

FRANCIANE CRISTINA GRACH

**INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE EMBALAGENS PÓS-
CONSUMO PROVENIENTES DAS AGROINDÚSTRIAS NA
FABRICAÇÃO DE BANDEJAS DE POLPA MOLDADA**

Florianópolis, 18 de setembro de 2006.

FRANCIANE CRISTINA GRACH

**INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE EMBALAGENS PÓS-
CONSUMO PROVENIENTES DAS AGROINDÚSTRIAS NA
FABRICAÇÃO DE BANDEJAS DE POLPA MOLDADA**

Dissertação de mestrado submetida ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Ariovaldo Bolzan

Co-orientador: Prof. Dr. Ricardo Antonio Francisco Machado

Florianópolis, 18 de setembro de 2006.

FRANCIANE CRISTINA GRACH

**INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE EMBALAGENS PÓS-CONSUMO
PROVENIENTES DAS AGROINDÚSTRIAS NA FABRICAÇÃO DE BANDEJAS DE
POLPA MOLDADA**

Dissertação de mestrado submetida ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Química.

Prof. Dr. Ariovaldo Bolzan
Orientador

Prof. Dr. Agenor Furigo Junior
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
Em Engenharia Química

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Ariovaldo Bolzan

Prof. Dr. Nivaldo Cabral Kuhnen

Prof. Dr. José Carlos Cunha Petrus

Florianópolis, 18 de setembro de 2006.

Agradecimentos

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram na elaboração de meu trabalho, em especial:

A Deus, certamente a única presença em todos os momentos.

Aos meus pais, Afonso e Marlene pela contribuição constante na minha formação profissional.

As minhas irmãs Débora e Raquel por estarem sempre me apoiando.

Ao Robson pela paciência e espera.

Ao meu orientador por acreditar na minha capacidade.

Ao Prof. Dr. Ricardo Antonio Francisco Machado por sempre estar valorizando meu trabalho e sempre estar disposto a me ajudar.

Aos amigos do LCP por estarem presentes me incentivando, em especial ao José Adriano sempre me ajudando em qualquer dúvida. A Letícia e Cristiane pelo seu apóio e consolo nos momentos de desespero.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo incentivo financeiro.

A todos aqueles a quem eu possa ter esquecido e que de alguma forma deram sua contribuição para o desenvolvimento deste trabalho.

Resumo

Incorporação De Resíduos De Embalagens Pós-Consumo Provenientes Das Agroindústrias Na Fabricação De Bandejas De Polpa Moldada

Em geral classifica-se a reciclagem de resíduos como parte fundamental do desenvolvimento de qualquer país, mas até pouco tempo atrás, era empregada apenas como redução de custos. Esta visão aparentemente tem se alterado, sobretudo em função de pesquisas desenvolvidas para diminuir os custos dos produtos por meio da incorporação de resíduos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a incorporação de celofane originário de resíduos da agroindústria na fabricação de embalagens de polpa moldada, visando à melhoria de suas propriedades físicas e mecânicas e também buscando a geração de produtos com propriedades diferenciadas. Esta é uma abordagem preliminar para a realização do uso do celofane pós-consumo em uma cadeia de reciclagem. Embora o celofane não apresente problemas relacionados à contaminação do meio ambiente, não existe uma utilização bem definida para os seus resíduos, sendo na maioria das vezes incinerado. Portanto este material poderia ter uma destinação mais nobre do que a atual em função das quantidades geradas. A incorporação do celofane permite não apenas a redução do custo com a matéria-prima, mas também ganhos indiretos com a redução do uso de recursos naturais.

O termo polpa moldada é uma expressão técnica que é usada pela indústria de papel e abrange o processo de desagregação ou separação das fibras de jornal e aparas de papel em geral e moldagem na forma de um produto acabado. A celulose, na forma de papel, é misturada à água e a produtos químicos para formação de uma massa que depois é moldada, dando origem a produtos como embalagens ou bandejas para acondicionamento, transporte e proteção de hortifrutigranjeiros, etc.

Neste trabalho se testou a utilização de diferentes concentrações de celofane na composição da pasta celulósica produzindo assim, uma pasta de celulose/celofane que foi utilizada para a moldagem das bandejas. Para melhorar as propriedades mecânicas das bandejas foram utilizados o amido e o poli(acetato de vinila) como agentes aglutinantes. Foram acrescentadas 4%, 2% e 1% de amido e poli(acetato de vinila) às polpas produzidas.

Foram realizados testes de tração para avaliar a resistência das bandejas produzidas. As análises de tensão de escoamento, tensão máxima e alongamento de ruptura das bandejas produzidas, se comparadas com as caixas de ovos comerciais, apresentaram bons resultados, indicando que o método proposto pode ser uma boa alternativa para a aplicação de resíduos de celofane. Os melhores resultados foram obtidos com a adição de 4% de amido a polpa de celulose e celofane. Mas as bandejas produzidas apresentaram pouca resistência ao contato direto com a água. Uma alternativa para a utilização destas bandejas seria no acondicionamento de frutas e verduras que não necessitam de refrigeração.

Palavras-chave: reciclagem, polpa moldada, subproduto, celofane.

Abstract

Incorporating post-consumer packages waste from agroindustries in the production of molded pulp trays

Waste recycling is usually classified as a fundamental part of any country's development; however, until some time ago, it had only a cost reduction purpose. This paradigm has apparently been altered, specially due to researches directed to reduce the cost of products through the incorporation of waste.

The purpose of this work is evaluating the incorporation of cellophane from agroindustrial waste in the production of molded pulp packages, with the objective of improving its physical and mechanical properties and also looking for the generation of products with distinctive properties. This is a preliminary approach to the use of post-consumer cellophane in a recycling chain. Although cellophane does not bring problems related to environmental pollution, there is no certain use for its waste, which is incinerated in most cases. This fact shows that such material could have a more noble usage, considering the amount that is produced. Incorporating cellophane allows not only reducing costs with raw material, but also indirect gain with the reduction of natural resources usage.

The term molded pulp is a technical expression that is used in the paper industry and involves the process of separating paper fibers in general and molding them in the shape of a final product. Cellulose, in a paper form, is added to water and chemical products to form a mass which is then molded, originating products such as packages or trays to keep, transport and protect food and vegetables.

In this work, the use of different concentrations of cellophane has been tested in the composition of the cellulosic mass, producing a cellulose-cellophane mass which has been used to mold the trays. In order to improve its mechanical properties, starch and poly(vinyl acetate) have been used as agglutinant agents. It has been added 4%, 2% and 1% of starch and poly(vinyl acetate) to the produced pulps.

Tensile strength tests have been performed to evaluate the resistance of the produced trays. The analysis of yield strength, ultimate strength and tensile elongation at break of the produced trays, if compared to commercial egg trays, shows good results, which indicate that the method may be a good alternative to use cellophane waste. The better results have been

obtained by adding 4% of starch to the cellulose-cellophane mass, although the trays have shown little resistance to direct contact of water. An alternative to the usage of these trays would be keeping fruits and vegetables that do not need cooling.

Keywords: recycle, molded pulp, subproduct, cellophane.

Lista de Figuras

CAPÍTULO II

Figura 2.1: Sistemas de Reciclagem.....	17
Figura 2.2 : Reciclagem Mecânica do Tipo Primária.....	21
Figura 2.3 : Reciclagem Mecânica do Tipo Secundária.....	22
Figura 2.4: Relação do Sistema produtivo x Meio ambiente	25
Figura 2.5: Esquema da Elaboração de Salsichas.....	27

CAPÍTULO III

Figura 3.1: Foto da Apresentação Final do Celofane	32
utilizado como Matéria-prima	32
Figura 3.2: Etapas do Processo de Obtenção das Bandejas.....	36

CAPÍTULO IV

Figura 3.3: Foto da Bandeira Pronta.....	37
Figura 4.4: Visualização da Diferença da Tensão de Escoamento Entre as Amostras	45
Figura 4.5: Visualização da Diferença da Tensão Máxima Entre as Amostras	45
Figura 4.6: Visualização da Diferença do Alongamento de Ruptura Entre as Amostras.....	46

Lista de Tabelas

CAPÍTULO IV

PS: Poliestireno	11
Tabela 4.1: Ensaio de Tração da Amostra comercial.....	39
Tabela 4.2: Ensaio de Tração da Amostra acrescida de 4% de amido.....	40
Tabela 4.3: Ensaio de Tração da Amostra acrescida de 2% de amido.....	41
Tabela 4.4: Ensaio de Tração da Amostra acrescida de 1% de amido.....	42
Tabela 4.5: Ensaio de Tração da Amostra acrescida de 4% de poli(acetato de vinila)	43
Tabela 4.6: Ensaio de Tração da Amostra acrescida de 2% de poli(acetato de vinila)	43
Tabela 4.7: Ensaio de Tração da Amostra acrescida de 1% de poli(acetato de vinila).....	44
Tabela 4.8: Resultado das Análises de Capacidade de Absorção de água das Amostras.....	46
Tabela 4.9: Matérias-primas, Quantidade e Custos	48
Tabela 4.10: Equipamentos Adaptados, Convencionais e Custo dos Equipamentos Adaptados	49

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASTM: American

CEMPRE: Compromisso Empresarial para a Reciclagem

CEPIS: Centro Pan-Americano de Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente

CMC: Carboxi metil celulose

PE: Polietileno

PET: Polietileno tereftalato

PP: Polipropileno

PS: Poliestireno

Sumário

CAPÍTULO I	14
1. INTRODUÇÃO	14
CAPÍTULO II.....	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 A RECICLAGEM	16
2.2 TIPOS DE RECICLAGEM.....	18
2.2.1 Reciclagem Primária	18
2.2.2 Reciclagem Secundária	19
2.2.3 Reciclagem Terciária.....	20
2.2.4 Recuperação de Energia	20
2.3 MÉTODOS DE RECICLAGEM	21
2.3.1 Reciclagem Mecânica.....	21
2.3.2 Reciclagem Química	23
2.4 RECICLAGEM PARA APLICAÇÃO EM ALIMENTOS	23
2.5 ANÁLISE DO CICLO DE VIDA	24
2.6 O CELOFANE E SUA RECICLAGEM.....	25
2.7 FABRICAÇÃO DE SALSICHAS	27
2.8 O USO DO AMIDO	28
2.9 EMBALAGENS DE POLPA MOLDADA	29
2.10 PROPRIEDADES MECÂNICAS.....	30
2.9.1 Alongamento de Ruptura.....	30
2.9.2 Tensão de Escoamento	30
2.9.3 Tração Máxima.....	30
CAPÍTULO III.....	31
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
3.1 PREPARAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA.....	31
3.1.1 Materiais	31
3.1.2 Equipamentos	31
3.1.3 Procedimento	31
3.2 PREPARAÇÃO DO AMIDO	32
3.2.1 Materiais	32
3.2.2 Equipamentos	32

3.2.3 Procedimento	33
3.3 PREPARAÇÃO DA POLPA ACRESCIDA DE AMIDO	33
3.3.1 Materiais	33
3.3.2 Equipamentos	33
3.3.3 Procedimento	33
3.4 PREPARAÇÃO DA POLPA ACRESCIDA DE POLI(ACETATO DE VINILA)	34
3.4.1 Materiais	34
3.4.2 Equipamentos	34
3.4.3 Procedimento	34
3.5 TÉCNICA EMPREGADA NA OBTENÇÃO DAS BANDEJAS	35
3.6 PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA	37
3.7 ANÁLISE DE RESISTÊNCIA A TRAÇÃO	37
3.8 DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA.....	38
CAPÍTULO IV	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1 AMOSTRA COMERCIAL	39
4.2 POLPA ACRESCIDA DE 4% DE AMIDO	40
4.3 POLPA ACRESCIDA DE 2% DE AMIDO	41
4.4 POLPA ACRESCIDA DE 1% DE AMIDO	41
4.5 POLPA ACRESCIDA DE 4% DE POLI(ACETATO DE VINILA).....	42
4.6 POLPA ACRESCIDA DE 2% DE POLI(ACETATO DE VINILA).....	43
4.7 POLPA ACRESCIDA DE 1% DE POLI(ACETATO DE VINILA).....	44
4.8 RESULTADOS DAS ANÁLISES DE CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA...	46
4.9 APLICAÇÕES DAS BANDEJAS PRODUZIDAS.....	47
4.10 ESTIMATIVA DE CUSTO.....	48
CAPÍTULO V	50
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES	50
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

A crescente necessidade de preservação ambiental tem levado à adoção de tecnologias que utilizam os recursos naturais de maneira mais econômica e menos destruidora. Ao mesmo tempo buscam-se soluções para diminuição ou mesmo eliminação de resíduos industriais.

No processo de fabricação de salsichas pelas agroindústrias se obtém grandes quantidades de resíduos provenientes das embalagens de cozimento das mesmas. Portanto, este material poderia ter uma destinação mais nobre do que a atual (incineração) em função das quantidades geradas.

Esta proposta de trabalho é uma abordagem preliminar para a o uso do celofane pós-consumo em uma cadeia de reciclagem. Devido a sua elevada estabilidade, a reciclagem de derivados de celofane utilizando-se rotas químicas mostrou-se inviável. As técnicas utilizadas nos testes preliminares realizados neste trabalho com o objetivo de extrair a celulose e uso posterior para a fabricação de pasta de celulose ou CMC, não se mostraram viáveis. Desta forma, a alternativa encontrada foi a reciclagem através de processos físicos buscando a redução do custo com a matéria-prima. Entre as possibilidades existentes optou-se pela incorporação do celofane no processo de fabricação de bandejas de polpa de celulose.

A presente pesquisa então, objetivou a produção de bandejas de polpa moldada, utilizando-se resíduos de celofane misturados como carga às fibras de celulose, buscando melhorias nas suas propriedades mecânicas. A utilização do celofane na produção destas bandejas descartáveis pode ser uma boa alternativa para a transformação deste resíduo em subproduto. A incorporação do celofane permite não apenas a redução do custo com a matéria-prima, mas também ganhos indiretos com a redução do uso de recursos naturais.

O descarte do celofane vem sendo um grande problema nas agroindústrias já que este não possui uma utilização após seu uso. O crescente aumento de embalagens não degradáveis e a falta de local destinado à disposição final destes resíduos vêm contribuindo no aumento dos danos causados ao meio ambiente. Além do que, a disposição destes materiais em aterros

interrompe o ciclo de vida dos mesmos. Quando os resíduos plásticos são depositados em lixões, os problemas principais são a queima indevida e sem controle. Quando são depositados em aterros, dificultam a compactação do lixo e prejudicam a decomposição dos materiais biologicamente degradáveis, através da criação de camadas impermeáveis que afetam as trocas de líquidos e gases gerados no processo de biodegradação da matéria orgânica.

Os plásticos constituem um dos principais focos entre todas as classes de materiais do RSU (Resíduo Sólido Urbano), pois são os que apresentam menores índices de reciclagem em todo o mundo. Grande parte da dificuldade em reciclar plástico advém da fração significativa dos mesmos, cuja reciclabilidade é de antemão comprometida. Assim, considerando apenas a fração de plástico ecologicamente e economicamente reciclável, qualquer índice de reciclagem previamente estabelecido torna-se significativamente maior que qualquer valor nominal inicialmente estipulado.

Com frequência, uma solução encontrada pelas agroindústrias é a incineração do celofane. Porém, a incineração apresenta duas preocupações: os gases emitidos pela combustão dos resíduos e a destinação das cinzas. A queima do celofane provoca a emissão de gases, contribuindo assim, para o aumento do efeito estufa. Os gases resultantes da incineração devem passar por um sistema de lavagem, que costuma representar um investimento tão ou mais caro que o próprio forno de incineração. Sendo assim, uma forma de reaproveitamento ou reciclagem do celofane é de fundamental importância para a minimização deste problema além de contribuir para o prolongamento do ciclo de vida útil deste produto e reduzir a elevada emissão de dióxido de carbono.

O processo de fabricação selecionado foi escolhido visando à simplificação, acessibilidade à tecnologia, possibilidades de aplicação e produção a baixo custo. No entanto, este trabalho não visou o projeto de um produto, mas somente o desenvolvimento de novo material que poderá ser aplicado em novos estudos.

CAPÍTULO II

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A RECICLAGEM

A reciclagem do plástico – apesar das dificuldades, devido a sua grande variedade (por apresentar diferentes propriedades, o que dificulta sua separação) e por possuir um baixo valor agregado da resina secundária (em função do baixo valor da resina virgem) – vem ganhando novos adeptos e contribuindo para o desenvolvimento de novos produtos de boa qualidade e de baixo custo (MANCINI *et al.*, 2000).

Os polímeros são considerados um dos grandes vilões ambientais, pois podem demorar séculos para se degradar e ocupam grande parte do volume dos aterros sanitários, interferindo de forma negativa nos processos de compostagem e de estabilização biológica. Além disto, os resíduos poliméricos quando descartados em lugares inadequados, como lixões, rios, encostas, etc., causam um impacto ainda maior ao meio ambiente.

Essa agressão ao meio ambiente, causada pelos resíduos originados nos processos, serviços e produtos utilizados na vida moderna, tem-se tornado uma preocupação crescente em todos os sentidos (MANRICH, 2000). As formas de reaproveitamento e de reciclagem são, evidentemente, pontos de fundamental importância para a minimização deste problema.

Os principais objetivos de se projetar um produto visando a reciclagem são:

- Economia/redução de custos;
- Economia de energia;
- Redução de materiais;
- Reutilização de componentes;
- Prolongamento da vida útil de aterros sanitários;

No Brasil, várias empresas adotam sistemas de gestão ambiental, incluindo a reciclagem. As vantagens estão relacionadas à economia de recursos naturais, energia, melhorias na saúde e comportamento do trabalhador, além de criar uma imagem positiva perante o consumidor. Este cada vez mais exigente, passa a optar por produtos que causem menos danos ao meio ambiente, ou seja, que contenham em seu processo produtivo e na etapa pós-consumo, meios para torná-los “eco-amigáveis”.

Inúmeros trabalhos já demonstraram que a reciclagem, apesar de usar matéria-prima secundária, desenvolve produtos com alta qualidade e com características similares aqueles desenvolvidos com a matéria-prima virgem, fazendo com que a sua reinserção no processo produtivo prolongue ou não interrompa o seu ciclo de vida, contribuindo assim para extensão da vida útil dos aterros sanitários, economia de matérias-primas e recursos naturais, retornando ao mercado, evitando o seu descarte e muitas vezes propiciando economia de recursos energéticos (LIMA; ROMEIRO FILHO, 2001).

A reciclagem pode ser dividida em dois sistemas distintos: o “*looping*” (ciclo) fechado e o “*looping*” aberto, como mostra a Figura 2.1.

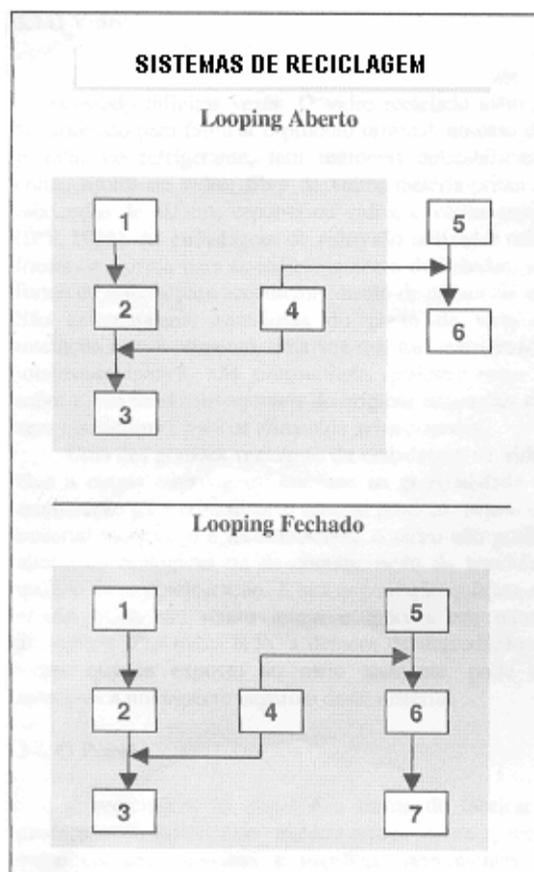


Figura 2.1 Sistemas de Reciclagem
Fonte: LIMA; ROMEIRO FILHO, 2001.

O looping fechado ocorre quando um ou mais resíduos de um sistema produtivo são coletados e retornam ao mesmo sistema, ou seja, são reutilizados sem deixar o sistema produtivo de origem (MAGALHÃES, 1998). Como exemplo, temos o aproveitamento de rebarbas durante a fabricação de peças de alumínio, quando estas são novamente fundidas e reprocessadas no mesmo ciclo de produção.

O looping aberto ocorre quando um determinado rejeito de um sistema é utilizado por outro sistema (MAGALHÃES, 1998). Na indústria gráfica, por exemplo, as rebarbas de papel são utilizadas na fabricação de papéis menos nobres, como papel jornal.

2.2 TIPOS DE RECICLAGEM

Reciclagem é um processo, no qual, qualquer produto ou material que tenha servido para os propósitos a que se destinava e que tenha sido separado do lixo é reintroduzido no processo produtivo, sendo transformado em um produto igual ou semelhante ao anterior, ou ainda assumindo características distintas das iniciais (CALDERONI, 1999).

Segundo dados de CEMPRE (2005) e CEPIS (2005), normalmente a reciclagem é dividida em três classes: a reciclagem primária, a secundária e a terciária. Alguns autores ainda definem a recuperação de energia pela quebra das ligações moleculares como reciclagem quaternária. Porém, convém salientar que a recuperação de energia não é um método de reciclagem e, assim, não pode ser definida a existência de um tipo quaternário de reciclagem (SUBRAMANIAN, 2000; CEPIS, 2005).

2.2.1 Reciclagem Primária

Quando a reciclagem é feita antes que o produto chegue ao consumidor, ou seja, realizada pela própria indústria geradora, é chamada de reciclagem primária ou pré-consumo. Neste caso, o material a ser reciclado é proveniente de produtos fora de especificação, aparas dos moldes, peças defeituosas, entre outros.

Os resíduos destinados a esta reciclagem geralmente são termoplásticos, limpos e identificados, que sequer sofreram contaminação por material estranho, os quais são

convertidos novamente em matéria-prima para formar produtos de igual desempenho aos provenientes de resinas virgens. Justamente para manter esta indistinção, entre produtos formados por material reciclado e produtos formados por matéria-prima virgem, os produtos reciclados são formados pela mistura entre material reciclado e virgem (SCHLISCHTING, 2003).

Segundo Forlin e Faria (2002), as indústrias de produção ou conservação de embalagens visando atender os requisitos de qualificação inseridos na ISO 14000 e reduzir os custos de produção, minimizam os volumes descartáveis, através do reaproveitamento na própria linha de produção ou otimizando o projeto da embalagem.

2.2.2 Reciclagem Secundária

A reciclagem secundária, também chamada de reciclagem pós-consumo, como o próprio nome sugere é a transformação de produtos descartados após sua utilização. São materiais oriundos de lixões, sucatas, aterros de compostagem e de coletas seletivas. A disposição da maioria dos resíduos plásticos pós-consumo passa, atualmente, por aterros sanitários e, em alguns casos, pelo processo de incineração junto de outros resíduos sólidos (DUCHIN e LANGE, 1998; HOWELL, 1992; KAMINSKY, 1985).

Estes materiais antes de serem reciclados, necessitam passar por uma triagem para separá-los de outros materiais, tais como metais, papéis e lixo orgânico. Os polímeros ainda são separados entre si, uma vez que este procedimento facilita a reciclagem dos mesmos.

As técnicas de reciclagem secundárias apresentam uma série de problemas que podem tornar inviáveis seu uso em alguns casos. Os plásticos reciclados pós-consumo geralmente apresentam grandes quantidades e variedades de contaminantes que afetam as características do produto após a reciclagem. A heterogeneidade dos materiais que são processados por reciclagem secundária bem como a falta de espaço para disposição de materiais não-biodegradáveis se constitui em problemas que ainda não foram resolvidos (FORLIN e FARIA, 2002; SONG e HYUN, 1999).

2.2.3 Reciclagem Terciária

A reciclagem terciária consiste na transformação dos resíduos poliméricos em combustíveis e produtos químicos, através de processos termoquímicos. São métodos que existem quase que exclusivamente em escala piloto ou semi-industrial, devido ao elevado custo.

Por muitas décadas, vários métodos de análise térmica têm sido usados para o estudo do comportamento de polímeros expostos ao stress térmico e predizer sua durabilidade. Mais recentemente, a investigação da degradação de polímeros, tais como, a pirólise, degradação em solução, hidrogenação e a degradação ultra-sônica, ganhou novo interesse devido ao crescimento da demanda por métodos de reciclagem de resíduos plásticos.

Alguns autores ainda definem a recuperação de energia, ou seja, o rompimento da molécula de polímero, com o intuito de obter a energia promovida por esta quebra, ao invés de moléculas menores como produtos, como sendo uma reciclagem quaternária (BRANDRUP, 1992; EHRIG e CURRY, 1992). Porém, convém salientar que a recuperação de energia não é um método de reciclagem, Subramanian (2000) e Cepis (2005). Assim, não pode ser definida a existência de um tipo quaternário de reciclagem.

2.2.4 Recuperação de Energia

A recuperação de energia é uma das formas de se reduzir a quantidade de rejeitos plásticos nos lixões. A técnica consiste na incineração dos rejeitos, liberando o calor necessário para a geração de vapor ou eletricidade, e reduzindo a massa de resíduo entre 70 e 90%.

Como os materiais poliméricos têm, em geral, elevado poder calorífico, sua utilização como fonte de energia é considerada por muitos autores como uma alternativa possível de ser implementada. Com a incineração, as cadeias poliméricas são convertidas em seus produtos de combustão, mas como as reações são conduzidas na presença de oxigênio, a formação de compostos gasosos tóxicos torna-se um sério agravante e não pode ser desconsiderada (KIRAN *et al.*, 2000).

Outra limitação é o alto custo do equipamento, tornando inviável sua utilização em pequena escala, como é o caso das pequenas cidades que para poderem viabilizar seu uso, precisariam formar cooperativas.

2.3 MÉTODOS DE RECICLAGEM

A reciclagem de polímeros pode ser dividida em dois métodos: Reciclagem Mecânica e Reciclagem Química e/ou Métodos Avançados. Entre os chamados Métodos Avançados, se destacam os baseados em degradação térmica, degradação termo-oxidativa, hidrogenação e solvólise, conforme “Plastics Resource” (2005), Subramanian (2000) e “Packaging Materials”, Purchase (2003).

2.3.1 Reciclagem Mecânica

A reciclagem mecânica é o método de reciclagem usado tanto na reciclagem primária quanto na secundária. A única diferença é que na reciclagem primária o material a ser utilizado não precisa ser lavado, identificado ou separado de outros materiais. O plástico vai direto para o moedor, para picar as peças, reduzindo o material a um tamanho tal que possa ser passado na extrusora.

Na extrusora o material é fundido e homogeneizado ao longo da área do equipamento, saindo na forma de cordões que são resfriados em um banho de água, para então serem granulados e ensacados. A Figura 2.2 a seguir mostra o fluxograma da reciclagem mecânica primária.

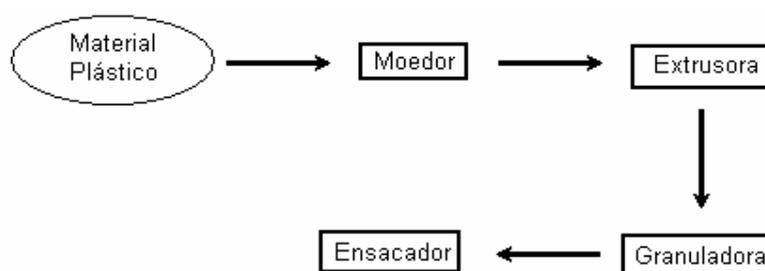


Figura 2.2 – Reciclagem mecânica do tipo primária.

Fonte: Schlichting, 2003

Quando a reciclagem feita é do tipo secundária, ou seja, feita com resíduos domésticos, é necessário que haja uma separação seletiva do material para recuperação antes de ser lavado. Esta pré-seleção tem o objetivo de retirar materiais plásticos dos outros presentes que não se deseja ter no processo de reciclagem.

O material é lavado para retirar impurezas que estejam aderidas à sua superfície, é secado e levado ao moedor para efetuar o corte. O material picado é novamente lavado, secado e armazenado em silos para serem levados a extrusora.

No caso da reciclagem de filmes plásticos, é utilizado um aglutinador após a separação. Sua função é a compactação do material antes de ser enviado à extrusora. O material é cortado com facas rotativas. O atrito com as paredes do tambor causa a elevação da temperatura e, conseqüentemente, a plastificação do polímero. O plástico fundido é solidificado ao sofrer um choque térmico quando certa quantidade de água é introduzida no aglutinador. A Figura 2.3 mostra o sistema de reciclagem tanto para os filmes plásticos quanto para os plásticos duros.

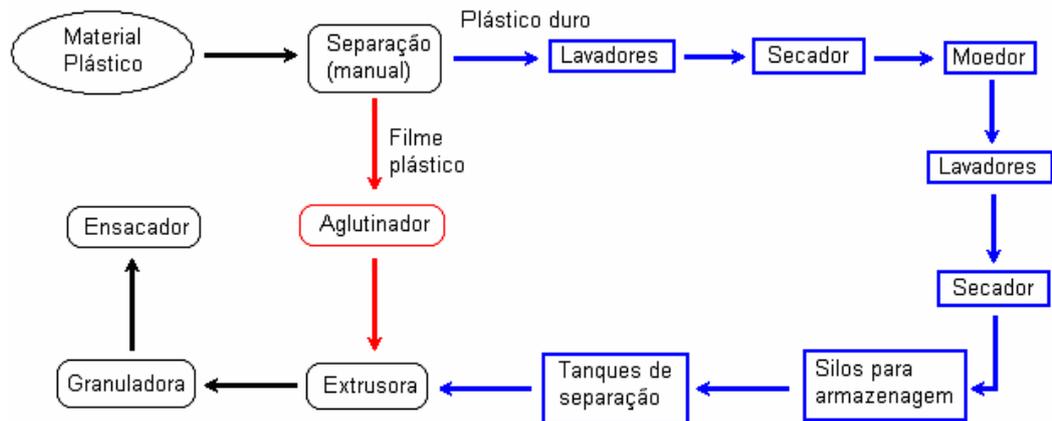


Figura 2.3 – Reciclagem mecânica do tipo secundária.

Fonte: Schlichting, 2003

Após a reciclagem, o material obtido pode ser re-processado através das técnicas usuais: injeção, extrusão, sopro, calandragem, termoformagem, etc. Geralmente, quando a reciclagem é primária, ao se utilizar material reciclado no processamento de produtos, realiza-se uma mistura deste material reciclado com o material virgem, pois quando reciclado, o polímero sofre a perda dos aditivos, plastificantes, entre outros. A utilização de 100% de material reciclado leva à formação de um produto inferior, ou até mesmo a não formação do produto desejado, pois a falta de aditivos prejudica o escoamento do material fundido através do equipamento de processamento, o que resulta em peças mal formadas (NOGUEIRA, et al., 2002).

2.3.2 Reciclagem Química

A reciclagem química ocorre através de processos de despolimerização por **solvólise** (*hidrólise, alcoólise, amilose*), ou por **métodos térmicos** (*pirólise à baixa e alta temperatura, gaseificação, hidrogenação*) ou ainda **métodos térmico-catalíticos** (pirólise e a utilização de catalisadores seletivos).

Os processos de despolimerização por hidrólise e glicólise de polímeros foram patenteados nos anos 60 e 70 (BRANDRUP *et al.*, 1996). Segundo Paszun e Spsychaj (1995), de modo geral, a solvólise é utilizada para polímeros como os poliésteres, as poliamidas e as poliuretanas. Já os métodos térmicos e/ou catalíticos são mais utilizados para poliolefinas. A reciclagem química é muito utilizada pela indústria na Europa e no Japão, enquanto que no Brasil ela ainda está em desenvolvimento.

Os métodos de despolimerização permitem obter os monômeros de partida, que podem ser purificados por métodos convencionais e re-polimerizados, formando polímeros virgens.

2.4 RECICLAGEM PARA APLICAÇÃO EM ALIMENTOS

A reciclagem de plásticos visando o retorno para aplicações alimentícias foi proibida mundialmente até a década de 90. Atualmente essa atividade consta como um dos principais desafios desse setor, pois representa todo um segmento de mercado a ser explorado. Além do que o setor de embalagens representa sozinho, aproximadamente 30% em peso do consumo de plásticos produzidos nos EUA (SANTOS *et al.*, 2004).

Como não há nenhuma legislação específica para materiais reciclados, eles são tratados impondo os mesmos limites de pureza e controle especificados para um material virgem, ou seja, não devem afetar a saúde dos consumidores.

No Brasil, de acordo com a Resolução nº. 105 da ANVISA é proibido o uso de plástico reciclado para contato com o alimento, exceto no caso de materiais reprocessados no mesmo processo de transformação. Porém, a pressão externa de algumas multinacionais com interesse no mercado brasileiro, o interesse comum do Mercosul e a necessidade de colaborar para a ampliação dos índices de reciclagem tornaram possível uma abertura na legislação brasileira para eventuais recicladoras que desejem exercer suas atividades no país para fins alimentícios, desde que a empresa requerente entre com um processo de petição junto a Vigilância Sanitária

e prove que seu processo de reciclagem satisfaz os padrões internacionais de pureza adequada.

Uso de reciclados também são permitidos em aplicações que envolvam contato limitado, temperatura ambiente ou refrigerada, razão alta entre massa de alimento embalado e área superficial de contato, alimentos com embalagem própria ou que devam ser lavados antes do consumo. Como exemplos são citados: embalagens de ovos de PS reciclado, sacolas de mercearia, engradados de polietileno (PE) e polipropileno (PP) e cestas de PET reciclados para transporte e embalagem de frutas e verduras frescas (SANTOS, 2004).

2.5 ANÁLISE DO CICLO DE VIDA

A Análise do Ciclo de Vida, ou ACV pode ser descrita como uma técnica de avaliação que relaciona atividades, produtos e materiais do início ao fim de sua existência, desde o projeto e suas pesquisas, passando pela seleção, extração, transformação das matérias-primas; construção e fabricação dos produtos relacionados; processo de marketing, transporte, venda e distribuição, uso das mais variadas formas, incluindo o uso correto, incorreto, alternativo, reuso, desuso; desmontagem, conserto, remontagem, reaproveitamento de partes, reciclagem ou compostagem nas mais variadas formas e finalizando com o descarte final. Isto pode ocorrer não em todos estes itens, nem nessa ordem propriamente dita (TEIXEIRA, 2005). Enfim, segundo Manzini (2002), Análise de Ciclo de Vida é a implicação “do projeto de um produto, ou projeto de sistema produtivo inteiro entendido exatamente como o conjunto de acontecimentos que determinam o produto e o acompanha durante o seu ciclo de vida”.

Além destas considerações, destacam-se ainda os itens energia, recursos naturais e resíduos, e leva em consideração as conseqüências para o homem e para o meio ambiente, como mostra a Figura 2.4.

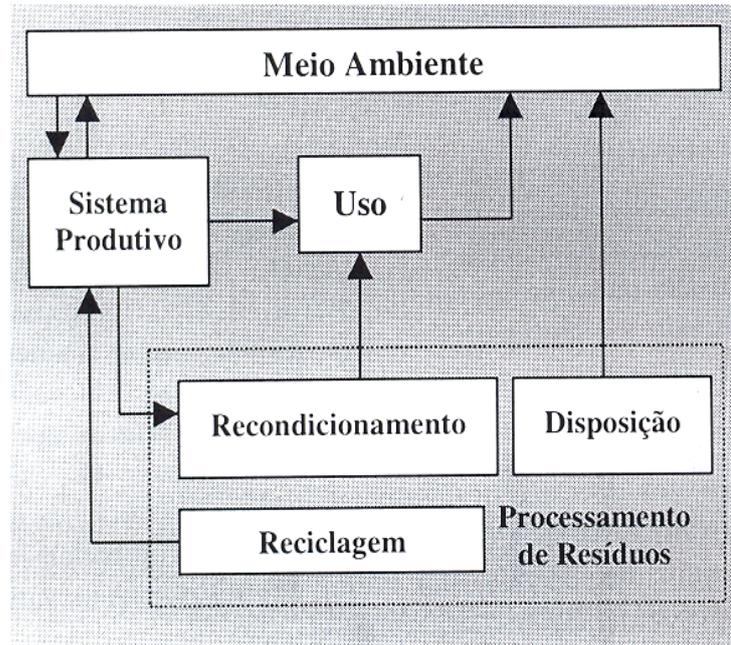


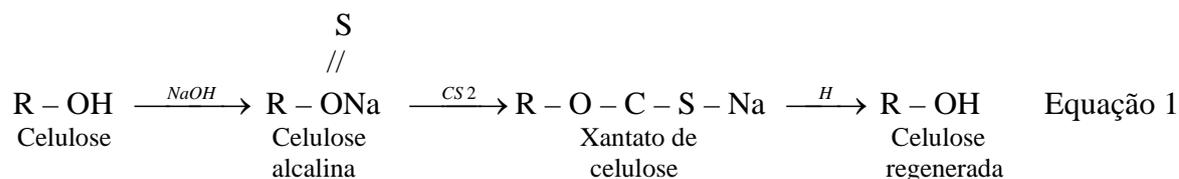
Figura 2.4 – Relação do Sistema produtivo x Meio ambiente
Fonte: LIMA; ROMEIRO FILHO, 2001.

No caso específico de embalagens, a Análise do Ciclo de Vida é uma ferramenta utilizada para avaliar diferentes materiais disponíveis para sua confecção, com o objetivo de verificar qual é ambientalmente mais amigável, principalmente no que se refere às possibilidades de reciclagem.

2.6 O CELOFANE E SUA RECICLAGEM

Muitos dos derivados da celulose são solúveis, entretanto a celulose é insolúvel. Uma solução de um derivado de celulose pode ser processada (usualmente por extrusão) para produzir o formato desejado (geralmente fibra ou filme) e então ser tratada para remover os grupos modificadores para reformar ou regenerar a celulose. Este material é conhecido como celulose regenerada.

Métodos modernos de produção de celulose regenerada podem ser traçados desde a descoberta em 1892 por Cross, Bevan e por Beandle, que a celulose pode ser solubilizada pela formação do xantato através do tratamento com hidróxido de sódio e dissulfito de carbono e regenerada pela acidificação da solução de xantato. Este processo é conhecido como o processo viscoso. A reação envolvida é mostrada na equação 1:



O processo viscoso é usado para a produção de fibras têxteis e para a produção da película transparente conhecida como celofane.

Uma solução apropriadamente envelhecida de xantato de celulose, conhecida como viscose, é alimentada através de rolos com pequenos furos (na produção da fibra), através de uma matriz com saída plana (na produção de filmes), ou através de uma matriz circular (na produção do tubo contínuo usado como a embalagem de salsichas) em um banho que contém de 10 a 15% de ácido sulfúrico e de 10 a 20% de sulfato de sódio em 35 a 40°C, o qual coagula e hidrolisa completamente a viscose. A celulose é regenerada assim na forma e no formato desejados.

Para a produção do celofane, o filme de celulose regenerada é lavado, desinfetado, plastificado com etileno glicol ou glicerol, e então seco, às vezes é recoberto com uma solução de nitrato de celulose contendo ftalato de di-butila como plastificante, que é aplicado para dar habilidade de selar no calor e baixa permeabilidade à umidade. O celofane tem sido usado e com muito sucesso para embalar materiais, particularmente em indústrias de alimentos e tabaco. Entretanto, tem surgido uma série de materiais competidores com o surgimento do polipropileno no início de 1960.

Segundo (SAECHTLING, 1963) devido as suas excelentes propriedades mecânicas e por ser inerte ao ataque aos produtos alimentícios e condimentos, e a seu reduzido preço, o celofane tem grande importância no campo da embalagem. O celofane é utilizado externamente no setor geral de embalagens em envoltórios, por sua excepcional transparência e brilho.

O celofane utilizado na realização deste trabalho foi proveniente das agroindústrias. Esta embalagem é utilizada para o cozimento da salsicha durante seu processo de fabricação. Em razão das quantidades geradas e não aproveitadas para nenhum outro uso após seu consumo, torna-se muito importante descobrir um método que possibilite sua reciclagem e, conseqüentemente, sua diminuição ou até mesmo a eliminação deste resíduo industrial. Para uma melhor compreensão de onde vêm este celofane segue no próximo item o processo de fabricação das salsichas.

2.7 FABRICAÇÃO DE SALSICHAS

A figura 2.5, a seguir, mostra o fluxograma das etapas do processo de fabricação das salsichas. Logo se encontra a descrição deste processo mais detalhadamente.

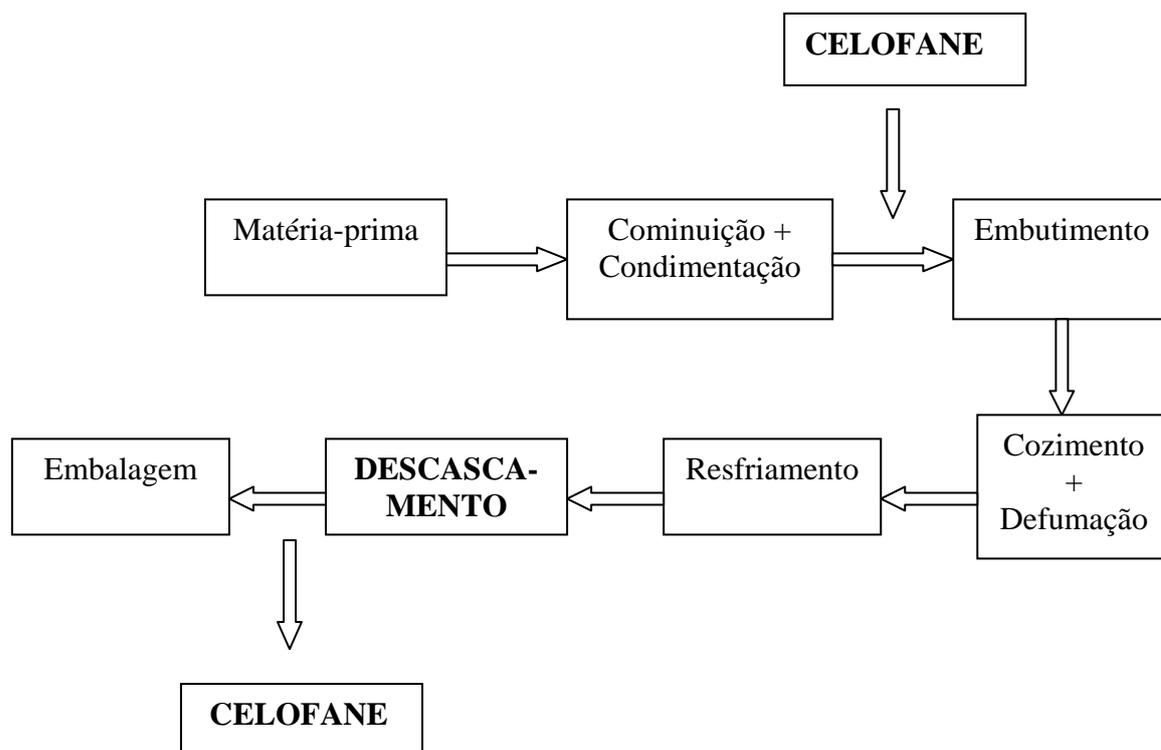


Figura 2.5 – Esquema da elaboração de salsichas

A elaboração da salsicha, quando a carne consta de blocos congelados, começa pelo fatiamento e trituração grosseira deles, seguido da cominuição no *cutter* e depois no emulsionador, também chamado moinho colóide. Em vista do calor desenvolvido durante estas operações mecânicas, impõem-se a necessidade de se arrefecer a massa através do rebaixamento da temperatura com a adição de gelo (gelo em escamas). Naturalmente este cuidado deve ser ainda maior quando se tratar do emprego de carne apenas refrigerada. Há necessidade do controle microbiológico deste gelo. Quando no *cutter* são adicionados os aditivos e condimentos em geral, do qual resulta uma mistura homogênea. Os condimentos servem para conferir sabor e delicadeza ao embutido. É muito importante conhecer a exata composição do condimento e dosá-lo corretamente.

Preparada a massa, é feito o embutimento nas chamadas ensacadeiras, na linguagem da indústria. A ensacadeira permite o embutimento por mais de um operador ao mesmo tempo e

dispõe de um sistema de dosagem que pesa o produto a ser embutido. As salsichas são embutidas na tripa de celulose (conhecida como celofane) com calibre entre 18 e 22mm, é feito em amarradeiras que, por vezes, apenas retorcem, operando de modo contínuo. Esta tripa é escolhida por sua característica de resistência e elasticidade.

Dependurados em engradados especiais, em algumas indústrias, os amarrados de salsichas são submetidos a um banho de água quente, sob forma de chuveiro. Visa-se a limpeza da superfície e a obtenção de condições favoráveis à fixação da cor, em temperatura ambiente, por meia hora ou pouco mais.

Segue-se a operação de defumação, se desejada, que é feita simultaneamente ao cozimento, em estufas aquecidas eletricamente e com controle eletrônico, ou ainda a vapor. Inicialmente por cerca de uma hora, o produto é sujeito a uma temperatura em volta dos 40°C, gradualmente, atinge durante mais duas horas cerca de 80°C na estufa e em torno de 70 a 75°C no interior das salsichas.

A seguir, sofrem banho de chuveiro ou de imersão em água, inicialmente a temperatura ambiente e depois gelada, a fim de permitir a operação chamada de descascamento ou depelagem, que consiste na retirada dos envoltórios plásticos (retirada do celofane). Esta é a matéria-prima utilizada neste trabalho. A grande quantidade de celofane utilizada todos os dias durante este processo e descartada sem nenhum tipo de aproveitamento é o grande desafio deste trabalho. Introduzir este celofane em uma cadeia de reciclagem onde este passe a ter um melhor aproveitamento, diferente de apenas sua queima que gera mais problemas ao meio ambiente.

A seguir são levadas para enxaguar em câmara fria a uns 5°C e, posteriormente, empacotadas em sistemas *cry-o-vac* ou similar, em números variáveis de gomos e pesos.

2.8 O USO DO AMIDO

As utilizações do amido na produção de papel vão do acabamento da superfície, contribuindo para determinar características como cor, absorção de água e textura, à massa que dá origem à folha. Nesse aspecto o amido de mandioca é importante para a garantia de características mecânicas do papel como resistência à tração, rasgo e estouro. O amido é utilizado amplamente na fabricação de papel para imprimir e escrever; em papéis de embrulho, papel de aparas, papel Kraft, sacolas em geral, e papelão ondulado, este último em expansão no

mundo. O amido constitui um aditivo para promover o máximo de força física ao papel, auxiliar de retenção e drenagem, indicado para sistemas alcalinos (celulose on-line, 2005).

Na indústria de papel, utiliza-se o amido modificado em vários estágios da preparação do produto, devido principalmente às suas habilidades de formar filmes, na capacidade de retenção de água e aderência.

O amido é um polímero formado por moléculas que possui regiões amorfas e cristalinas. A parte linear das moléculas de amilopectina forma estruturas helicoidais duplas, estabilizadas por pontes de hidrogênio entre grupamentos hidroxila, dando origem às regiões cristalinas dos grânulos. A região amorfa é composta pelas cadeias de amilose e pelas ramificações de amilopectina. As áreas cristalinas mantêm a estrutura do grânulo e controlam o comportamento do amido (PARKER e RING, 2001; SOUZA e ANDRADE, 2000; VILELA e FERREIRA, 1987; WHISTLER, BEMILLER e PASCHALL, 1984).

Durante o aquecimento de dispersões de amido em presença de excesso de água, as ligações mais fracas de pontes de hidrogênio entre as cadeias de amilose e amilopectina são rompidas e os grânulos de amido começam a intumescer, permitindo a destruição molecular e mudanças irreversíveis nas suas propriedades. Esse fenômeno é conhecido como gelatinização (BOBBIO e BOBBIO, 1995; COOKE e GIDLEY, 1992; PARKER e RING, 2001; WHISTLER, BEMILLER e PASCHALL, 1984). A gelatinização transforma o amido em uma pasta visco elástica, homogênea, com certa resistência à ruptura e ao alongamento (ALONSO *et al.*, 1999; COOKE e GIDLEY, 1992; WHISTLER, BEMILLER e PASCHALL, 1984).

2.9 EMBALAGENS DE POLPA MOLDADA

O termo polpa moldada é uma expressão técnica que é usada pela indústria de reciclagem de papel e abrange o processo de desagregação ou separação das fibras de jornal e aparas em geral e moldagem na forma de um produto acabado. A celulose, na forma de papel, é misturada à água e a produtos químicos para formação de uma massa que depois é moldada, dando origem a produtos como embalagens ou bandejas para acondicionamento, transporte e proteção de hortifrutigranjeiros, etc. (CEMPRE, 2005).

2.10 PROPRIEDADES MECÂNICAS

As propriedades mecânicas compreendem a totalidade das propriedades que determinam a resposta dos materiais às influências mecânicas externas; são manifestadas pela capacidade destes materiais desenvolverem deformações reversíveis e irreversíveis, e resistirem à fratura (MANO, 1990).

Um dos objetivos de ensaios mecânicos é orientar o desenvolvimento de materiais e de estruturas, como, por exemplo, a alteração de resinas ou de variáveis do processo de fabricação de filme, outra razão é permitir a especificação e a avaliação da qualidade do material de embalagem tendo em vista uma aplicação específica (SARANTÓPOULOS, *et al.*, 2002).

2.9.1 Alongamento de Ruptura

O alongamento de ruptura representa o aumento percentual do comprimento da peça sob tração, no momento da ruptura (MANO, 1990).

2.9.2 Tensão de Escoamento

A tensão de tração no ponto de escoamento é a resistência oferecida pelo material correspondente à deformação no ponto de escoamento (SARANTÓPOULOS, *et al.*, 2002).

2.9.3 Tração Máxima

A resistência máxima à tração é a resistência máxima oferecida pelo material quando submetido à tração. A resistência à tração é a relação entre a força medida pela área transversal inicial do corpo-de-prova (SARANTÓPOULOS, *et al.*, 2002).

CAPÍTULO III

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Diversos experimentos foram realizados visando encontrar a melhor composição para o desenvolvimento das bandejas a partir de resíduos da agroindústria. Apresentam-se a seguir, os materiais utilizados e os métodos empregados para a preparação das diferentes polpas e obtenção dos corpos de provas.

3.1 PREPARAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

3.1.1 Materiais

- Aparas de jornal proveniente de coletas de papel reciclável;
- Resíduos de celofane pós-consumo.

3.1.2 Equipamentos

- Agitador de peneiras
- Balança analítica KNWAAGEN, Modelo KN 500;
- Estufa de secagem especial Marconi, Modelo MS-035/5;
- Moinho de Facas Tipo Cróton marca Marconi, Modelo MA 580.

3.1.3 Procedimento

O celofane pós-consumo foi lavado com detergente e água corrente repetidas vezes até eliminar os resíduos de salsicha presentes. Após a lavagem, foram levados à estufa de secagem especial Marconi, modelo MS-035/5, em seguida foram triturados em um Moinho de Facas Tipo Cróton, marca Marconi, modelo MA 580. Na etapa seguinte os resíduos de

celofane passaram pelo agitador de peneiras para se conseguir uma granulometria uniforme de 45 mesh. Assim o celofane estava pronto para a pesagem.

A Figura 3.1 mostra a apresentação final do celofane:



Figura 3.1 – Foto da apresentação final do celofane utilizado como matéria-prima

As aparas de jornal são cortadas em pequenos pedaços para sua posterior pesagem.

3.2 PREPARAÇÃO DO AMIDO

3.2.1 Materiais

- Água destilada
- Amido quimicamente modificado fornecido pela Indústria Agro Comercial Cassava S/A.

3.2.2 Equipamentos

- Agitador magnético com Aquecimento 78 HW-1;
- Balança analítica KNWAAGEN, Modelo KN 500.

3.2.3 Procedimento

Para promover a geleificação do amido foi preciso colocá-lo em água a diferentes concentrações. E aí mantido no agitador magnético a 96°C, sob agitação constante durante 30 minutos, conforme especificação do fabricante (para sua perfeita geleificação).

Essa solução foi utilizada no preparo das polpas acrescidas das diferentes concentrações de amido.

3.3 PREPARAÇÃO DA POLPA ACRESCIDA DE AMIDO + CELOFANE

3.3.1 Materiais

- Amido quimicamente modificado fornecido pela Indústria Agro Comercial Cassava S/A;
- Aparas de jornal proveniente de coletas de papel reciclável;
- Resíduos de celofane pós-consumo fornecidos por uma indústria de embutidos devidamente lavados, secos e moídos.

3.3.2 Equipamentos

- Balança analítica KNWAAGEN, Modelo KN 500;
- Liquidificador Arno Modelo Fácil I9.

3.3.3 Procedimento

A polpa utilizada na obtenção de bandejas foi preparada seguindo o procedimento utilizado para a obtenção de papel reciclado artesanal. Para o preparo da polpa acrescida de amido o papel foi deixado submerso na solução preparada conforme o item 3.2.3 por 12 horas para sua hidratação, a seguir adicionou-se celofane na proporção de 50% da massa seca e bate-se no liquidificador para melhorar a interação das fibras e evitar a formação de grumos na polpa formada. A polpa assim torna-se mais homogênea e adequada à formação de compósitos.

A escolha desta porcentagem foi baseada considerando-se o fato de se poder reciclar o máximo de material. Trabalhando assim com uma porcentagem de reciclagem bem elevada,

se considerar a produção de embalagens e a quantidade de celofane disponível para esta produção. Acredita-se que uma embalagem que contenha em torno de 20% de celofane já consumiria a quantidade de material disponível.

Essa polpa foi utilizada para a obtenção das bandejas.

Foram preparadas três polpas com diferentes concentrações de amido: 4%, 2% e 1%.

A escolha desta porcentagem foi baseada em dois fatores: a especificação do fabricante que recomenda uma porcentagem em torno de 2% e o fator econômico, já que com estas porcentagens se obtêm bons resultados e não implica em adicionar uma maior quantidade de amido e, conseqüentemente, aumentar os gastos com este produto.

3.4 PREPARAÇÃO DA POLPA ACRESCIDA DE POLI(ACETATO DE VINILA) + CELOFANE

3.4.1 Materiais

- Aparas de jornal proveniente de coletas de papel reciclável;
- Resíduos de celofane pós-consumo fornecidos por uma indústria de embutidos devidamente lavados, secos e moídos;
- Poli(acetato de vinila).

3.4.2 Equipamentos

- Agitador magnético com Aquecimento 78 HW-1;
- Agitador mecânico Fisaton, Modelo 713D;
- Balança analítica KNWAAGEN, Modelo KN 500;
- Liquidificador Arno Modelo Fácil I9;

3.4.3 Procedimento

A polpa utilizada na obtenção de bandejas foi preparada seguindo o procedimento utilizado para a obtenção de papel reciclado artesanal. Para o preparo da polpa acrescida de

poli(acetato) de vinila o papel foi deixado submerso em água por 12 horas para sua hidratação.

A seguir adicionou-se a essa mistura de papel e água 50% de celofane e bateu-se no liquidificador para melhorar a interação das fibras e evitar a formação de grumos na polpa formada do mesmo modo que a polpa com acréscimo de amido. A polpa assim torna-se mais homogênea e adequada à formação de compósitos. Depois se leva essa suspensão ao aquecimento no agitador magnético sob agitação constante com auxílio do agitador mecânico. Atingida a temperatura de 60°C acrescenta-se a porcentagem de poli(acetato de vinila) desejada e mantêm-se nesta temperatura e agitação durante 30 minutos. A temperatura de 60°C foi escolhida para uma melhor dissolução do poli(acetato de vinila), e mantido durante trinta minutos do mesmo modo que a solução de amido.

Essa polpa foi utilizada para a obtenção das bandejas.

Foram preparadas três polpas com diferentes concentrações de poli(acetato de vinila): 4%, 2% e 1%. Essas porcentagens foram escolhidas para que fosse possível uma comparação das embalagens acrescidas da mesma porcentagem de amido.

3.5 TÉCNICA EMPREGADA NA OBTENÇÃO DAS BANDEJAS

As polpas utilizadas na obtenção das bandejas foram as produzidas conforme descrito nos itens 3.3.3 e 3.4.3.

As bandejas foram preparadas no Laboratório de Controle de Processos (LCP) do Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos da UFSC. O molde das bandejas foi preparado no Laboratório de Propriedades Físicas de Alimentos (PROFI) do Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos da UFSC. A fôrma é constituída por um molde de telas de aço e um suporte de aço inox. O molde tem dimensões de 13,5 x 13,5 x 2,5cm e a tela de aço têm um diâmetro de abertura de 80 mesh. No suporte de aço inox, localizado na parte superior do molde, foi feito um orifício no centro, que permitiu conectá-lo a uma mangueira de silicone ligada a uma bomba a vácuo, como mostra a figura 3.2 etapa A.

No momento em que o molde é imerso na polpa produzida e o vácuo é aplicado (etapa B) a água atravessa a malha da tela e a polpa fica aderida sobre ela tornando a forma do molde

(etapa C). Após esta etapa o material foi levado à estufa para secagem. Foram produzidas bandejas com diferentes composições:

1. Polpa de papel + celofane acrescidas de 4% de amido;
2. Polpa de papel + celofane acrescidas de 2% de amido;
3. Polpa de papel + celofane acrescidas de 1% de amido;
4. Polpa de papel + celofane acrescidas de 4% de poli(acetato de vinila);
5. Polpa de papel + celofane acrescidas de 2% de poli(acetato de vinila);
6. Polpa de papel + celofane acrescidas de 1% de poli(acetato de vinila).

Na Figura 3.2 apresentam-se as etapas para a obtenção das bandejas.

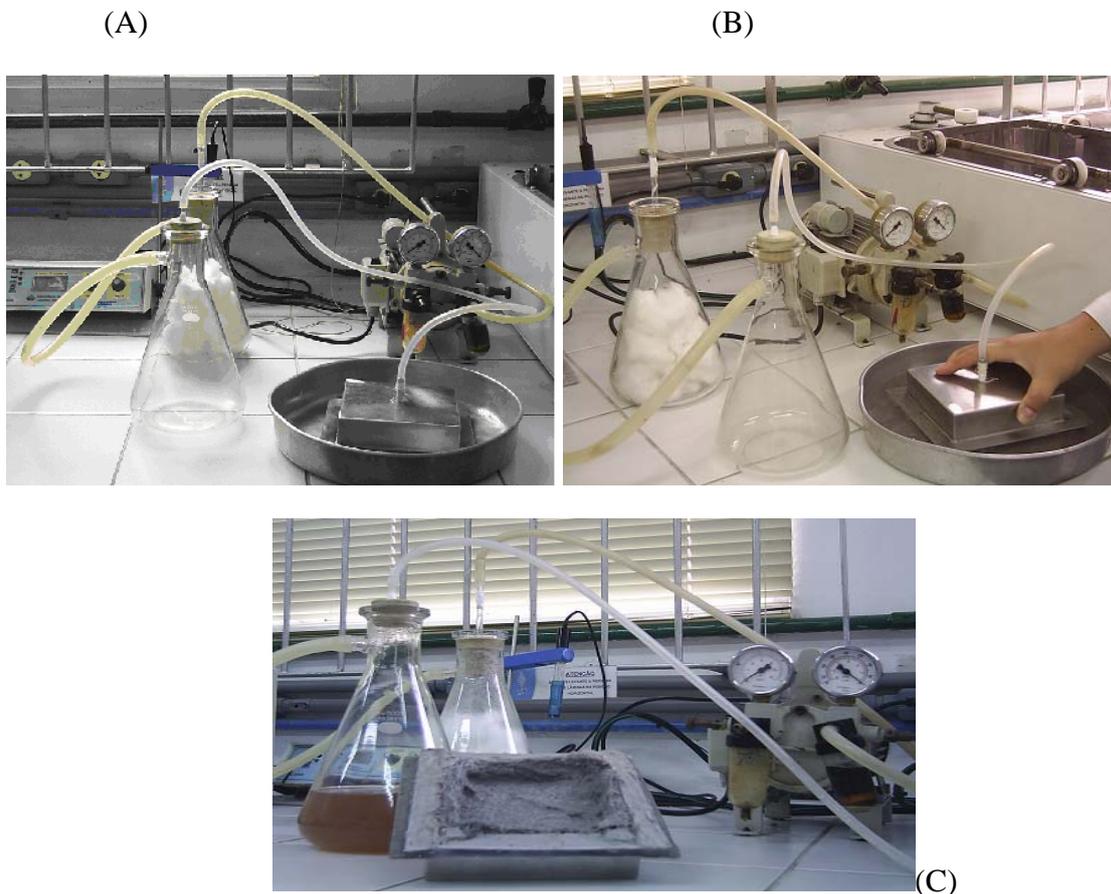


Figura 3.2 – Etapas do Processo de Obtenção das bandejas

Como as bandejas formadas apresentaram-se muito semelhantes às bandejas para ovos, essas bandejas de polpa moldada foram utilizadas como material padrão, possibilitando uma comparação entre os resultados destas bandejas comerciais com as bandejas produzidas. A Figura 3.3 apresenta a bandeja formada.

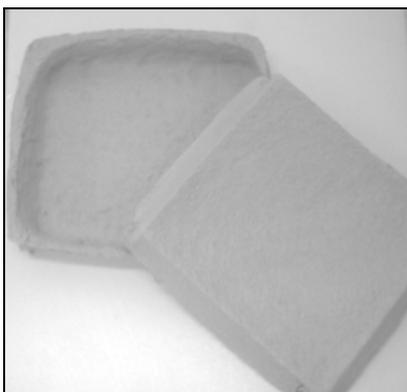


Figura 3.3 – Foto da Bandeja pronta

3.6 PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

A partir das bandejas formadas foram preparados os corpos de prova para determinação dos ensaios de tração. As dimensões dos corpos de prova foram de 2,5 x 10,0 cm conforme especifica a norma D882 – 95a da ASTM.

Os corpos de prova da amostra comercial foram preparados da mesma maneira.

3.7 ANÁLISE DE RESISTÊNCIA A TRAÇÃO

O ensaio de tração teve como objetivo determinar propriedades mecânicas das bandejas, como tensão de escoamento, tensão máxima, alongamento de ruptura entre outros. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Polímeros (POLIMAT) do Departamento de Química da UFSC, seguindo a norma D882 – 95a da ASTM (1997), em uma Máquina Universal de Ensaio de Tração, modelo DL2000, marca EMIC, na temperatura de 21°C e umidade relativa de 39% com uma velocidade constante de operação de 5 mm min⁻¹ utilizando uma célula de carga de 500N. Para cada bandeja preparada foram utilizados 12 corpos de prova para os ensaios de tração já que sempre há perdas durante os ensaios, possibilitando a obtenção de valores médios de tensão de ruptura para cada material.

3.8 DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

O ensaio de determinação da capacidade de absorção de água teve como objetivo determinar a massa de água absorvida por 1 m² de papel ou cartão, em um tempo especificado, sob condições especificadas de ensaio.

O método utilizado para a absorção de água foi baseado no método de Cobb, norma ABNT NBR NM ISO 535 (1999), utilizando-se o intervalo de tempo de 1 minuto. Consiste em uma análise gravimétrica no qual um corpo de prova com área conhecida é pesado antes e depois de sua imersão em água destilada, por tempo definido. Os ensaios de absorção de água foram realizados no Laboratório de Controle de Processos (LCP) do Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentadas as tabelas com os resultados obtidos. A discussão dos resultados encontra-se logo abaixo das tabelas.

Também se encontra no item 4.9 alternativas para a utilização das bandejas produzidas utilizando-se resíduos de celofane pós-consumo na sua composição.

4.1 AMOSTRA COMERCIAL

A Tabela 4.1 apresenta os resultados dos ensaios de tração para os corpos de prova da amostra comercial. Para comparação das embalagens produzidas utilizaram-se as caixas de ovos que também se constituem em embalagem de polpa moldada.

Tabela 4.1: Ensaios de Tração da Amostra comercial

Corpo de prova	Tensão de escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Alongamento de Ruptura %
CP 1	0,9	2,0	2,72
CP 2	1,0	2,6	2,77
CP 3	1,1	2,5	2,65
CP 4	0,8	1,7	2,05
Média	0,95	2,2	2,55
Desvio Padrão	0,11	0,36	0,29

Como pode ser observado a amostra comercial apresentou como resultados uma média de 0,95 MPa na tensão de escoamento, 2,2 MPa na tensão máxima e de 2,55% no alongamento de ruptura, estes resultados serão utilizados como padrão para os resultados das bandejas produzidas.

4.2 POLPA ACRESCIDA DE 4% DE AMIDO

A Tabela 4.2 apresenta os resultados dos ensaios de tração para os corpos de prova da amostra acrescida de 4% de amido.

Tabela 4.2: Ensaios de Tração da Amostra acrescida de 4% de amido

Corpo de prova	Tensão de escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Alongamento de Ruptura %
CP 1	0,7	1,3	2,32
CP 2	1,7	2,1	2,32
CP 3	1,5	2,8	1,98
CP 4	1,8	2,7	2,00
CP 5	1,2	1,9	1,35
CP 6	1,4	2,2	1,44
CP 7	0,9	1,1	0,98
Média	1,31	2,01	1,77
Desvio Padrão	0,41	0,64	0,52

A amostra acrescida de 4% de amido apresentou uma média 1,31 MPa na tensão de escoamento, 2,01 MPa na tensão máxima e 1,77% no alongamento de ruptura.

Se comparada à amostra comercial, a amostra com 4% de amido apresentou um aumento no valor da tensão de escoamento, o que significa que o amido aumenta a capacidade de resistência do material produzido. Isto pode ter ocorrido devido ao processo de gelatinização que transforma o amido em uma pasta visco elástica com certa resistência à ruptura. O valor da tensão máxima apresentou-se praticamente igual, havendo apenas uma diminuição no valor do alongamento de ruptura devido provavelmente a menor capacidade de alongamento do celofane se comparado à polpa celulósica, já que a polpa celulósica é constituída de fibras longas, sendo estas fibras responsáveis pela sua maior capacidade de alongamento. O celofane por sua vez é um material plástico e possui uma maior resistência, porém um menor alongamento.

4.3 POLPA ACRESCIDA DE 2% DE AMIDO

A Tabela 4.3 apresenta os resultados dos ensaios de tração para os corpos de prova da amostra acrescida de 2% de amido.

Tabela 4.3: Ensaios de Tração da Amostra acrescida de 2% de amido

Corpo de prova	Tensão de escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Alongamento de Ruptura %
CP 1	1,1	1,6	1,26
CP 2	1,0	1,7	1,46
CP 3	1,2	2,1	2,37
CP 4	1,0	1,9	2,30
CP 5	0,9	1,4	1,44
CP 6	0,9	1,5	1,25
CP 7	0,8	1,2	1,28
Média	0,98	1,63	1,62
Desvio Padrão	0,13	0,30	0,49

A amostra acrescida de 2% de amido apresentou uma média 0,98 MPa na tensão de escoamento, 1,63 MPa na tensão máxima e 1,62% no alongamento de ruptura.

A amostra com 2% de amido apresentou um valor ligeiramente maior que o da amostra comercial em relação à tensão de escoamento. Esta pequena diferença do valor da tensão de escoamento se comparado à amostra comercial não é significativa, mostrando que esta porcentagem de amido tem pouca influência sobre esta propriedade mecânica das bandejas produzidas. Um decréscimo no valor da tensão máxima e no alongamento de ruptura também foi observado, o que também indica que esta porcentagem de amido não é suficiente para se adquirir bons resultados nestes parâmetros.

4.4 POLPA ACRESCIDA DE 1% DE AMIDO

A Tabela 4.4 apresenta os resultados dos ensaios de tração para os corpos de prova da amostra acrescida de 1% de amido.

Tabela 4.4: Ensaio de Tração da Amostra acrescida de 1% de amido

Corpo de prova	Tensão de escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Alongamento de Ruptura %
CP 1	0,9	1,7	1,96
CP 2	1,0	1,2	1,23
CP 3	0,7	1,0	1,43
CP 4	0,5	0,6	0,51
CP 5	1,8	2,5	2,19
CP 6	0,4	0,6	1,11
Média	0,9	1,3	1,40
Desvio Padrão	0,50	0,73	0,61

A amostra acrescida de 1% de amido apresentou uma média 0,9 MPa na tensão de escoamento, 1,3 MPa na tensão máxima e 1,40% no alongamento de ruptura.

Um decréscimo também foi observado na amostra com 1% de amido, embora esta amostra também apresente uma pequena queda no valor da tensão de escoamento. Pode-se observar que esta porcentagem de amido apresentou somente resultados não satisfatórios o que significa que a porcentagem de amido a ser acrescentada nas bandejas é de no mínimo 4% para apresentar resultados satisfatórios na produção destas bandejas.

4.5 POLPA ACRESCIDA DE 4% DE POLI(ACETATO DE VINILA).

A Tabela 4.5 apresenta os resultados dos ensaios de tração para os corpos de prova da amostra acrescida de 4% de poli(acetato de vinila).

Tabela 4.5: Ensaios de Tração da Amostra acrescida de 4% de poli(acetato de vinila)

Corpo de prova	Tensão de escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Alongamento de Ruptura %
CP 1	0,4	0,6	1,02
CP 2	0,4	0,5	1,43
CP 3	0,5	0,9	2,19
CP 4	0,6	0,7	1,65
CP 5	0,5	0,5	0,86
CP 6	0,4	0,6	1,49
CP 7	0,6	0,8	1,91
Média	0,49	0,66	1,51
Desvio Padrão	0,09	0,15	0,47

A amostra acrescida de 4% de poli(acetato de vinila) apresentou uma média de 0,49 MPa na tensão de escoamento, 0,66 MPa na tensão máxima e 1,51% no alongamento de ruptura.

4.6 POLPA ACRESCIDA DE 2% DE POLI(ACETATO DE VINILA)

A Tabela 4.6 apresenta os resultados dos ensaios de tração para os corpos de prova da amostra acrescida de 2% de poli(acetato de vinila).

Tabela 4.6: Ensaios de Tração da Amostra acrescida de 2% de poli(acetato de vinila)

Corpo de prova	Tensão de escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Alongamento de Ruptura %
CP 1	0,3	0,4	1,08
CP 2	0,3	0,6	1,82
CP 3	0,6	0,8	1,76
CP 4	0,5	0,8	1,39
CP 5	0,6	1,1	1,45
CP 6	0,6	0,8	1,75
CP 7	0,3	0,4	1,32
CP 8	0,3	0,4	0,82
Média	0,44	0,66	1,42
Desvio Padrão	0,15	0,26	0,35

A amostra acrescida de 2% de poli(acetato de vinila) apresentou uma média de 0,44 MPa na tensão de escoamento, 0,66 MPa na tensão máxima e 1,42% no alongamento de ruptura.

4.7 POLPA ACRESCIDA DE 1% DE POLI(ACETATO DE VINILA)

A Tabela 4.7 apresenta os resultados dos ensaios de tração para os corpos de prova da amostra acrescida com 1% de poli(acetato de vinila).

Tabela 4.7: Ensaio de Tração da Amostra acrescida de 1% de poli(acetato de vinila)

Corpo de prova	Tensão de escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Alongamento de Ruptura %
CP 1	0,3	0,4	1,06
CP 2	0,2	0,4	1,71
CP 3	0,5	0,6	1,70
CP 4	0,4	0,6	1,13
CP 5	0,3	0,5	1,07
CP 6	0,4	0,6	1,66
Média	0,35	0,52	1,39
Desvio Padrão	0,10	0,10	0,33

A amostra acrescida de 1% de poli(acetato de vinila) apresentou uma média de 0,35 MPa na tensão de escoamento, 0,52 MPa na tensão máxima e 1,39% no alongamento de ruptura.

Todas as amostras acrescidas de poli(acetato de vinila) apresentaram valores inferiores à amostra comercial em todos os parâmetros analisados. Pôde-se observar pelos resultados obtidos, que o poli(acetato de vinila) mostrou eficiência apenas nos valores de alongamento de ruptura, mesmo assim inferiores ao comercial. Assim, a adição do poli(acetato de vinila) tornou as bandejas mais rígidas, conseqüentemente menos resistentes a tração. Mais estudos com acréscimo de diferentes concentrações de poli(acetato de vinila) devem se realizados para que se obtenha melhores valores de resistência e então este possa ser utilizado na fabricação destas bandejas.

Tanto o amido quanto o poli(acetato de vinila) foram escolhidos para a produção das bandejas devido as sua características de adesividade. Mas comparando as amostras com adição de

amido às com adição de poli(acetato de vinila) pode-se observar que as amostras com amido apresentaram resultados bem superiores. Uma explicação para isto pode estar no fato de que a cadeia do amido apresenta anel aromático, o que oferece uma maior dificuldade à destruição, e assim apresentam propriedades mecânicas mais elevadas.

Para uma melhor visualização segue a figura 3.4 que apresenta os valores da tensão de escoamento das amostras, a figura 3.5 que apresenta os valores da tensão máxima e a figura 3.6 que mostra os valores do alongamento de ruptura das amostras analisadas.

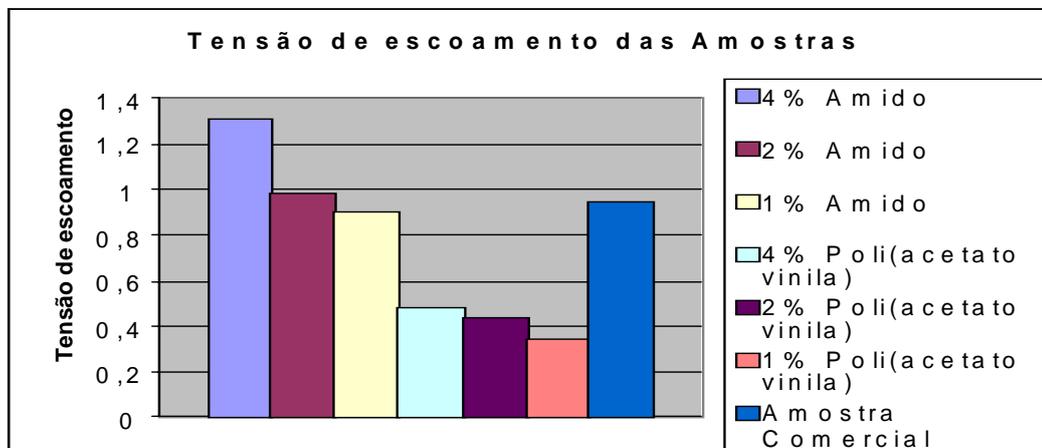


Figura 4.4: Visualização da Diferença da Tensão de Escoamento Entre as Amostras

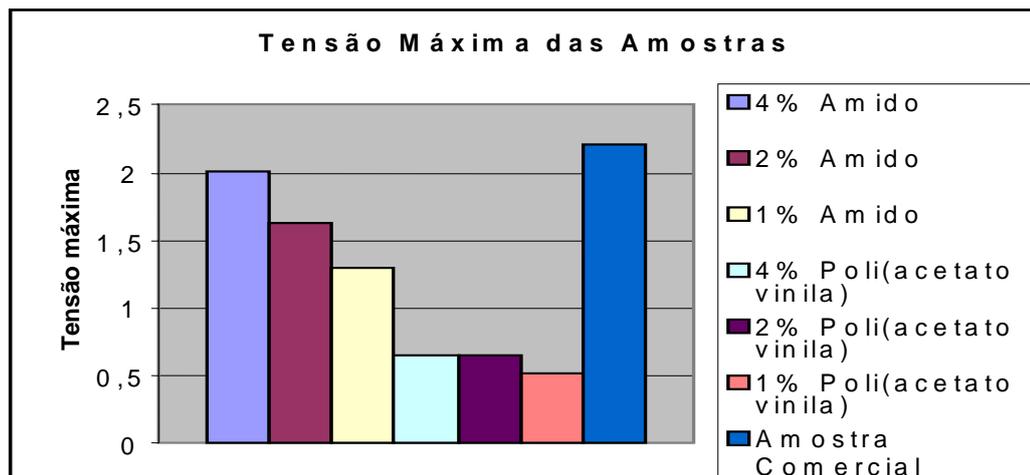


Figura 4.5: Visualização da Diferença da Tensão Máxima Entre as Amostras

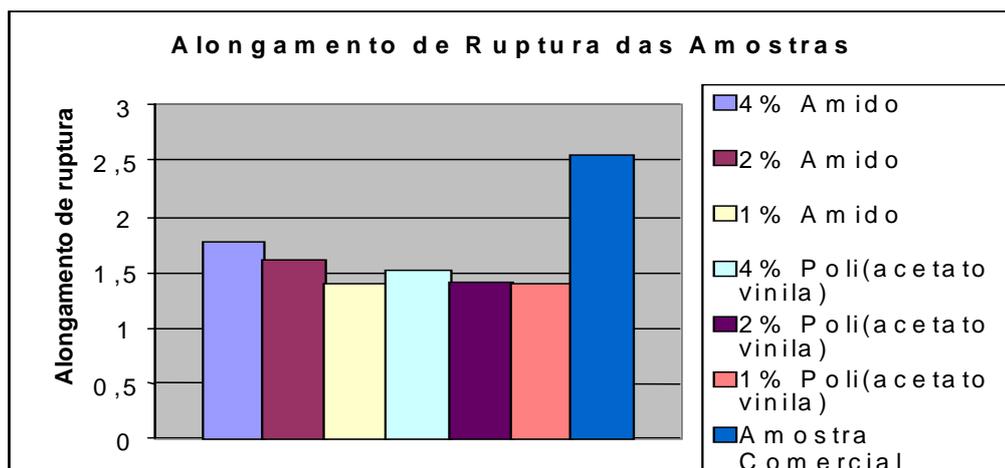


Figura 4.6: Visualização da Diferença do Alongamento de Ruptura Entre as Amostras

4.8 RESULTADOS DAS ANÁLISES DE CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

A tabela 4.8 apresenta os resultados obtidos nos testes de determinação da capacidade de absorção de água em todas as amostras produzidas e comparadas com a amostra comercial.

Tabela 4.8: Resultado das Análises de Capacidade de Absorção de água das Amostras

AMOSTRA	ABSORÇÃO DE ÁGUA
4% de amido	28,88g/m ²
2% de amido	33,98g/m ²
1% de amido	29,74g/m ²
4% de poli(acetato de vinila)	40,18g/m ²
2% de poli(acetato de vinila)	43,90g/m ²
1% de poli(acetato de vinila)	41,20 g/m ²
Amostra Comercial	3,92g/m ²

As amostras com amido apresentaram uma absorção de água inferior às com poli(acetato de vinila). Isto pode ser devido ao fato de o PVAc possuir em sua composição um protetor coloidal que retém um pouco a água. Mas esta diferença já era esperada pelo fato do amido modificado ser produzido para aplicação em papel, conseqüentemente ter a característica de menor higroscopicidade.

Comparando todos os resultados com a amostra comercial observa-se uma diferença entre elas. Esta diferença pode estar diretamente relacionada à composição e à metodologia de fabricação, já que as bandejas produzidas apresentaram fissuras, comprometendo a realização dos testes. Durante a realização do teste foi visto com muita clareza que as amostras que estavam mais compactadas apresentavam uma menor absorção de água.

Uma alternativa é a utilização destas bandejas no acondicionamento de frutas e verduras que não necessitem de refrigeração, não acarretando problemas quanto à absorção de água nas mesmas.

4.9 APLICAÇÕES DAS BANDEJAS PRODUZIDAS

Vem crescendo consideravelmente a utilização de embalagens de polpa moldada em diversos segmentos da indústria, principalmente na fabricação de caixas de ovos e bandejas para frutas e legumes.

Como o consumidor ainda tem certo receio em adquirir produtos alimentícios que contenham algum tipo de reciclagem no seu processo de fabricação, outra alternativa para o emprego desta embalagem seria no acondicionamento de peças de maior valor agregado, como componentes eletrônicos como computadores, impressoras, entre outros, pois estas peças precisam de boa acomodação.

Essas bandejas apresentam algumas vantagens se comparadas às bandejas de plástico:

- Maior maleabilidade do material garantindo uma boa proteção do produto;
- Menor custo em relação a outros tipos de embalagens;
- Redução do impacto ambiental causado pelos plásticos de origem petroquímica.

4.10 ESTIMATIVA DE CUSTO

Foi feita uma avaliação dos custos das matérias-primas empregadas para a confecção das bandejas, assim como dos equipamentos utilizados. A substituição dos equipamentos convencionais por outros de menor custo foi apresentada com o objetivo de mostrar que a fabricação dessas embalagens pode ser realizada em pequena escala, podendo ser uma alternativa para famílias que vivem próximas às agroindústrias geradoras deste resíduo. O papel também é proveniente de coleta própria da família, portanto, não apresenta custos a mesma, assim como o celofane.

Estima-se o tempo de cinco minutos para a moldagem da polpa. Assim, com oito moldes em uma hora fabrica-se 96 bandejas. Trabalhando oito horas por dia produz-se em torno de 765 bandejas, o que equivale à produção de 19.120 bandejas por mês. Levando-se em conta que o celofane vai ser doado a pessoa que mora próximo a agroindústria.

Na tabela 4.9 apresentam-se as matérias-primas necessárias, a quantidade e o custo para a fabricação de 19.120 bandejas por mês.

Tabela 4.9: Matérias-primas, Quantidade e Custos

MATÉRIA-PRIMA	QUANTIDADE	CUSTO R\$
Celofane	287 kg	--
Papel	287 kg	--
Água	8 m ³	30,00
Amido	23 kg	49,00
Água para o sistema de vácuo	5 m ³	18,00
Energia consumida pelos equipamentos		130,00

Na tabela 4.10 apresentam-se os equipamentos necessários para a produção das bandejas e os equipamentos que podem ser adaptados para este fim, visando diminuir o custo com a aquisição de equipamentos.

Tabela 4.10: Equipamentos Adaptados, Convencionais e Custo dos Equipamentos Adaptados

EQUIPAMENTOS	EQUIPAMENTOS ADAPTADOS	CUSTO DOS EQUIPAMENTOS ADAPATADOS
Sistema de aquecimento	Fogão a lenha	300,00
Agitador	Agitador mecânico	1200,00
Desagregador de fibras	Liquidificador industrial 25L	550,00
Tanque de diluição	Panela de 80L	50,00
Sistema de vácuo	Trompas de vácuo	520,00
	Bomba de água	240,00
	Caixa de água 3m ³	700,00
Sistema de secagem	Solar	-----
8 Moldes	8 Moldes	1400,00

O custo estimado para a produção de uma bandeja é de 0,015 centavos. Considerando que o vender a bandeja pelo mesmo custo da de poliestireno expandido, que é de 0,05, tem-se uma renda mensal de seiscentos e setenta reais.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

A utilização de celofane pós-consumo à polpa de celulose permitiu a formação de um compósito com características semelhantes à polpa moldada comercial.

Nos resultados obtidos, a adição de poli (acetato de vinila) à polpa de celulose e celofane não mostrou uma boa influência nos compósitos obtidos, tornando estes menos resistentes à tração. Conclui-se deste modo que este aditivo não é uma boa alternativa para melhorar as propriedades dos materiais.

A adição de amido à polpa de celulose e celofane trouxe bons resultados na resistência à tração destes materiais. Acredita-se ainda que o processo utilizado na confecção destas bandejas em laboratório, seja inferior ao comercial, o que esteja fazendo com que os materiais obtidos percam um pouco da qualidade final.

Este estudo demonstrou que o celofane pode ser utilizado para a fabricação de embalagens de polpa moldada, o que representa uma real alternativa para a sua utilização. As bandejas obtidas foram resistentes o suficiente para permitir a utilização das mesmas no acondicionamento de frutas e verduras. Outro emprego para esta embalagem seria no acondicionamento de peças de maior valor agregado, como mencionado anteriormente.

Esta alternativa pode diminuir o custo do processo de fabricação de bandejas, já que o celofane está disponível sem custos adicionais. Uma diminuição no valor da matéria-prima implica conseqüentemente numa diminuição no valor do produto final e acredita-se que melhorias no processo de fabricação traga conseqüentes melhorias nas propriedades das bandejas.

Acredita-se que o celofane pode ser incorporado na indústria de embalagens de polpa moldada. De qualquer maneira esta produção pode ser realizada por famílias próximas as agroindústrias como alternativa para aumentar sua fonte de renda.

Estudos complementares devem ser feitos para melhorar as etapas dos processos de fabricação destas bandejas fazendo com que estas possam ser disponibilizadas no mercado. Espera-se que este trabalho tenha contribuído para criar uma alternativa viável técnica e economicamente para a reciclagem dos resíduos de celofane provenientes das agroindústrias.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM ISO 535. Papel e Cartão – Determinação da capacidade de absorção de água – Método de Cobb**, 1999.

ALONSO, G. A. et al. Assessment of some parameters involved in the gelatinization and retrogradation of starch. **Food Chemistry**, vol. 66, 1999.

BOBBIO, Florinda O; BOBBIO, Paulo A., **Introdução à Química de Alimentos**. 2. ed. Varela: São Paulo, 1995.

BRANDUP, J.; **Makromol. Chem.**; Macromol. Symp. 57, 57, 1992.

BRANDUP, J.; BITTNER, M.; MICHAEL, W.; MENGES, G. **Recycling and recovery of plastics**; Willenberg, B., Hanser Publishers, 1996.

CALDERONI, S. **Os bilhões perdidos no lixo**. 3. ed. Humanitas: São Paulo, 1999.

Celulose On Line, informações e negócios no mundo da celulose. Disponível em: <http://www.celuloseonline.com.br/pagina/pagina.asp?iditem=737>, acesso em outubro de 2005.

CEMPRE, Compromisso Empresarial para a Reciclagem. Disponível em: <http://www.cempre.org.br/duvidas.php#polpa>, acesso em outubro, 2005.

CEPIS, Centro Pan-Americano de Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente. Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado – Plásticos. Disponível em <http://www.cepis.ops-oms.org>, acesso em setembro de 2005.

COOKE, D.; GIDLEY, M. J. Loss of crystalline and molecular order during starch gelatinization: origin of the enthalpic transition. **Carbohydrate Research**, vol. 227, 1992.

DUCHIN, F.; LANGE, G-M. **Prospects for the recycling of plastics in the United States**. Structural Change and Economic Dynamics, v. 09, 1998.

EHRIG, R. J.; CURRY, M. J. **Plastics Recycling: products and processes**; Oxford University Press: New York, 1992.

EVANGELISTA, José. **Tecnologia de Alimentos**; 2 ed; Atheneu: São Paulo, 1998.

FORLIN, F. J.; FARIA, J. A. F. **Considerações sobre a reciclagem de embalagens plásticas**. Polímeros: Ciência e Tecnologia, v. 12, 2002.

HOWELL, G. S. **A ten year review of plastics recycling**. Journal of Hazardous Materials, v. 29, 1992.

KAMINSKY, W.. **Thermal recycling of polymers**. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis.v.08,1985.

KIRAN, N.; EKINCI, E.; SNAPE, C. E. Recycling of Plastics Wastes Via Pyrolysis. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 29, 2000.

LIMA, Rose Mary Rosa; ROMEIRO FILHO, Eduardo. **A reciclagem de materiais e suas aplicações no desenvolvimento de novos produtos: um estudo de caso**. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 3., 2001, Florianópolis.

MAGALHÃES, Rita Mello. **Análise do Ciclo de Vida Orientada para o Meio Ambiente – o contexto de projeto e gestão para o desenvolvimento sustentável.** Dissertação de Mestrado em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1998.

MANCINI, Sandro Donnini, *et al.* **Composição dos Plásticos presentes em Resíduos Urbanos.** Revista Saneamento Ambiental, n 67, 2000.

MANRICH, Sati. **Estudos em Reciclagem de Resíduos Plásticos Urbanos para Aplicações Substitutivas de Papel para a Escrita e Impressão.** Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 10, n 3, 2000.

MANO, Eloisa Biasotto. **Polímeros como Materiais de Engenharia.** Editora Edgard Blucher Ltda, Rio de Janeiro, 1990.

MANZINI, E. **O desenvolvimento de Produtos Sustentáveis.** Os Requisitos Ambientais dos Produtos Industriais. São Paulo: Edusp, 2002.

NOGUEIRA, André Lourenço; *et al.* **Polímeros e Reações de Polimerização.** Florianópolis, 2002.

PACKAGING MATERIALS PURCHASE. **Waste Plastic Recycling.** Disponível em <http://www.indianpurchase.com> .Acesso em maio de 2003.

PARKER, R.; RING, S.G. Aspects oh the Physical Chemistry of Starch. **Journal of Cereal Science**, vol. 34, 2001.

PLASTICS RESOURCE. **Information Advanced Recycling Technology**. Disponível em <http://www.plasticsresource.com> . Acesso em setembro de 2005.

SAECHTLING, Hansjuergen. **Manual de plásticos**; agenda de las materias artificiales. Barcelona: Reverte, 1963.

SANTOS, Amélia S. F. et al.,. **Tendências e Desafios da Reciclagem de Embalagens Plásticas**. Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 14, n 5, 2004.

SARANTÓPOULOS, Claire I. G. L., et al.,. **Embalagens Plásticas Flexíveis**. Principais Polímeros e Avaliação de Propriedades. CETEA/ITAL, Campinas, 2002.

SCHLISCHTING, Rodrigo. **Influência da adição de poliestireno expandido no processo de polimerização do estireno em suspensão**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Química e Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

SONG, H. S.; HYUN, C. J.. An optimization study on the pyrolysis of polystyrene in a batch reactor. **Korean J. Chem. Eng.**, v. 16(3), 1999.

SOUZA, R. C. R.; ANDRADE, C. T. Investigação dos Processos de Gelatinização e Extrusão de amido de milho. **Polímeros: Ciência e tecnologia**, vol. 10 n 1, 2000.

SUBRAMANIAN, P. M. **Plastic Recycling and Waste Management in the US**. Resources, Conservation and Recycling, v. 28, 2000.

TEIXEIRA, Geraldo Marcelo. **Aplicação de Conceitos da Ecologia Industrial para a Produção de Materiais Ecológicos: o exemplo do resíduo de madeira**. Dissertação de mestrado, Pós-graduação em Gerenciamento e Tecnologia Ambiental no Processo Produtivo, Universidade Federal da Bahia, 2005.

VILELA, E. R.; FERREIRA, M. E. Tecnologia de produção e Utilização do amido de Mandioca. **Informe Agripecuário**, vol 13, n 145, 1987.

WHISTLER, R. L.; BEMILLER, J. N.; PASCHALL, E. F. **Starch, Chemistry and Technology**, 2 ed., 1984.