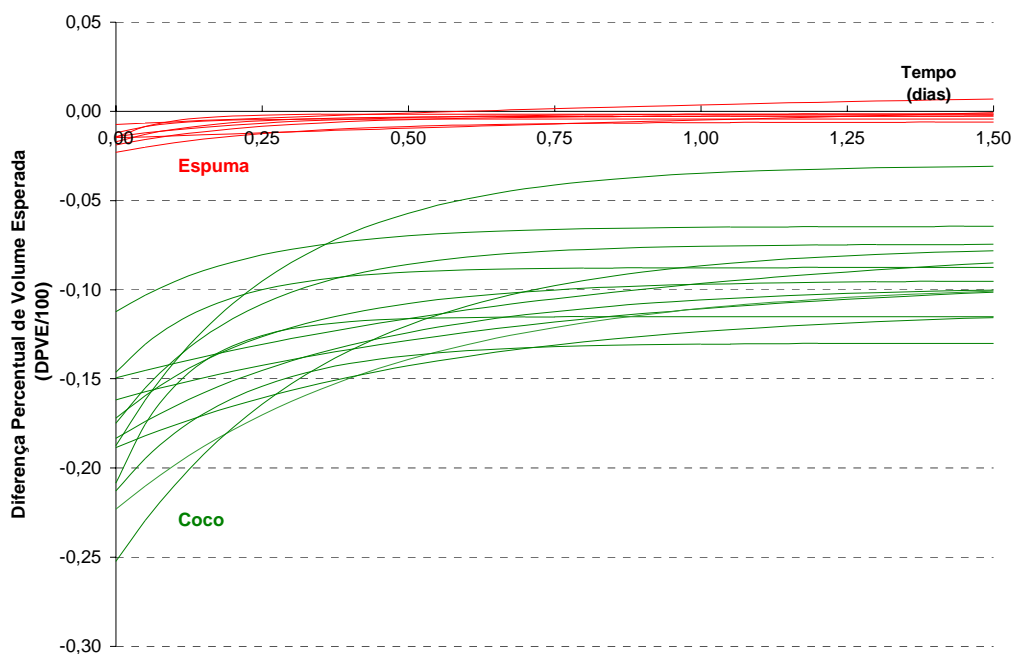


Figura 15. Deformação Volumétrica Percentual dos materiais, manta de fibra de coco e espuma, sem período de envelhecimento.

Na Figura 16 b, a manta de fibra de coco envelhecida por um período de 7 dias sem umidade atingiu um ponto de estabilização durante o retorno ao seu volume inicial, mantendo uma deformação volumétrica em torno de 10%. Já a espuma envelhecida durante 7 dias com umidade (Figura 16 a) e sem umidade (Figura 16 b) praticamente recuperou o seu volume inicial, porque apresentou estatisticamente uma Diferença Percentual Volumétrica em torno de zero.

Observando as Figuras 16 e 17, comparando os itens a e b entre si para um mesmo período de envelhecimento, nota-se que o fator umidade aumenta a variabilidade do retorno das amostras de manta de fibra de coco.

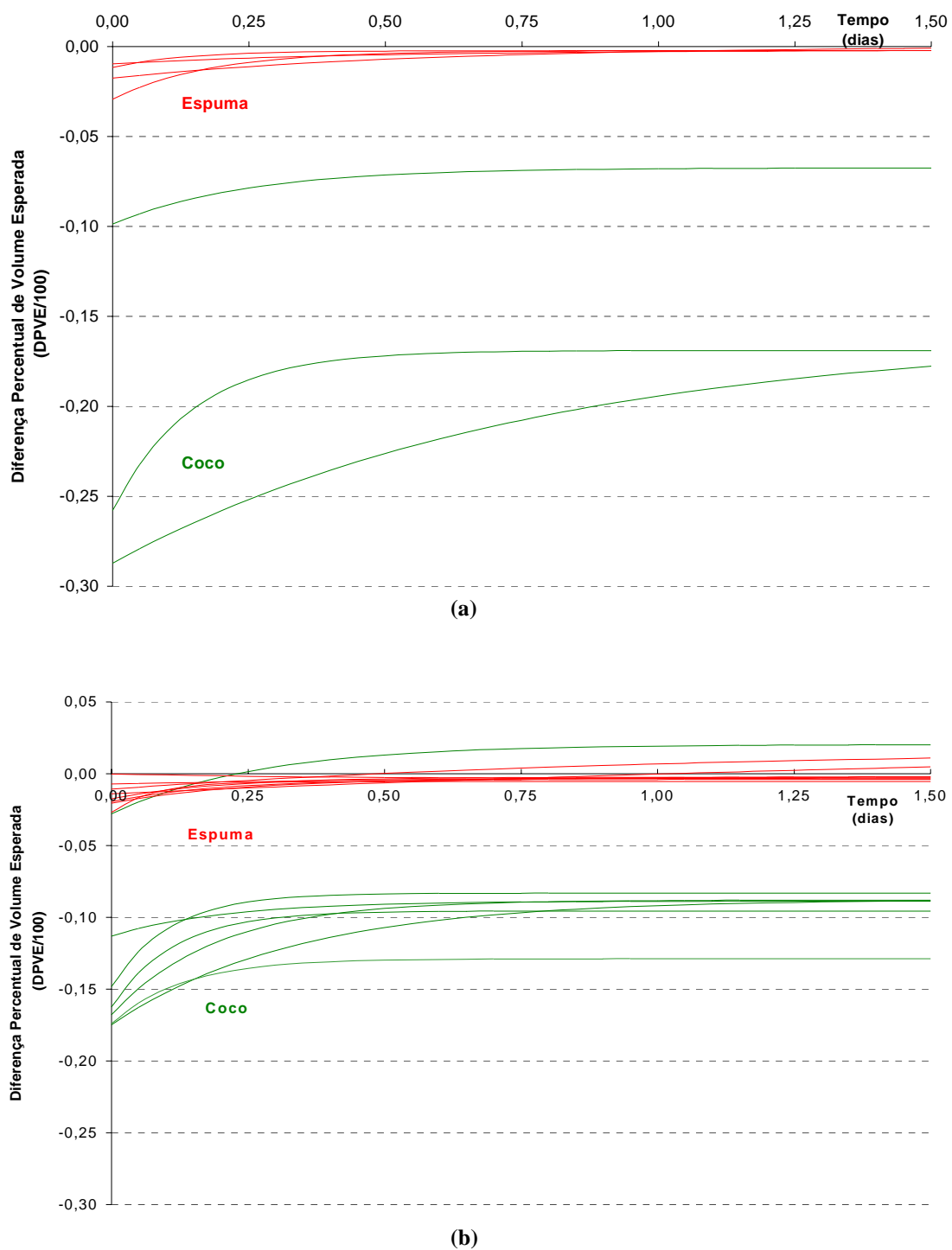


Figura 16. Deformação Volumétrica Percentual dos materiais, manta de fibra de coco e espuma, com período de 7 dias de envelhecimento, nas condições com umidade (a) e sem umidade (b).

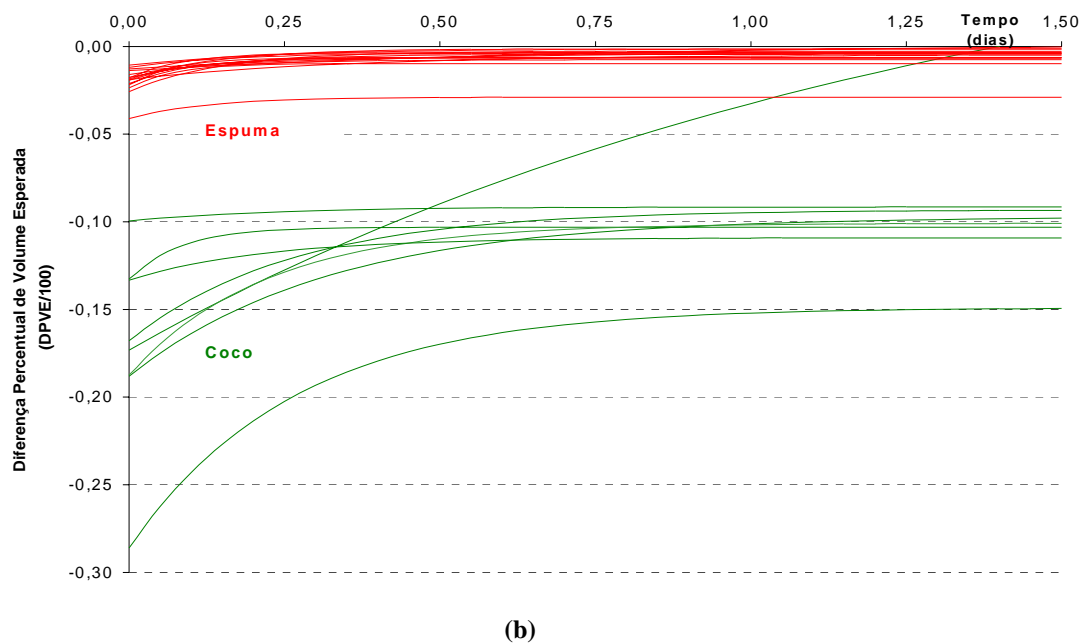
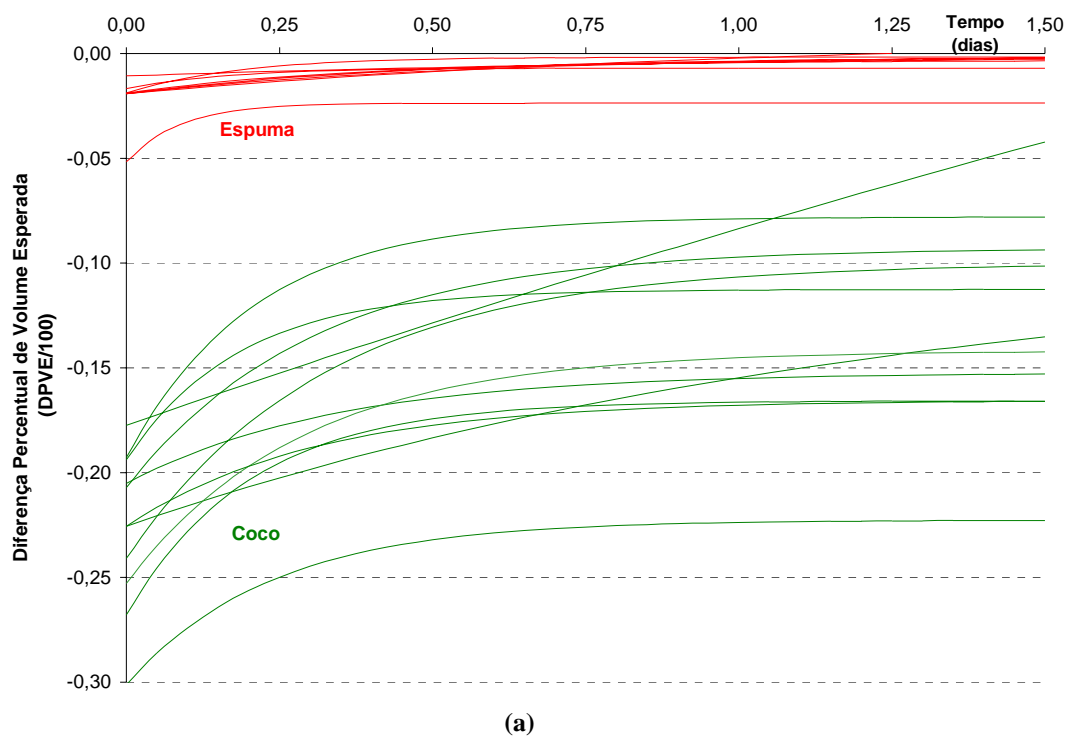
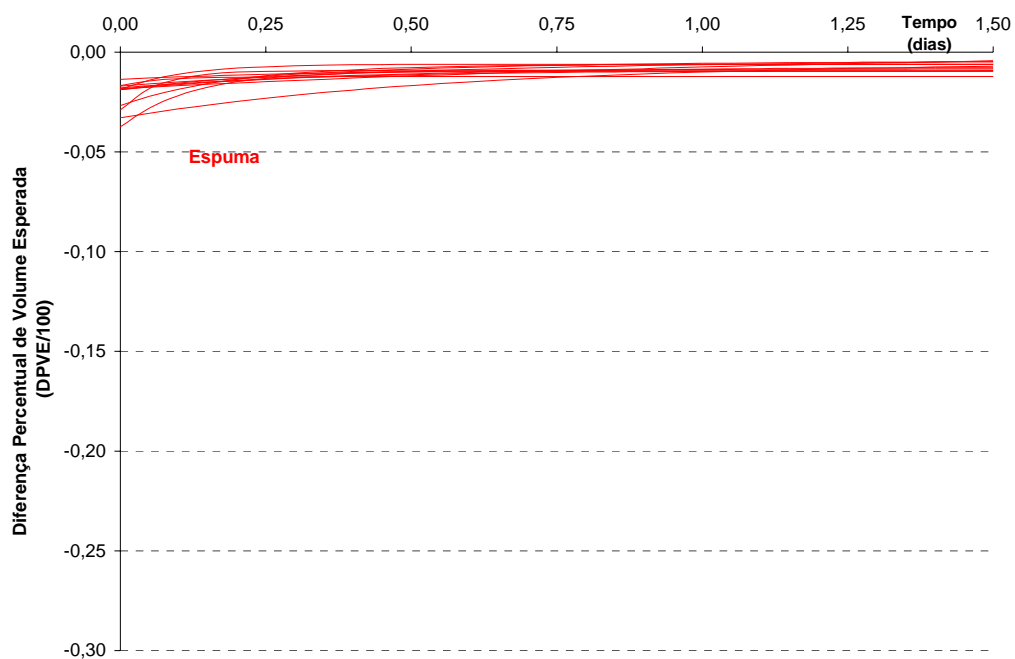


Figura 17. Deformação Volumétrica Percentual dos materiais, manta de fibra de coco e espuma, com período de 30 dias de envelhecimento, nas condições com umidade (a) e sem umidade (b).

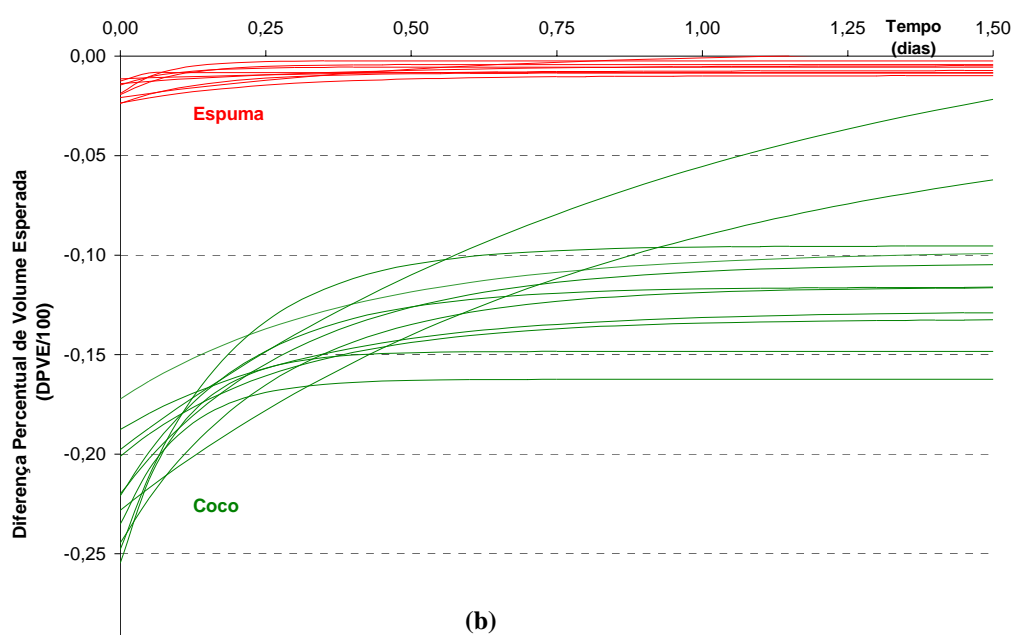
Na Figura 17 a, a manta de fibra de coco envelhecida durante 30 dias com umidade atingiu um patamar de estabilização, mantendo uma deformação volumétrica em torno de 10 a 17%. Já a manta de fibra de coco envelhecida por 30 dias sem umidade (Figura 17 b), durante o retorno ao seu volume inicial atingiu também um patamar de estabilização, mantendo uma deformação volumétrica em torno de 10%.

Observando a Figura 18 a, é importante notar que não se tem o retorno da manta de fibra de coco porque devido ao envelhecimento de 45 dias com umidade, as amostras de fibra de coco estouraram durante o teste de compressão e torção. Considera-se que esse envelhecimento tenha sido muito drástico para as mantas de fibra de coco. No entanto, a espuma nessas mesmas condições de envelhecimento (Figura 18 a) praticamente recuperou o seu volume inicial, porque apresentou uma Diferença Percentual Volumétrica em torno de zero. O mesmo ocorreu para a espuma envelhecida durante 45 dias sem umidade (Figura 18 b).

Ainda na Figura 18 b, a manta de fibra de coco envelhecida 45 dias sem umidade apresentou um comportamento de retorno ao seu volume inicial atingindo um patamar de estabilização cerca de 12 horas após o teste de compressão e torção; mantendo uma deformação volumétrica de 10 a 15%.



(a)



(b)

Figura 18. Deformação Volumétrica Percentual dos materiais, manta de fibra de coco e espuma, com período de 45 dias de envelhecimento, nas condições com umidade (a) e sem umidade (b).

Comparação entre os materiais

Observando-se o Quadro 12, nota-se que para manta de fibra de coco independente do período de envelhecimento com umidade, o parâmetro alfa é o mesmo, ou seja a assíntota é a mesma. O mesmo ocorre para a espuma de poliuretano, ou seja, o parâmetro alfa é estatisticamente igual para a espuma independente do período de envelhecimento ocorrido. No entanto, para um mesmo período de envelhecimento, o alfa estimado para manta de fibra de coco difere do alfa estimado para espuma de poliuretano. Isso indica que a assíntota do modelo é diferente quando se realiza a comparação entre os materiais, o que significa que cada material tem uma assíntota característica (isto é, um patamar de estabilização característico), como se pode observar nas Figuras 16 e 17.

Quadro 12. Comparação entre os alfas estimados pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) e de Mann-Whitney, segundo o tipo de material e período de envelhecimento com umidade.

Material	Período de Envelhecimento (em dias)			
	0	7	30	45
Manta de fibra de coco	----	Aa*	Aa	estourou
Espuma de poliuretano	----	Ab	Ab	A

* Letras Maiúsculas: Para cada material, períodos representados pela mediana, seguidos de mesma letra, não diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Student-Newman-Keuls. Letras Minúsculas: Para cada período, os materiais representados pela mediana seguidos de mesma letra, não diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Mann-Whitney.

No Quadro 13, nota-se que para manta de fibra de coco independente do período de envelhecimento sem umidade, o parâmetro alfa é o mesmo. Observando-se a espuma, nota-se que o alfa estimado para espuma é o mesmo independente do período de envelhecimento, o que indica que a assíntota é a mesma independente do período de envelhecimento.

Ainda no Quadro 13, nota-se que para um mesmo período de envelhecimento, os alfas estimados para a espuma de poliuretano diferem daqueles estimados

para a manta de fibra de coco. Isso indica que cada material apresenta uma assíntota característica, ou seja, um patamar de estabilização característico.

Quadro 13. Comparação entre os alfas estimados pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) e de Mann-Whitney, segundo o tipo de material e período de envelhecimento sem umidade.

Material	Período de Envelhecimento (em dias)			
	0	7	30	45
Manta de fibra de coco	Aa	Aa*	Aa	Aa
Espuma de poliuretano	Ab	Ab	Ab	Ab

* notação igual a do Quadro 12.

No Quadro 14, tem-se a comparação entre os betas estimados pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) e de Mann-Whitney, segundo o tipo de material e período de envelhecimento com umidade. É importante notar que os parâmetros beta e gama se referem à forma da curva e estão relacionados a taxa instantânea de deformação percentual volumétrica. Sendo assim, no Quadro 14, nota-se que para a manta de fibra de coco, o beta estimado é o mesmo independente de seu período de envelhecimento com umidade. Isso também ocorre para a espuma de poliuretano. No entanto, para um mesmo período de envelhecimento, os betas estimados para a manta de fibra de coco diferem daqueles estimados para a espuma de poliuretano; o que indica que cada material tem uma forma de curva característica (ou seja, a forma das curvas de retorno são diferentes para ambos os materiais).

Quadro 14. Comparação entre os betas estimados pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) e de Mann-Whitney, segundo o tipo de material e período de envelhecimento com umidade.

Material	Período de Envelhecimento (em dias)			
	0	7	30	45
Manta de fibra de coco	----	Aa*	Aa	estourou
Espuma de poliuretano	----	Ab	Ab	A

* notação igual a do Quadro 12.

No Quadro 15, nota-se que para a manta de fibra de coco, o beta estimado é o mesmo independente de seu período de envelhecimento sem umidade. Isso também ocorre para a espuma de poliuretano. No entanto, para um mesmo período de envelhecimento, os betas estimados para a manta de fibra de coco diferem daqueles estimados para a espuma de poliuretano; o que indica que cada material tem uma forma de curva característica.

Quadro 15. Comparação entre os betas estimados pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) e de Mann-Whitney, segundo o tipo de material e período de envelhecimento sem umidade.

Material	Período de Envelhecimento (em dias)			
	0	7	30	45
Manta de fibra de coco	Aa	Aa*	Aa	Aa
Espuma de poliuretano	Ab	Ab	Ab	Ab

* notação igual a do Quadro 12.

Observando o Quadro 16, verifica-se que para cada material, o parâmetro gama estimado não difere segundo o período de envelhecimento com umidade. Nota-se também que para um mesmo período de envelhecimento, o gama estimado para a manta de fibra de coco é igual ao estimado para a espuma. Ocorrendo o mesmo para o parâmetro gama estimado de ambos os materiais segundo os períodos de envelhecimento sem umidade (Quadro 17).

Quadro 16. Comparação entre os gamas estimados pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) e de Mann-Whitney, segundo o tipo de material e período de envelhecimento com umidade.

Material	Período de Envelhecimento (em dias)			
	0	7	30	45
Manta de fibra de coco	----	Aa*	Aa	estourou
Espuma de poliuretano	----	Aa	Aa	A

* notação igual a do Quadro 12.

Quadro 17. Comparação entre os gamas estimados pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) e de Mann-Whitney, segundo o tipo de material e período de envelhecimento sem umidade.

Material	Período de Envelhecimento (em dias)			
	0	7	30	45
Manta de fibra de coco	Aa	Aa*	Aa	Aa
Espuma de poliuretano	Aa	Aa	Aa	Aa

* notação igual a do Quadro 12.

Efeito da Umidade

Para verificar se houve efeito da umidade nas curvas de retorno de ambos os materiais, foram comparados os parâmetros alfa, beta e gama estimados para cada material segundo o período de envelhecimento. Essas comparações são apresentadas nos Quadros 18 a 23.

No Quadro 18, pode-se observar que os alfas estimados para manta de fibra de coco são iguais estatisticamente para o mesmo período de envelhecimento independente da umidade. Isso indica que a umidade não interferiu na assíntota da manta de fibra de coco.

Quadro 18. Comparação entre os alfas estimados pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) e de Mann-Whitney, para manta de fibra de coco segundo o período de envelhecimento e a umidade.

Umidade	Período de Envelhecimento (em dias)			
	0	7	30	45
sem	----	a*	a	----
com	----	a	a	estourou

* notação igual a do Quadro 12.

No Quadro 19, nota-se que os alfas estimados para a espuma de poliuretano são iguais estatisticamente para o mesmo período de envelhecimento independente da umidade. Isso indica que a umidade não interferiu na assíntota da espuma de poliuretano.

Quadro 19. Comparação entre os alfas estimados pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) e de Mann-Whitney, para a espuma de poliuretano segundo o período de envelhecimento e a umidade.

Umidade	Período de Envelhecimento (em dias)			
	0	7	30	45
sem	----	a*	a	a
com	----	a	a	a

* notação igual a do Quadro 12.

Nos Quadros 20 e 21 são apresentadas as comparações entre os betas estimados para a manta de fibra de coco e espuma de poliuretano segundo os períodos de envelhecimento e as condições de umidade. No Quadro 20, nota-se que o parâmetro beta para a manta de fibra de coco é estatisticamente igual para um mesmo período de envelhecimento independente da umidade. Isso indica que a umidade não interferiu na forma das curvas de retorno da manta de fibra de coco.

Quadro 20. Comparação entre os betas estimados pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) e de Mann-Whitney, para manta de fibra de coco segundo o período de envelhecimento e a umidade.

Umidade	Período de Envelhecimento (em dias)			
	0	7	30	45
sem	----	a*	a	----
com	----	a	a	estourou

* notação igual a do Quadro 12.

Observando o Quadro 21, verifica-se que o parâmetro beta para a espuma de poliuretano é estatisticamente igual para um mesmo período de envelhecimento independente da umidade, exceto para o período de 30 dias com umidade. Isso indica que a umidade não interferiu na forma das curvas de retorno da espuma de poliuretano, com exceção do período de 30 dias com umidade.

Quadro 21. Comparação entre os betas estimados pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) e de Mann-Whitney, para a espuma de poliuretano segundo o período de envelhecimento e a umidade.

Umidade	Período de Envelhecimento (em dias)			
	0	7	30	45
sem	----	a*	a	a
com	----	a	b	a

* notação igual a do Quadro 12.

Nos Quadros 22 e 23 são apresentadas as comparações entre os gamas estimados para a manta de fibra de coco e espuma de poliuretano segundo os períodos de envelhecimento e as condições de umidade. Observando o Quadro 22, nota-se que os gamas estimados para a manta de fibra de coco são iguais estatisticamente comparando-se um mesmo período de envelhecimento independente da umidade. Isso significa que a umidade não interferiu na forma das curvas de retorno da manta de fibra de coco.

Quadro 22. Comparação entre os gamas estimados pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) e de Mann-Whitney, para manta de fibra de coco segundo o período de envelhecimento e a umidade.

Umidade	Período de Envelhecimento (em dias)			
	0	7	30	45
sem	----	a*	a	----
com	----	a	a	estourou

* notação igual a do Quadro 12.

No Quadro 23, nota-se que os gamas estimados para a espuma de poliuretano são iguais estatisticamente comparando-se um mesmo período de envelhecimento independente da umidade, exceto para o período de 30 dias com umidade. Isso significa que a umidade não interferiu na forma das curvas de retorno da espuma de poliuretano, com exceção do período de 30 dias com umidade.

Quadro 23. Comparação entre os gamas estimados pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) e de Mann-Whitney, para a espuma de poliuretano segundo o período de envelhecimento e a umidade.

Umidade	Período de Envelhecimento (em dias)			
	0	7	30	45
sem	----	a*	a	a
com	----	a	b	a

* notação igual a do Quadro 12.

6.3 Ensaios de Compressão

A partir dos resultados obtidos nos Ensaios de Compressão, verificou-se que podia-se trabalhar com apenas uma dimensão para as amostras e optou-se pela dimensão de 40 x 40 x 50 mm utilizando-se a célula de carga de 10 kgf para realizar o ensaio de compressão.

Os resultados da compressão em termos de Força (N), Energia (N.mm) e Tensão (MPa) no Ponto PT - correspondente à compressão com deformação de 40mm - por tipo de material são apresentados nas Figuras 19 e 20.

Para fins de interpretação destes resultados apresentados nas Figuras 19 e 20, a resistência à compressão foi convencionalmente determinada como a tensão correspondente à deformação de 40 mm da manta dos materiais em estudo. Dessa forma, comparando os valores médios de tensão e da força da manta de fibra de coco e da espuma verifica-se que a fibra de coco oferece maior resistência à deformação, da ordem de 7 vezes. Isso indica que a espuma é mais deformável e, talvez ocorra porque no caso da manta a base de fibra de coco com látex, dependendo do teor de fibras e de látex presente poderá oferecer maior resistência à compressão.

Comparando o Coeficiente de Variação de tensão de ambos os materiais, nota-se que para manta de fibra de coco é cerca de três vezes superior ao valor para a espuma. Isso significa que a resistência à compressão é mais variável para manta de fibra de coco do que para espuma. O Coeficiente de Variação para manta de fibra de coco é superior inclusive ao de outros materiais de origem vegetal como, por exemplo, a madeira ($\delta = 18\%$), porque a manta de fibra de coco é um material heterogêneo quando comparado à espuma de

poliuretano, pois apresenta maiores espaços entre as fibras e variação no teor de látex. Já a espuma é um material aparentemente homogêneo e apresenta densidade controlada garantindo-lhe maior uniformidade.

6.4 Análise de Metais

A partir do estudo preliminar onde foram comparadas as análises de metais por mineralização a seco e a úmido com ácido nítrico concentrado (HNO₃) p.a., verificou-se que o melhor método para preparo das amostras foi o de mineralização a úmido com HNO₃, porque através dele foi possível quantificar traços de Cádmio.

Os resultados da análise de metais (Pb, Cu, Cd, Ni, Zn, Cr e As) por tipo de material: espuma de poliuretano, fibra de coco e manta de fibra de coco com látex estão listados no Quadro 24.

Quadro 24. Resultados da determinação de metais (em µg/g) em amostras de espuma de poliuretano, fibra de coco e manta de fibra de coco com látex.

MATERIAL	Pb (0,06) ¹	Cu (0,025)	Cd (0,009)	Ni (0,04)	Zn (0,008)	Cr (0,05)	As (0,1)
Espuma de poliuretano	0,52	0,28	0,72	N.D.*	2,61	N.D.	N.D.
Fibra de coco	0,30	0,44	0,78	N.D.	2,30	N.D.	N.D.
Manta de Fibra de coco com látex	3,28	0,70	0,22	N.D.	10,2	N.D.	N.D.

* N.D. = não detectado

¹ = Os valores entre parênteses correspondem aos limites de detecção (µg/mL) do aparelho, segundo Athanasopoulos (1994).

Com relação aos resultados da determinação de metais por tipo de material pode-se observar que:

- quando a fibra de coco é impregnada com látex, a presença deste faz com que seus teores de chumbo (Pb) e zinco (Zn) anteriormente inferiores aos da espuma, fiquem 6 vezes maiores no caso do chumbo e, 4 vezes maiores no caso do zinco. É importante notar que os teores de chumbo e zinco na fibra de coco com látex são devidos aos materiais utilizados para cura do látex, os quais são a base de óxido de chumbo (PbO) e de óxido de zinco (ZnO), conforme descrito por Grison (1984).

- o teor de cobre (Cu) na fibra de coco pode-se explicar pela absorção de cobre pelo coqueiro; cobre esse presente no solo ou no adubo utilizado. Já o teor de cobre presente na espuma de poliuretano deve-se possivelmente à utilização de catalisadores durante o seu processo produtivo; e
- o teor de cádmio (Cd) na fibra de coco é superior ao da espuma, mas quando comparado a manta verifica-se que o seu teor diminui cerca de 3 vezes e meia. Isso ocorre devido à composição da manta ser 75% de fibra e 25% de látex, ou seja, o beneficiamento da manta faz com que o teor de Cd diminua devido a incorporação do látex.

O grau de toxicidade em ordem crescente para os metais analisados, de acordo com o relatório do National Institute for Occupational Safety and Health - NIOSH (1994), sobre exposição máxima do trabalhador durante 10 h de trabalho, é o seguinte: Zinco, Crômio, Chumbo, Cobre, Níquel, Cádmio e Arsênio.

Dessa forma, pode-se verificar que o elemento mais tóxico, o Arsênio, não foi detectado nos materiais em estudo. Já o Cádmio, considerado o segundo metal mais tóxico dentre os analisados, foi encontrado tanto na espuma quanto na fibra de coco sem látex, sendo que na manta de fibra de coco com látex apresenta-se num teor cerca de 4 vezes menor quando comparado à espuma e a fibra de coco.

O Crômio, o Arsênio e o Níquel não foram detectados nas amostras dos materiais.

6.5 Análise Qualitativa dos produtos formados na pirólise

Os resultados da análise qualitativa dos produtos de pirólise a 500°C de cada material são apresentados no Quadro 25.

Quadro 25. Resultados da análise qualitativa dos produtos de pirólise a 500°C por tipo de material.

MATERIAL	COMPOSTOS PREPONDERANTES	PEQUENAS PROPORÇÕES	TRAÇOS
FIBRA DE COCO	Ácido acético (C ₂ H ₄ O ₂)	Acetaldeído (C ₂ H ₄ O)	Etileno (C ₂ H ₄)
	Dióxido de carbono (CO ₂)	Acetona (C ₃ H ₆ O)	Propileno (C ₃ H ₆)
	Água (H ₂ O)	Furano (C ₄ H ₄ O)	Clorometano (CH ₃ Cl)
		2,3-Butanodiona (C ₄ H ₆ O ₂)	Metanol (CH ₄ O)
			Buteno (C ₄ H ₈) Acroleína (C ₃ H ₄ O)
MANTA DE FIBRA DE COCO COM LÁTEX	Isopreno (C ₅ H ₈) Ácido acético (C ₂ H ₄ O ₂) Dióxido de carbono (CO ₂) Água (H ₂ O)	Etileno (C ₂ H ₄) Propileno (C ₃ H ₆) Acetaldeído (C ₂ H ₄ O) Buteno (C ₄ H ₈) Acetona (C ₃ H ₆ O) Furano (C ₄ H ₄ O)	Etano (C ₂ H ₆) Acroleína (C ₃ H ₄ O) 2,3-Butanodiona (C ₄ H ₆ O ₂)
ESPUMA DE POLIURETANO	Dióxido de carbono (CO ₂) Propileno (C ₃ H ₆) Acetaldeído (C ₂ H ₄ O) Acetona (C ₃ H ₆ O) Propionaldeído (C ₃ H ₆ O)	Água (H ₂ O) Acrilonitrila (C ₃ H ₃ N)	Propano (C ₃ H ₈)

Observando o Quadro 25, comparando os produtos da pirólise da manta de fibra de coco com látex em relação aos da fibra de coco, nota-se que devido ao látex aparecem compostos como o etano e o isopreno. Já a pirólise da fibra de coco a 500°C apresenta como compostos característicos o clorometano e o metanol. Quanto a pirólise da

espuma de poliuretano a 500°C, a mesma apresenta como compostos característicos o propionaldeído e a acrilonitrila.

Observando o Quadro 26, comparando a pirólise da fibra de coco a 800°C em relação a dos outros materiais, nota-se que o propenilacetileno aparece apenas na pirólise da fibra de coco. Já como compostos característicos da pirólise da espuma de poliuretano aparecem, ao nível de traços, cianeto de hidrogênio, propano, propanonitrila, vinilacetoneitrila e, em pequenas proporções aparece a acetoneitrila.

É importante notar que os compostos benzeno e tolueno aparecem como produtos da pirólise em todos os materiais em estudo, quando aquecidos a 800°C. No entanto, aparecem em pequenas proporções na espuma de poliuretano e, como preponderantes na manta de fibra de coco com látex; sendo que na fibra de coco sozinha, o benzeno aparece como preponderante e, o tolueno, em pequenas proporções (Quadro 26).

Quadro 26. Resultados da análise qualitativa dos produtos de pirólise a 800°C por tipo de material.

MATERIAL	COMPOSTOS PREPONDERANTES	PEQUENAS PROPORÇÕES	TRAÇOS
FIBRA DE COCO	Metano (CH ₄)	Monóxido de carbono (CO)	Metilacetileno (C ₃ H ₄)
	Dióxido de carbono (CO ₂)	Etano (C ₂ H ₆)	Acrilonitrila (C ₃ H ₃ N)
	Etileno (C ₂ H ₄)	Acetaldeído (C ₂ H ₄ O)	Ácido acético (C ₂ H ₄ O ₂)
	Água (H ₂ O)	Acetona (C ₃ H ₆ O)	
	Propileno (C ₃ H ₆) Buteno (C ₄ H ₈) Butadieno (C ₄ H ₆) Benzeno (C ₆ H ₆)	Furano (C ₄ H ₄ O) Propenilacetileno (C ₅ H ₆) Tolueno (C ₇ H ₈)	
MANTA DE FIBRA DE COCO COM LÁTEX	Metano (CH ₄)	Monóxido de carbono (CO)	Acetona (C ₃ H ₆ O)
	Dióxido de carbono (CO ₂)	Etano (C ₂ H ₆)	Furano (C ₄ H ₄ O)
	Etileno (C ₂ H ₄)	Metilacetileno (C ₃ H ₄)	
	Água (H ₂ O)	Acetaldeído (C ₂ H ₄ O)	
	Propileno (C ₃ H ₆) Buteno (C ₄ H ₈) Butadieno (C ₄ H ₆) Isopreno (C ₅ H ₈) Benzeno (C ₆ H ₆) Tolueno (C ₇ H ₈)		
	Metano (CH ₄)	Monóxido de carbono (CO)	Cianeto de hidrogênio (HCN)
	Dióxido de carbono (CO ₂)	Etano (C ₂ H ₆)	Propano (C ₃ H ₈)
	Etileno (C ₂ H ₄)	Água (H ₂ O)	Propanonitrila (C ₃ H ₅ N)
ESPUMA DE POLIURETANO	Propileno (C ₃ H ₆)	Acetaldeído (C ₂ H ₄ O) Buteno (C ₄ H ₈)	Isopreno (C ₅ H ₈) Vinilacetona (C ₄ H ₅ N)
		Butadieno (C ₄ H ₆) Acetonitrila (C ₂ H ₃ N) Acetona (C ₃ H ₆ O) Acrilonitrila (C ₃ H ₃ N) Benzeno (C ₆ H ₆) Tolueno (C ₇ H ₈)	

Comparando os Quadros 25 e 26, quanto aos compostos formados durante a pirólise da fibra de coco a 500 e 800°C, nota-se que com o aumento da temperatura um maior número de compostos são formados. Isso ocorre também para a manta de fibra de coco com látex e para a espuma de poliuretano, porque com o aumento da temperatura os compostos sofrem reações químicas do tipo oxidação e/ou decomposição originando outros compostos. Como exemplo, pode-se citar a acroleína, encontrada na pirólise a 500°C da manta de fibra de coco com látex, sendo formada pela oxidação do propileno na presença de vapor d'água e catalisada por cobre (Allinger et al., 1978).

Comparando as Figuras 21, 22 e 23, os picos do benzeno e tolueno são bem diferentes para cada material, quando pirolisado a 800°C. Nota-se que a presença do látex na manta de fibra de coco aumenta a área dos picos de alguns compostos como, por exemplo, o propileno, o buteno-butadieno e, principalmente, o benzeno e tolueno. O látex é também responsável pelo aparecimento do composto isopreno, como podemos notar comparando as Figuras 21 e 22, referentes aos cromatogramas dos produtos formados na pirólise a 800°C da fibra de coco sem e com látex, respectivamente. É importante frisar que o isopreno é o principal componente do látex natural, cuja composição final apresenta 38,5% de água, 60% de poliisopreno (borracha) e 1,5% de sais, resinas, cinzas e açúcares (Morassi, 1999)* e, é justamente esse látex que é aplicado nas mantas de fibra de coco.

Analisando as Figuras 22 e 23, nota-se que o furano é o único composto que aparece na manta de fibra de coco com látex e não aparece na espuma de poliuretano. No entanto, todos os outros compostos que estão presentes na pirólise a 800°C da manta de fibra de coco com látex também aparecem na espuma de poliuretano, sendo que esta ainda apresenta como compostos característicos: cianeto de hidrogênio, acetonitrila, acrilonitrila, propanonitrila e vinilacetona. Dessa forma, pode-se afirmar que a fumaça formada pelos compostos resultantes da pirólise a 800°C da espuma de poliuretano é mais tóxica que aquela produzida pela manta de fibra de coco sob as mesmas condições.

Quanto a origem do furano presente na fibra de coco e na manta de fibra de coco com látex, sabe-se que a partir da desidratação das pentosanas presentes na fibra

* MORASSI, O. J. (MERCEDES-BENZ do Brasil, São Bernardo do Campo). Comunicação pessoal, 1999.

de coco forma-se o furfural, e a oxidação deste origina o furano (Allinger et al., 1978). É importante notar que a pirólise a 500 e 800°C garantiu que os principais compostos presentes na fibra de coco (lignina, celoluse, pentosanas) fossem pirolisados, porque segundo Ramiah (1970), a pirólise final da celulose ocorre em aproximadamente 380°C, da lignina a 440°C e das pentosanas a 320°C, determinadas a partir da Análise Térmica Diferencial (DTA).

Quanto ao cianeto de hidrogênio (HCN) presente na pirólise a 800°C da espuma de poliuretano; sabe-se que a combustão de plásticos contendo grupos nitrila pode resultar na liberação de HCN. Como exemplo, pode-se citar o acidente que ocorreu em Paris em 1973, onde um incêndio a bordo de um avião matou 119 passageiros, devido à combustão de material plástico que produziu HCN (Klaassen, 1996).

De acordo com o relatório da NIOSH (1994), os valores de IDLH, os quais indicam a concentração “Imediatamente perigosa para a vida ou saúde”, são os seguintes para os principais compostos, toxicologicamente falando, encontrados após a pirólise dos materiais em estudo (Quadro 27).

Segundo a NIOSH (1994), os valores da IDLH indicam a concentração (em ppm ou mg/m³) que representa o nível máximo de exposição em um período de 30 minutos em que uma pessoa exposta pode escapar sem sintomas graves e efeitos irreversíveis para a saúde.

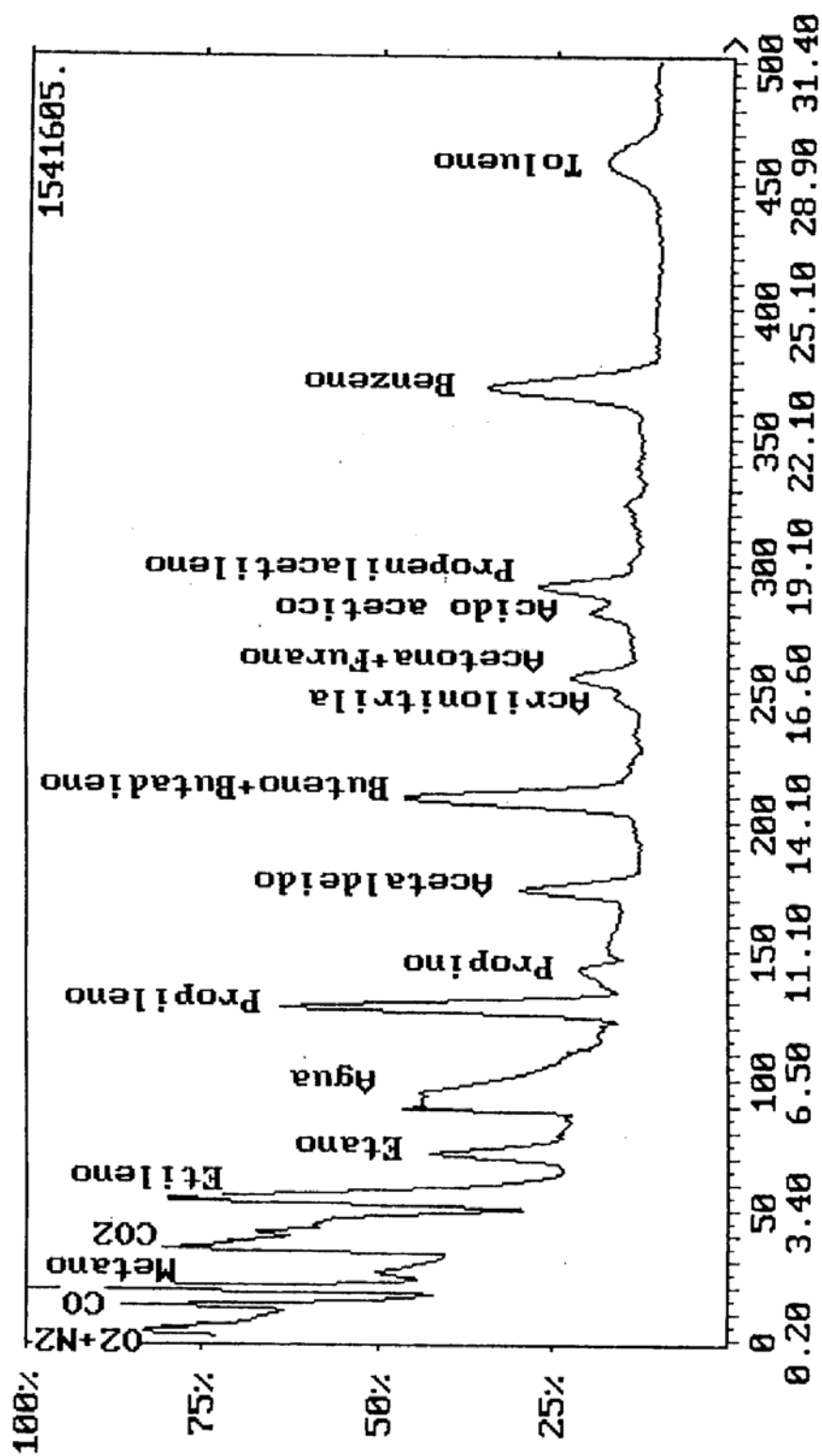


Figura 21. Cromatograma dos produtos formados na pirólise a 800°C da fibra de coco sem látex.

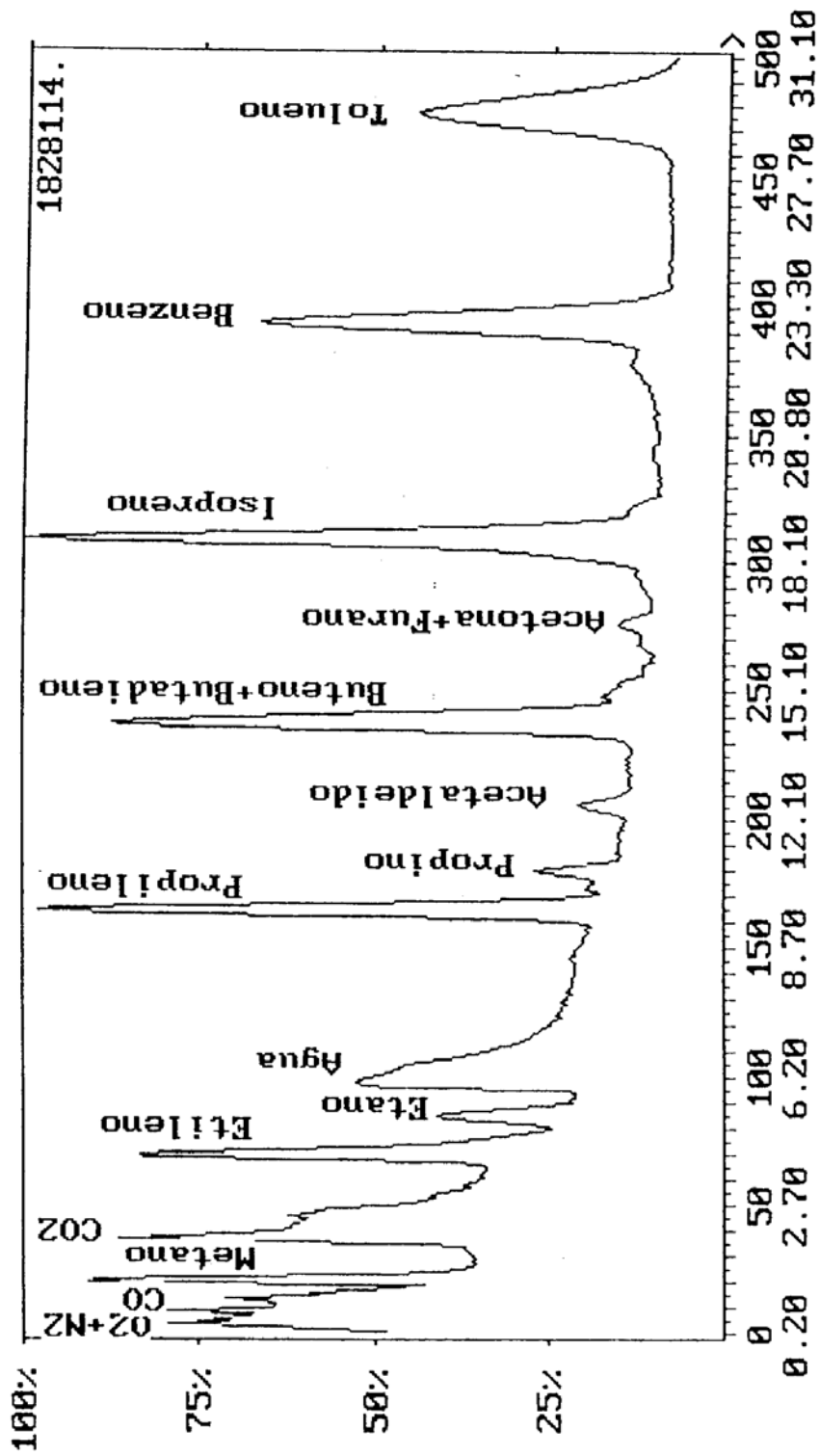


Figura 22. Cromatograma dos produtos formados na pirólise a 800°C da manta de fibra de coco com látex.

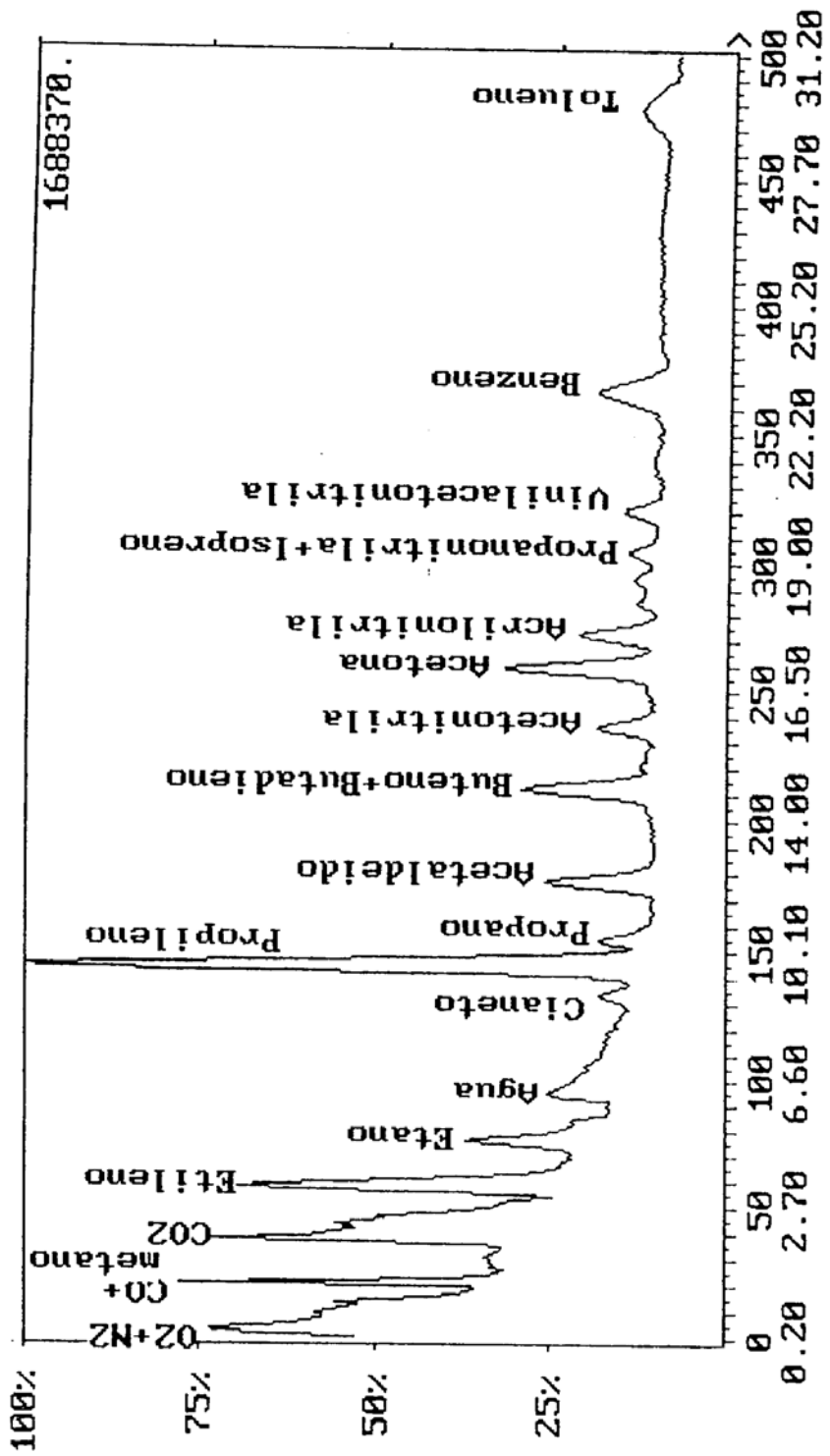


Figura 23. Cromatograma dos produtos formados na pirólise a 800°C da espuma de poliuretano.

Quadro 27. Concentração máxima (ppm) segundo a IDLH para os principais compostos encontrados durante a pirólise dos materiais em estudo.

Compostos	IDLH (ppm)
Acetaldeído	Ca** [2000]
Acetona	2500
Acetonitrila	500
Ácido acético	50
Acrilonitrila	Ca [85]
Benzeno	Ca [500]
Butadieno	Ca [2000]
Cianeto de hidrogênio	50
Dióxido de carbono	40000
Furano*	-----
Isopreno	Ca [2000]
Monóxido de carbono	1200
Óxido de etileno	Ca [800]
Tolueno	500

Fonte: NIOSH (1994)

* valor de IDLH ainda não determinado.

** notação “Ca” = substância considerada um potencial carcinógeno ocupacional.

No Quadro 27, comparando-se a IDLH dos compostos apresentados, nota-se que os mais prejudiciais à saúde em ordem decrescente são: cianeto, ácido acético, acrilonitrila, benzeno, tolueno, monóxido de carbono e isopreno.

Esse gás, o cianeto de hidrogênio quando inalado pode causar hiperpnea, apnea, edema pulmonar e cianose (Hall e Rumack, Vogel et al. e Graham et al. apud Micromedex, 1974 - 1999). Dor de cabeça e estimulação do Sistema Nervoso Central (SNC) com apresentações variadas evoluindo de ansiedade para agitação e comportamento combativo podem ser sinais antecipados de envenenamento por cianeto (Vogel et al. apud Micromedex, 1974 - 1999). Podem ocorrer convulsões hipóxicas, e a morte se deve à parada respiratória. A maioria das pessoas com exposição aguda ao cianeto geralmente morre imediatamente ou se recupera totalmente. Entretanto, casos de seqüelas neurológicas, incluindo alterações de personalidade e defeitos de memória foram relatados em vítimas que sobreviveram (Klaassen, 1996).

A toxicidade aguda ao benzeno por inalação ou exposição da pele ao fumo resulta em efeitos no SNC, queimação cutânea e efeitos respiratórios (pulmões hemorrágicos com pouco ar e edema pulmonar). A inalação pode resultar em irritação dos

brônquios, tosse, rouquidão e edema pulmonar (Micromedex, 1974 – 1999). O benzeno é um solvente amplamente usado para sínteses químicas, e é um constituinte natural do combustível de automóveis. Entretanto, o benzeno é muito tóxico sendo classificado pela EPA como um carcinógeno humano (Klaassen, 1996).

Quanto ao tolueno tem sido relatado que a inalação aguda causa excitação do SNC (euforia, vertigem, tremores, nervoso, insônia) seguida por depressão do SNC (dor-de-cabeça, tontura, fadiga, enfraquecimento muscular, sonolência, confusão, vertigem, tempo de reação e velocidade de percepção diminuídos) após exposição a 400 e 800 ppm. Ataxia, fadiga severa e tonturas durante vários dias tem sido relatadas após exposição ao tolueno por inalação aguda a 800 ppm. Rápida anestesia geral tem ocorrido após exposição por inalação aguda a 10 ppm ou mais (Micromedex, 1974 – 1999).

A exposição ao tolueno por inalação aguda pode resultar em irritação da laringe e brônquios, bronquite aguda, broncoespasmo, edema pulmonar e asfixia a partir de narcose e/ou sufocação (Micromedex, 1974 – 1999).

Quanto ao monóxido de carbono (CO), a sua inalação pode levar a casos de hiperventilação, falhas respiratórias, dispnea ou edema pulmonar (Meert et al., Sawa apud Micromedex, 1974 – 1999). Os efeitos neurológicos agudos incluem dor de cabeça, ataques, tonturas, mudanças sutis na personalidade, problemas de memória, confusão e coma (Micromedex, 1974 – 1999).

De acordo com Klaassen (1996), a toxicidade do CO deve-se a sua combinação com a hemoglobina para formar carboxiemoglobina (COHb). A hemoglobina nesta forma não pode transportar oxigênio, pois ambos os gases reagem com os mesmos grupamentos na molécula da hemoglobina. Como a afinidade da hemoglobina por CO é aproximadamente 220 vezes maior do que por oxigênio, o CO é perigoso mesmo em baixa concentração. Portanto, a exposição a uma mistura gasosa de 0,1% de CO (1.000 ppm) no ar resultaria em aproximadamente 50% de carboxiemoglobina. E a redução na capacidade de transporte de oxigênio pelo sangue é proporcional à quantidade de COHb presente. Dessa forma, segundo Klaassen (1996), os tecidos mais afetados pela exposição aguda ao CO são os mais sensíveis à privação de oxigênio, tais como o cérebro e o coração, e as lesões são predominantemente hemorrágicas.

A maioria das vítimas de incêndios em ambientes fechados morre de envenenamento agudo por CO, e não por queimaduras. O automóvel é a maior fonte de CO. As concentrações podem atingir 115 ppm nos engarrafamentos, 75 ppm nos veículos em vias expressas e 23 ppm em áreas residenciais. Nas garagens subterrâneas e túneis, os níveis de CO excedem os 100 ppm por longos períodos (Klaassen, 1996).

Quanto a acrilonitrila, a inalação aguda pode produzir dor de cabeça, espirros, irritação da membrana mucosa, desconforto no peito, náusea, vômito, diarreia, tontura, fraqueza e apreensão, com exposições severas resultando em asfixia e colapso cardiovascular (Ellenhorn, 1997).

Quanto a exposição por inalação ao isopreno poderá ocorrer irritação da pele, olhos e membranas mucosas. Vapores podem causar tonturas ou sufocação (Micromedex, 1974 – 1999).

No entanto, trata-se de uma análise qualitativa dos produtos formados na pirólise dos materiais em estudo, a qual indica quais compostos estarão presentes no fumo resultante da queima de um assento automotivo. Em outras palavras, a quais compostos estará exposto o usuário caso o veículo pegue fogo. Dessa forma, a partir dos resultados dessa análise expostos nos Quadros 25 e 26, pode-se sugerir a melhoria da composição do látex uma vez que verificou-se que a presença do látex na fibra de coco intensificou os picos de alguns compostos e foi responsável pelo aparecimento de outros.

Entretanto, para se avaliar melhor a toxicidade da fumaça resultante da queima de um assento automotivo, sugere-se que seja feita, em trabalhos futuros, a análise quantitativa dos principais produtos formados na pirólise dos materiais em estudo.

7 CONCLUSÕES

Quanto ao processamento e industrialização da fibra de coco analisados durante o estágio na Unidade de Beneficiamento e Industrialização da fibra de coco, localizada na Ilha do Marajó, no Estado do Pará; pode-se concluir que para melhoria do processo de industrialização da fibra de coco deveria-se mecanizar a aplicação do látex nas mantas de fibra de coco evitando-se dessa forma desperdícios e possíveis acidentes com o látex durante a sua aplicação.

Quanto a análise de compressão e torção, o comportamento dos dois tipos de materiais (espuma de poliuretano, mantas de fibra de coco com látex) demonstrou através dos testes estatísticos que:

- Todos os tratamentos sofreram deformação volumétrica porque nenhum dos intervalos de confiança construídos para β contém o valor 1. No entanto, a deformação volumétrica ocorrida na manta de fibra de coco com látex foi sempre superior a da espuma de poliuretano independente do período de envelhecimento e da condição de umidade.

- No caso da espuma de poliuretano, observou-se que a umidade exerceu efeito na deformação volumétrica do grupo envelhecido durante 45 dias. Quanto a manta de fibra de coco, observou-se que houve efeito da umidade na deformação volumétrica do grupo envelhecido durante 7 dias.
- Comparando-se ambos os materiais, espuma de poliuretano e manta de fibra de coco com látex, sem umidade verificou-se que não houve efeito do período de envelhecimento na deformação volumétrica da espuma de poliuretano. Já para a manta de fibra de coco, os períodos de envelhecimento de 0, 7 e 30 dias foram significativos na deformação volumétrica desse material.
- Comparando-se somente as amostras de ambos os materiais com umidade verificou-se que o período de envelhecimento não interferiu na deformação volumétrica das mesmas. Dessa forma, pode-se concluir que neste caso a umidade foi mais importante na deformação volumétrica dos materiais do que o período em que foram envelhecidos.

Em relação ao estudo da capacidade de recuperação do volume inicial, verificou-se que ambos os materiais, envelhecidos ou não, apresentaram um comportamento de retorno ao seu volume inicial atingindo um patamar de estabilização. No entanto, a espuma por ser um material homogêneo com densidade controlada, retorna praticamente 100% ao seu volume inicial. Já a manta de fibra de coco recupera apenas parte de seu volume inicial mantendo uma taxa de deformação por ser um material heterogêneo no sentido de não existir uma padronização de seu processo produtivo, ou seja, não há controle sobre a quantidade de látex aplicada e não existe um direcionamento prévio das fibras de coco para a confecção das mantas.

Através da comparação entre os betas estimados pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) e de Mann-Whitney, para cada tipo de material e período de envelhecimento, concluiu-se que para um mesmo período de envelhecimento, os betas estimados para a manta de fibra de coco diferem daqueles estimados para a espuma de

poliuretano; o que indica que cada material tem uma forma de assíntota característica (ou seja, cada material tem uma forma de curva de retorno característica).

Através da comparação entre os parâmetros alfa, beta e gama estimados para cada material segundo o período de envelhecimento, verificou-se que a umidade não interferiu na curva de retorno (assíntota) de cada material; com exceção da espuma de poliuretano envelhecida durante 30 dias com umidade.

Quanto a análise de compressão verificou-se que a fibra de coco oferece maior resistência à compressão do que a espuma, porque a força média (N) necessária à compressão com uma deformação de 40 mm para a manta de fibra de coco com látex foi cerca de 7 vezes superior a da espuma. Isso indica que a espuma é mais deformável e, ocorreu provavelmente porque no caso da manta de fibra de coco com látex, dependendo do teor de fibras e de látex presente oferecerá maior resistência à compressão.

Em relação a análise de metais verificou-se a presença de Pb, Cu, Cd e Zn na espuma de poliuretano, fibra de coco e manta de fibra de coco com látex. No entanto, os teores de chumbo e zinco na manta de fibra de coco com látex são devidos aos materiais utilizados para a cura do látex. Dessa forma, concluiu-se que há necessidade de melhoria da composição do látex atualmente aplicado na fibra de coco para a confecção das mantas.

Quanto a análise qualitativa dos produtos formados na pirólise a 800°C dos materiais em estudo, constatou-se que aparecem vários compostos preocupantes, toxicologicamente falando, no fumo desses materiais. Notou-se que o furano é o único composto que aparece na manta de fibra de coco com látex e não aparece na espuma de poliuretano. No entanto, todos os outros compostos que estão presentes na pirólise a 800°C da manta de fibra de coco com látex também aparecem na espuma de poliuretano, sendo que esta ainda apresenta como compostos característicos: cianeto de hidrogênio, acetonitrila, acrilonitrila, propanonitrila e vinilacetona. Dessa forma, pode-se afirmar que a fumaça formada pelos compostos resultantes da pirólise a 800°C da espuma de poliuretano é mais tóxica que aquela produzida pela manta de fibra de coco com látex sob as mesmas condições.

Além disso, a literatura é escassa, não apresentando dados para avaliar os efeitos tóxicos da exposição aguda a todos esses compostos presentes na mesma fumaça. Na literatura encontram-se apenas os efeitos tóxicos dos principais compostos em separado, os

quais foram descritos no subcapítulo 6.5., intitulado Análise Qualitativa dos produtos formados na pirólise.

Finalizando, verifica-se que tanto os assentos a base de fibra de coco com látex como os de espuma de poliuretano apresentam vantagens e desvantagens, sendo que no caso dos assentos a base de fibra de coco ter-se-iam como pontos fortes o apelo social através da geração de empregos para comunidades carentes, o fato de evitar o descarte da casca de coco reduzindo a geração de resíduos sólidos e, o aspecto ambiental por ser um material biodegradável e reciclável atendendo às exigências ambientais da ISO 14000. Desse modo, fica clara a necessidade de conscientização dos futuros compradores de veículos de se informarem sobre a composição da matéria-prima aplicada nos mesmos e, principalmente sobre o destino desses materiais após a sua vida útil.

Atualmente será uma atitude de cidadania, o fato dos consumidores exigirem um produto ambientalmente correto, ou seja, um produto que não gere danos ambientais durante o seu ciclo de vida.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLINGER, N.L., CAVA, M.P., De JONGH, D.C., JOHNSON, C.R., LEBEL, N.A., STEVENS, C.L. *Química Orgânica*. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978. p.686-7.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. 1985 (NBR 9179). Espumas flexíveis de poliuretano - ensaio de envelhecimento em autoclave. Rio de Janeiro, 2p.

ASTM D143 (1994). Standard Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber. In: Annual Book of ASTM Standards, v.04.10, American Society of Testing and Materials, Philadelphia, PA, 1996. p.23-28.

ATHANASOPOULOS, N. *Flame Methods Manual for Atomic Absorption*. Victoria: GBC Scientific Equipment PTY, 1994. p.9-1 – 9-18.

- BRZOZKA, M.M., MONIUSZKO, J.J. The influence of calcium content in diet on cumulation and toxicity of cadmium in the organism. *Arch. Toxicol.*, v.72, n.2, p.63-73, 1998.
- CAMPOS, H. *Estatística Experimental não - paramétrica*. 4.ed. Piracicaba: ESALQ, 1983. 349p.
- CASSARET, A., DOULL'S, D. *Toxicology: the basic science of poisons*. 5.ed. USA: McMillan Publishing, 1986. 1111p.
- CHEHEBE, J.R.B. *Análise do ciclo de vida de produtos – ferramenta gerencial da ISO 14000*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998. 104p.
- CUNHA, E.J.S. *Processamento de fibras vegetais para aplicação industrial*. Belém - PA, 1996, 32p. Seminário apresentado à disciplina: Tópicos Especiais em Materiais - Universidade Federal do Pará.
- DRAPER, N.R., SMITH, H. *Applied Regression Analysis*. 3.ed. Nova York: John Wiley & Sons, 1998. 709p.
- EGREJA FILHO, F.B. *Avaliação da ocorrência e distribuição dos metais pesados na compostagem de lixo domiciliar urbano*. Viçosa, 1993. 176p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Agroquímica) - Universidade Federal de Viçosa.
- ELLENHORN, M.J. Respiratory Toxicology. In: *Ellenhorn's Medical Toxicology: diagnosis and treatment of human poisoning*. 2.ed. USA: Williams & Wilkins, 1997. p.1486-1613.

- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Tabuleiros Costeiros, Aracaju - SE. *Recomendações técnicas para o cultivo do coqueiro*. Aracaju, 1993, 44p. (Circular Técnica nº 1).
- FARIA, L.J.G. *Processos para obtenção de fibras naturais*. In: MITSCHKEIN, T., PINHO, J., FLORES, C. *Plantas Amazônicas e seu Aproveitamento Tecnológico*. Belém - PA, Universidade Federal do Pará: Daimler Benz: CEJUP Editora. 1993. 232p.
- FERREIRA, J.M.S., WARWICK, D.R.N., SIQUEIRA, L.A. *Cultura do Coqueiro no Brasil*. Aracaju: EMBRAPA - SPI, 1994. 309p.
- GRISON, E.C., HOINACKI, E., MELLO, J.A.B. *Curso de Tecnologia da Borracha*. Porto Alegre: ABQ, 1984. v.II. 268p.
- HAN, J.S., ROWELL, J.S. Chemical Composition of Fibers. In: ROWELL, R.M., YOUNG, R.A., ROWELL, J.K. *Paper and Composites from Agro-Based Resources*. Flórida: CRC Press, 1997. p.83-134.
- HARRIES, N.G., HARRIES, T.E. *Materiais Têxteis: curso técnico programado*. São Paulo: EPU, 1976. 87p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Anuário Estatístico do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 1996, seção 3, p.33.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. World Wide Web - <http://www.ibge.gov.br>, 1999.
- Kirk - Othmer. *Encyclopedia of Chemical Technology*. 3.ed. New York: Wiley-Interscience Publication, 1994. p.182-97.

KLAASSEN, C.D. Agentes tóxicos ambientais não-metálicos. In: GOODMAN & GILMAN. *As Bases Farmacológicas da Terapêutica*. 9.ed. México: McGraw-Hill Interamericana Editores, 1996. p.1240-52.

LARINI, L. *Toxicologia*. São Paulo: Manole, 1987. 315p.

LESTER, J.N. *Heavy metals in wastewater and sludge treatment processes*. Flórida: CRC Press, 1987. 195p.

MEDINA, J.C. *Plantas Fibrosas da Flora Mundial*. Seção de Plantas Fibrosas, Instituto Agrônômico de Campinas, 1959. 913p.

MICROMEDEX. *International Healthcare Series*. anos 1974-1999. v.100.

MOORE, J.W., RAMAMOORTHY, S. *Heavy metals in natural waters*. New York: Springer-Verlag, 1984. 328p.

NBR ISO 14001. *Sistemas de gestão ambiental - Especificação e diretrizes para uso*. 1996. 14p.

NBR ISO 14004. *Sistemas de gestão ambiental - Diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio*. 1996. 32p.

NIOSH (NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH), CDC (CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION). *NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards*. USA: Department of Health and Human services, 1994. p.20, 44, 72, 76, 184, 224, 340.

PEREIRA, J.B.A. *Recomendações para a cultura do coco*. Niterói: EMATER - RIO, 1996. 26p.

- RAMIAH, M.V. Thermogravimetric and Differential Thermal Analysis of Cellulose, Hemicellulose and Lignin. *Journal of Applied Polymer Science*, v.14, p.1323-37, 1970.
- REIS, M.J.L. *ISO 14000: gerenciamento ambiental: um novo desafio para a sua competitividade*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1996. 187p.
- SADOVNICOKOVA, L.K., ZYRIN, N.G. Indices of soil pollution by heavy metals and non metals used for soil monitoring. *Soviet Soil Sci.*, v.17, n.6, p.58-3, 1986.
- SANTOS, G.S.R. A Reciclagem de Veículos. *Tecnologia Automotiva*, v.14, p.4-5, 1999.
- SCHVARTSMAN, S. *Intoxicações Agudas*. 4.ed. São Paulo: SARVIER, 1991. 355p.
- SETAC. *A Technical Framework for Life-Cycle Assessment*. Workshop report from the Smugglers Notch, Vermont, USA, Workshop held August 18 - 23, 1991.
- SETAC. *Guidelines for Life-Cycle Assessment: A "Code of Practice"*. From the SETAC Workshop held at Sesimbra, Portugal, 31 March - 3 April, 1993.
- TAVARES, T.M., CARVALHO, F.M. Avaliação da exposição de populações humanas a metais pesados no ambiente: exemplos do Recôncavo Baiano. *Química Nova*, v.15, n.2, p.147-53, 1992.
- VENTURA, L. Fibra de coco e látex. *Tecnologia Automotiva*, v.9, n.1, p. 30-1, 1994.
- VOGEL, A. *Análise Inorgânica Quantitativa*. 4.ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1986. 690p.
- ZAR, J.H. *Biostatistical Analysis*. 3.ed. New Jersey: Prentice Hall, 1996. 718p.

APÊNDICE 1

CURVAS DE CALIBRAÇÃO

Sample Type	Conc. ug/ml	%RSD	Mean Abs.	Replicates		
Standard 1	0.250	11.15	0.030	0.028	0.034	0.028
Standard 2	0.500	4.38	0.053	0.056	0.051	0.052
Standard 3	1.000	4.33	0.106	0.110	0.101	0.106
Standard 4	2.000	0.66	0.201	0.201	0.200	0.203
Standard 5	4.000	0.51	0.368	0.368	0.368	0.370

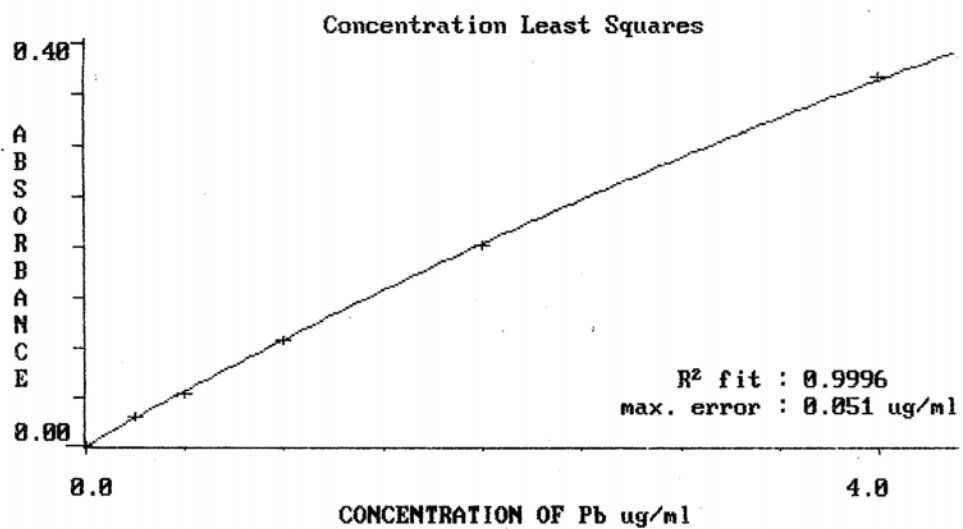


Figura 1. Curva de calibração para determinação de chumbo.

Sample Type	Conc. ug/ml	%RSD	Mean Abs.	Replicates		
Blank	0.000	-----	0.000	0.000	0.001	-0.000
Standard 1	0.250	1.44	0.048	0.048	0.049	0.048
Standard 2	0.500	0.95	0.096	0.097	0.096	0.095
Standard 3	1.000	0.47	0.184	0.185	0.184	0.183
Standard 4	2.000	0.51	0.351	0.349	0.351	0.352

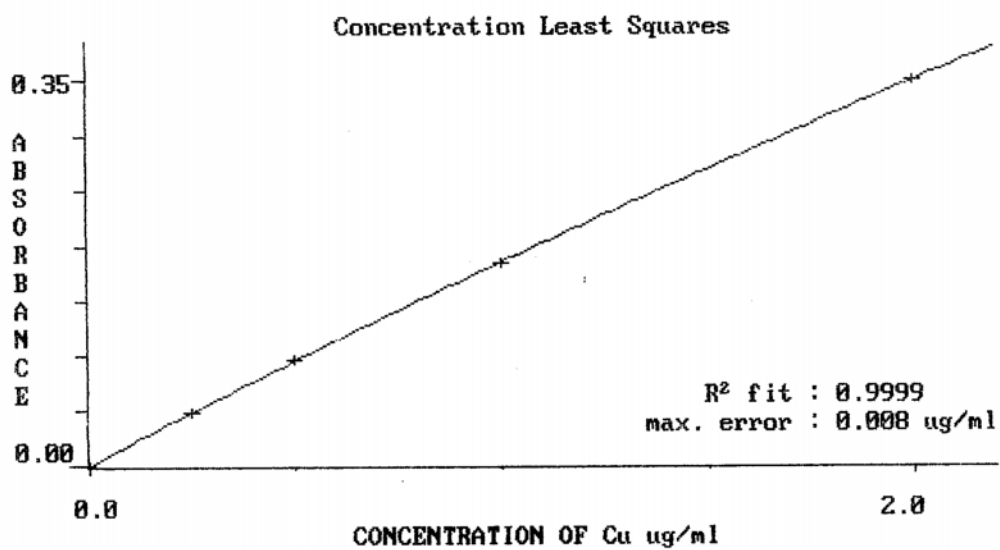


Figura 2. Curva de calibração para determinação de cobre.

Sample Type	Conc. ug/ml	%RSD	Mean Abs.	Replicates		
Blank	0.000	-----	-0.000	0.003	-0.003	-0.001
Standard 1	0.100	3.21	0.070	0.068	0.072	0.070
Standard 2	0.200	2.65	0.144	0.146	0.147	0.140
Standard 3	0.500	1.07	0.332	0.335	0.334	0.328
Standard 4	1.000	0.73	0.634	0.633	0.630	0.639

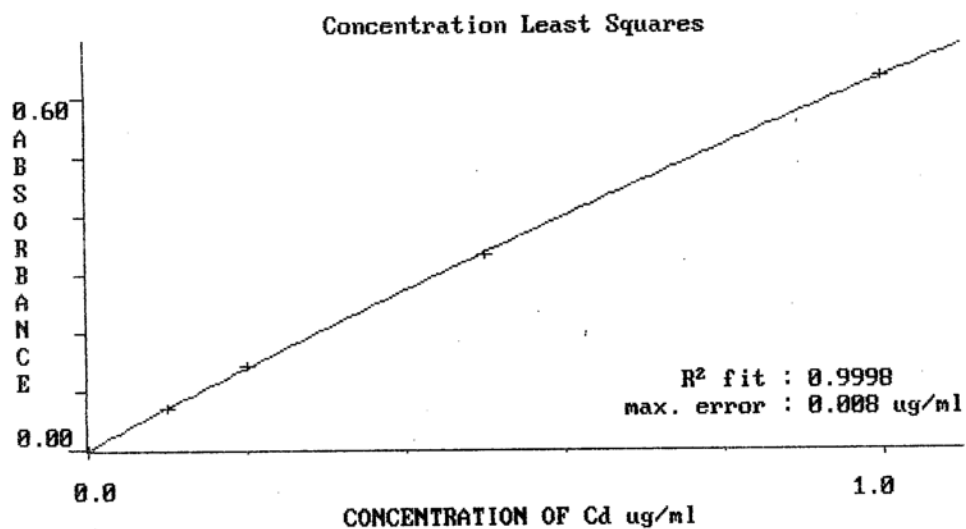


Figura 3. Curva de calibração para determinação de cádmio.

Sample Type	Conc. ug/ml	%RSD	Mean Abs.	Replicates		
Blank	0.000	-----	-0.003	-0.002	-0.002	-0.004
Standard 1	5.000	0.65	0.674	0.678	0.670	0.675
Standard 2	10.000	0.29	1.137	1.140	1.133	1.137
Standard 3	20.000	0.26	1.694	1.694	1.698	1.689
Standard 4	40.000	0.39	2.235	2.245	2.229	2.232

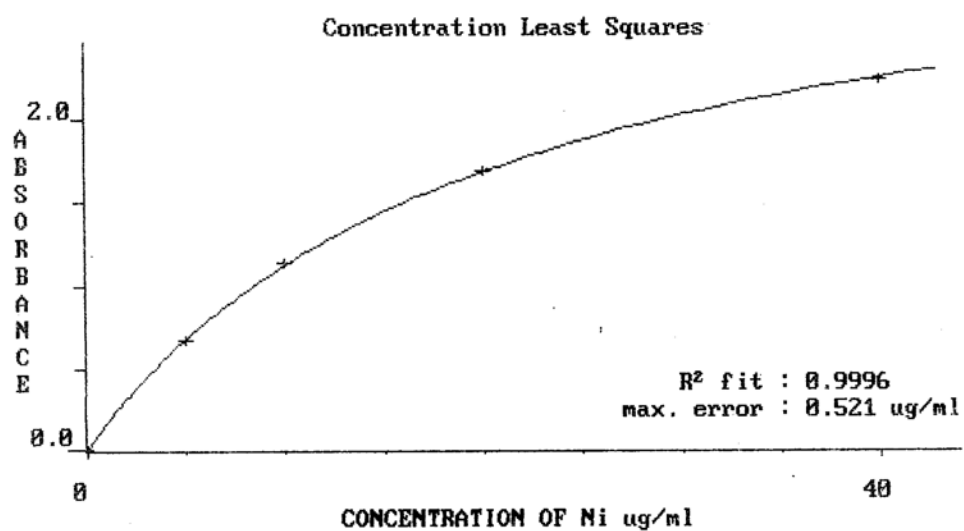


Figura 4. Curva de calibração para determinação de níquel.

Sample Type	Conc. ug/ml	%RSD	Mean Abs.	Replicates		
Blank	0.000	-----	-0.002	-0.002	-0.001	-0.002
Standard 1	0.500	0.79	0.326	0.325	0.328	0.323
Standard 2	1.000	0.08	0.620	0.621	0.620	0.620
Standard 3	2.000	0.42	1.062	1.067	1.062	1.059
Standard 4	4.000	0.18	1.650	1.651	1.647	1.653

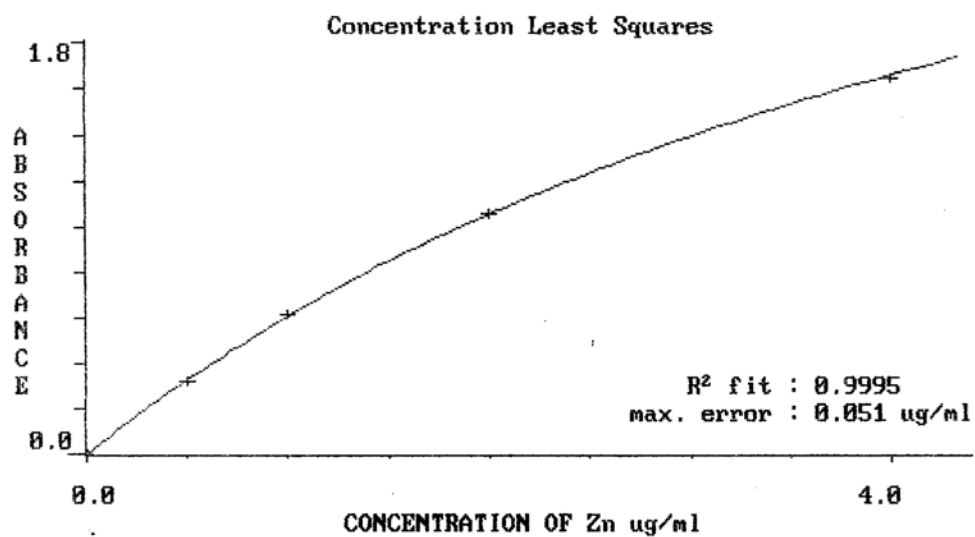


Figura 5. Curva de calibração para determinação de zinco.

Sample Type	Conc. ug/ml	%RSD	Mean Abs.	Replicates		
Blank	0.000	-----	0.002	0.000	0.001	0.005
Standard 1	2.500	5.69	0.055	0.054	0.053	0.059
Standard 2	5.000	1.11	0.106	0.105	0.108	0.106
Standard 3	10.000	1.80	0.187	0.189	0.188	0.183
Standard 4	20.000	2.04	0.353	0.349	0.348	0.361

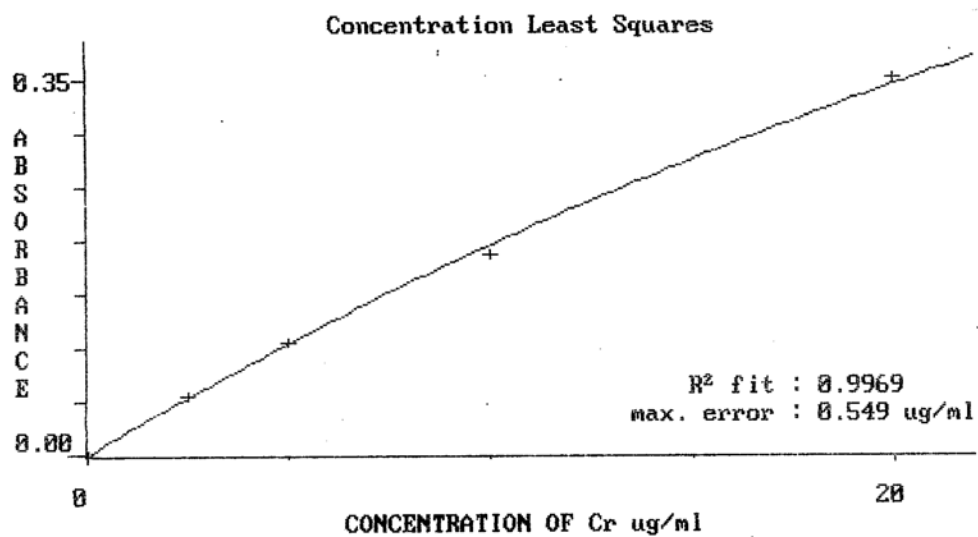


Figura 6. Curva de calibração para determinação de crômio.

Sample Type	Conc. ug/ml	%RSD	Mean Abs.	Replicates		
Blank	0.000	-----	-0.005	-0.003	0.001	-0.012
Standard 1	2.500	17.65	0.036	0.030	0.035	0.042
Standard 2	5.000	4.33	0.063	0.066	0.062	0.061
Standard 3	10.000	2.43	0.126	0.129	0.123	0.126
Standard 4	20.000	0.99	0.237	0.239	0.237	0.235

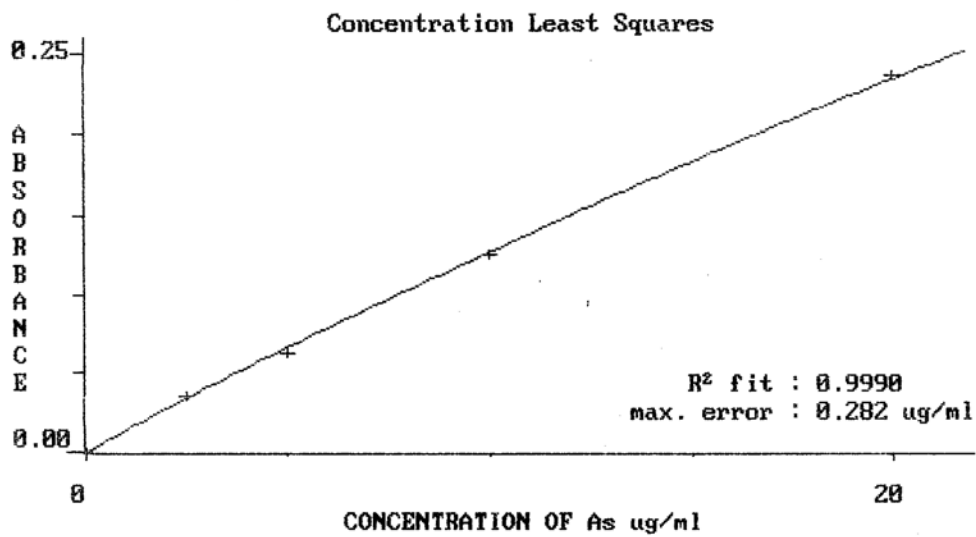


Figura 7. Curva de calibração para determinação de arsênio.

APÊNDICE 2

FOTOS (Beneficiamento da Fibra de Coco)

As fotos são apresentadas neste apêndice de acordo com a seqüência do processo de beneficiamento da fibra de coco, realizado pela Unidade de Beneficiamento da Fibra de coco, localizada na Ilha do Marajó no estado do Pará.



Figura 1. Retirada da casca do coco.



Figura 2. Detalhe das cascas de coco destacando o mesocarpo de onde são tiradas as fibras.



Figura 3. Cascas de coco colocadas em um tanque.



Figura 4. Vista do tanque com as cascas de coco já tampado por madeiras e, em seguida, adiciona-se água até o preenchimento total do tanque.



Figura 5. Retirada das cascas de coco do tanque com água após um mês.



Figura 6. Vista da casca de coco sendo desfibrada por meio de uma forrageira adaptada.



Figura 7. Casca de coco desfibrada sendo mergulhada em uma caixa d'água.



Figura 8. Fibras de coco sendo retiradas da caixa d'água e passando novamente pela forrageira adaptada para melhor desfibramento.



Figura 9. Fibras de coco são espalhadas em uma lona para secar ao sol.



Figura 10. Armazenamento das fibras de coco no interior do galpão de beneficiamento da fibra de coco.



Figura 11. Fibra de coco sendo encordoada para a confecção dos rolos de corda e para facilitar o seu transporte.

APÊNDICE 3

FOTOS (Industrialização da Fibra de Coco)

As fotos são apresentadas neste apêndice de acordo com o processo de industrialização da fibra de coco, realizado pelo Setor de Industrialização da Fibra de coco, localizado na Ilha do Marajó no estado do Pará.



Figura 1. Fibra de coco encordoada é colocada no interior de uma autoclave para a memorização da corda.



Figura 2. Vista da fibra de coco sendo desencordoadada.



Figura 3. Pesagem e distribuição manual das fibras de coco sobre a bandeja para a confecção das mantas de fibra de coco.



Figura 4. Aplicação de látex sobre as fibras de coco dispostas nas bandejas para a confecção das mantas.



Figura 5. Vista das mantas de fibra de coco com látex dispostas em bandejas sendo levadas para a estufa.

APÊNDICE 4

ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS ALFA, BETA, GAMA E COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2)

QUADRO 1. Parâmetros alfa, beta e gama estimados e coeficientes de determinação (R^2) para manta de fibra de coco, segundo o período de envelhecimento e condição de umidade.

PERIODO	UMIDADE	AMOSTRA (N)	ALFA	BETA	GAMA	R^2 (%)
0	sem	1	-0,0684	-0,0812	1,0543	93,09
0	sem	3	-0,0302	-0,1573	3,5280	99,86
0	sem	4	-0,1151	-0,0935	8,7040	99,96
0	sem	5	-0,0876	-0,0588	6,2040	94,41
0	sem	6	-0,0910	-0,0708	1,2717	96,73
0	sem	7	-0,0958	-0,1273	2,1502	98,23
0	sem	8	-0,1099	-0,0786	1,7488	96,07
0	sem	9	-0,0745	-0,1005	4,3713	97,45
0	sem	11	-0,0949	-0,0773	3,5762	99,69
0	sem	14	-0,0754	-0,1769	2,7528	99,55
0	sem	15	-0,1300	-0,0829	4,9273	99,98
0	sem	18	-0,0978	-0,0858	2,3626	98,89
0	sem	19	-0,0645	-0,0481	4,3603	98,16
7	com	23	-0,1689	-0,0891	6,8040	100,00
7	com	27	-0,1595	-0,1276	1,3005	100,00
7	com	35	-0,0674	-0,0313	4,1213	100,00
7	sem	82	0,0204	-0,0484	3,7638	92,27
7	sem	86	-0,0956	-0,0669	8,7748	99,33
7	sem	91	-0,0887	-0,0244	4,7802	96,85
7	sem	92	-0,0832	-0,0652	9,4002	99,81
7	sem	97	-0,0876	-0,0874	2,9924	99,44
7	sem	99	-0,1289	-0,0452	7,6770	97,69
7	sem	100	-0,0880	-0,0800	5,1966	94,51
30	com	62	-0,1523	-0,0530	2,9278	96,50
30	com	63	-0,1000	-0,1409	3,0579	99,18
30	com	64	-0,2227	-0,0785	4,2364	100,00
30	com	65	-0,0929	-0,1143	3,2771	97,65
30	com	67	-0,0936	-0,1321	0,7697	92,31
30	com	70	-0,1418	-0,1111	3,4887	95,71
30	com	71	-0,0780	-0,1148	4,7674	93,79
30	com	72	-0,1126	-0,0813	5,4237	100,00
30	com	73	0,4408	-0,6183	0,1646	99,09
30	com	74	-0,1655	-0,0602	3,2416	99,88
30	com	75	-0,1657	-0,1022	4,9528	95,96
30	sem	122	-0,1031	-0,0295	11,9965	97,11
30	sem	127	-0,0932	-0,0747	3,8078	99,26
30	sem	128	-0,1490	-0,1371	3,7596	99,10
30	sem	129	-0,0972	-0,0909	3,1038	99,23

PERIODO	UMIDADE	AMOSTRA (N)	ALFA	BETA	GAMA	R² (%)
30	sem	134	0,0932	-0,2664	0,7504	99,92
30	sem	137	-0,1009	-0,0865	4,5366	98,52
30	sem	138	-0,1091	-0,0242	4,6116	97,72
45	sem	101	-0,1322	-0,0689	3,5333	79,57
45	sem	102	-0,1161	-0,1050	4,7165	99,94
45	sem	104	-0,1282	-0,0594	2,9234	97,99
45	sem	105	-0,1483	-0,1065	10,0356	100,00
45	sem	106	-0,1624	-0,0728	9,5679	99,87
45	sem	108	-0,0976	-0,0747	2,5430	89,71
45	sem	109	-0,1040	-0,1160	3,3098	93,97
45	sem	112	0,0332	-0,2309	0,9568	95,31
45	sem	115	-0,0256	-0,2026	1,1396	78,18
45	sem	118	-0,1160	-0,1285	3,8402	99,65
45	sem	119	-0,0954	-0,1526	5,5663	99,66

QUADRO 2. Parâmetros alfa, beta e gama estimados e coeficientes de determinação (R^2) para espuma de poliuretano, segundo o período de envelhecimento e condição de umidade.

PERÍODO	UMIDADE	AMOSTRA (N)	ALFA	BETA	GAMA	R^2 (%)
0	sem	2	0,0156	-0,0230	0,6417	96,16
0	sem	3	-0,0028	-0,0143	6,7680	98,75
0	sem	8	0,0262	-0,0412	0,2786	98,20
0	sem	11	-0,0060	-0,0171	3,7872	97,82
0	sem	12	-0,0026	-0,0164	4,0483	98,08
0	sem	13	-0,0043	-0,0080	12,1561	96,02
0	sem	14	-0,0016	-0,0131	12,1120	99,55
0	sem	15	-0,0013	-0,0129	3,4662	96,09
7	sem	83	-0,0039	-0,0156	5,0885	95,43
7	sem	86	-0,0035	0,0034	2,6485	74,32
7	sem	87	-0,0054	-0,0215	12,7838	98,00
7	sem	89	-0,0024	-0,0151	4,9784	99,86
7	sem	90	0,0270	-0,0409	0,4043	77,55
7	sem	91	-0,0028	-0,0176	4,0342	99,61
7	sem	92	-0,0010	-0,0062	1,2042	98,63
7	sem	99	0,0172	-0,0280	0,9843	97,96
30	sem	121	-0,0289	-0,0122	7,8256	98,57
30	sem	122	-0,0916	-0,0081	4,3614	94,33
30	sem	125	-0,0038	-0,0082	6,3510	84,64
30	sem	126	-0,0063	-0,0150	9,9152	99,55
30	sem	127	-0,0097	-0,0139	13,6985	98,03
30	sem	129	-0,0048	-0,0142	2,9303	95,82
30	sem	130	-0,0036	-0,0143	11,6301	99,37
30	sem	131	-0,0076	-0,0085	6,4642	91,37
30	sem	132	-0,0064	-0,0155	13,7940	98,54
30	sem	133	-0,0037	-0,0092	2,5708	89,04
30	sem	134	-0,0028	-0,0230	6,7397	99,28
30	sem	135	-0,0066	-0,0128	9,7197	93,79
30	sem	136	-0,0014	-0,0094	4,2593	81,89
30	sem	137	-0,0044	-0,0134	6,0835	97,73
30	sem	138	0,0016	-0,0155	1,3756	92,50
30	sem	139	-0,0014	-0,0173	6,9970	97,95
45	sem	101	-0,0084	-0,0042	69,4759	88,36
45	sem	102	-0,0023	-0,0164	14,2204	100,00
45	sem	105	-0,0055	-0,0091	11,7437	86,37
45	sem	106	-0,0042	-0,0152	10,9972	98,91
45	sem	109	-0,0072	-0,0042	2,4688	39,70
45	sem	110	-0,0098	-0,0138	4,1996	66,50
45	sem	111	-0,0085	-0,0153	7,1129	99,04
45	sem	114	-0,0047	-0,0091	2,6072	85,86
45	sem	115	0,0031	-0,0239	1,8046	97,34
7	com	27	-0,0023	-0,0270	5,6990	100,00
7	com	31	-0,0020	-0,0076	2,1389	59,77
7	com	32	-0,0023	-0,0094	7,5249	97,32
7	com	33	0,0003	-0,0178	1,7502	99,07
30	com	61	-0,0003	-0,0105	0,9624	96,91

PERIODO	UMIDADE	AMOSTRA (N)	ALFA	BETA	GAMA	R² (%)
30	com	63	-0,0008	-0,0184	1,7631	91,65
30	com	64	-0,0237	-0,0280	11,3661	99,56
30	com	65	-0,0017	-0,0172	5,5918	97,82
30	com	75	-0,0015	-0,0177	2,1504	99,14
30	com	76	-0,0033	-0,0156	2,6858	97,69
30	com	78	-0,0069	-0,0099	6,0345	85,71
30	com	80	0,0080	-0,0272	0,9794	95,85
45	com	41	-0,0091	-0,0199	15,3135	88,99
45	com	42	-0,0095	-0,0279	8,2782	97,24
45	com	43	-0,0036	-0,0133	1,6122	85,39
45	com	44	-0,0074	-0,0106	2,2375	83,05
45	com	45	-0,0123	-0,0045	15,2851	56,30
45	com	47	-0,0060	-0,0208	5,0673	100,00
45	com	48	-0,0045	-0,0143	2,5795	99,69
45	com	51	-0,0082	-0,0054	2,5442	71,69
45	com	52	0,0032	-0,0214	0,6983	94,11
45	com	53	-0,0092	-0,0096	3,1696	81,05
45	com	56	-0,0050	-0,0279	1,7343	98,09
45	com	57	-0,0060	-0,0126	9,2527	99,54