



Técnico em Alimentos

Andrelina Maria Pinheiro Santos

Cristiana Maria Pedroso Yoshida

Embalagem





Embalagem

Andrelina Maria Pinheiro Santos

Cristiana Maria Pedroso Yoshida



UFRPE/CODAI
2011

Presidência da República Federativa do Brasil

Ministério da Educação

Secretaria de Educação a Distância

© Colégio Agrícola Dom Agostinho Ikas (CODAI), órgão vinculado a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Este Caderno foi elaborado em parceria entre o Colégio Agrícola Dom Agostinho Ikas (CODAI) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) para o Sistema Escola Técnica Aberta do Brasil – e -Tec Brasil.

Reitor da UFRPE

Prof. Valmar Correa de Andrade

Vice-Reitor da UFRPE

Prof. Reginaldo Barros

Diretor do CODAI

Prof. Juãres José Gomes

Equipe de Elaboração

Colégio Agrícola Dom Agostinho Ikas (CODAI) / UFRPE

Coordenadora Institucional

Profª. Argélia Maria Araújo Dias Silva – CODAI / UFRPE

Coordenadora do Curso

Profª. Claudia Mellia – CODAI / UFRPE

Professor Coordenador Adjunto

Prof. Paulo Ricardo Santos Dutra – CODAI / UFRPE

Professores-Autores

Andrelina Maria Pinheiro Santos
Cristiana Maria Pedrosa Yoshida

Professor-Colaborador

Rodrigo Barbosa Acioli de Oliveira

Equipe de Produção

Secretaria de Educação a Distância / UFRN

Reitora

Profª. Ângela Maria Paiva Cruz

Vice-Reitora

Profª. Maria de Fátima Freire Melo Ximenes

Secretária de Educação a Distância

Profª. Maria Carmem Freire Diógenes Rêgo

Secretária Adjunta de Educação a Distância

Profª. Eugênia Maria Dantas

Coordenador de Produção de Materiais Didáticos

Prof. Marcos Aurélio Felipe

Revisão

Eugenio Tavares Borges
Cristinara Ferreira dos Santos
Emanuelle Pereira de Lima Diniz
Janaina Tomaz Capistrano
Kaline Sampaio de Araújo
Verônica Pinheiro da Silva

Diagramação

Ana Paula Resende
José Antonio Bezerra Junior
Rafael Marques Garcia

Arte e Ilustração

Anderson Gomes do Nascimento
Dickson de Oliveira Tavares

Projeto Gráfico

e-Tec/MEC

Ficha catalográfica

Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Central - UFRPE

S237e Santos, Andrelina Maria Pinheiro

Embalagens / Andrelina Maria Pinheiro Santos, Cristiana

Maria Pedrosa Yoshida. -- Recife: EDUFRPE, 2011.

152 p.: il. -- (Técnico em alimentos)

ISBN 978-85-7946-090-6

Referências.

1. Embalagens primárias 2. Rótulos 3. Nanotecnologia I. Yoshida, Cristiana Maria Pedrosa II. Título III. Série

CDD 641.3

Apresentação e-Tec Brasil

Prezado estudante,

Bem-vindo ao e-Tec Brasil!

Você faz parte de uma rede nacional pública de ensino, a Escola Técnica Aberta do Brasil, instituída pelo Decreto nº 6.301, de 12 de dezembro 2007, com o objetivo de democratizar o acesso ao ensino técnico público, na modalidade a distância. O programa é resultado de uma parceria entre o Ministério da Educação, por meio das Secretarias de Educação a Distância (SEED) e de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC), as universidades e escolas técnicas estaduais e federais.

A educação a distância no nosso país, de dimensões continentais e grande diversidade regional e cultural, longe de distanciar, aproxima as pessoas ao garantir acesso à educação de qualidade, e promover o fortalecimento da formação de jovens moradores de regiões distantes, geograficamente ou economicamente, dos grandes centros.

O e-Tec Brasil leva os cursos técnicos a locais distantes das instituições de ensino e para a periferia das grandes cidades, incentivando os jovens a concluir o ensino médio. Os cursos são ofertados pelas instituições públicas de ensino e o atendimento ao estudante é realizado em escolas-polo integrantes das redes públicas municipais e estaduais.

O Ministério da Educação, as instituições públicas de ensino técnico, seus servidores técnicos e professores acreditam que uma educação profissional qualificada – integradora do ensino médio e educação técnica, – é capaz de promover o cidadão com capacidades para produzir, mas também com autonomia diante das diferentes dimensões da realidade: cultural, social, familiar, esportiva, política e ética.

Nós acreditamos em você!

Desejamos sucesso na sua formação profissional!

Ministério da Educação
Janeiro de 2010

Nosso contato
etecbrasil@mec.gov.br

Indicação de ícones

Os ícones são elementos gráficos utilizados para ampliar as formas de linguagem e facilitar a organização e a leitura hipertextual.



Atenção: indica pontos de maior relevância no texto.



Saiba mais: oferece novas informações que enriquecem o assunto ou “curiosidades” e notícias recentes relacionadas ao tema estudado.



Glossário: indica a definição de um termo, palavra ou expressão utilizada no texto.



Mídias integradas: remete o tema para outras fontes: livros, filmes, músicas, *sites*, programas de TV.



Atividades de aprendizagem: apresenta atividades em diferentes níveis de aprendizagem para que o estudante possa realizá-las e conferir o seu domínio do tema estudado.

Sumário

Palavra do professor-autor	9
Apresentação da disciplina	11
Projeto instrucional	13
Aula 1 – Embalagens: aspectos iniciais	15
1.1 O que é uma embalagem?.....	15
1.2 Um pouco de História: a embalagem no mundo.....	18
1.3 Funções da embalagem: conter, proteger, informar, vender.....	21
1.4 Fatores que influenciam a escolha de uma embalagem.....	21
1.5 Mercado das embalagens.....	26
Aula 2 – Tipos de embalagens	33
2.1 Como escolher a embalagem ideal?.....	33
2.2 Materiais de embalagens.....	36
Aula 3 – Propriedades das embalagens	55
3.1 Protegendo o produto.....	55
3.2 Propriedades mecânicas.....	55
3.3 Propriedades de barreira.....	62
Aula 4 – Sistemas de embalagens	71
4.1 Sistemas em função da composição gasosa.....	71
4.2 Aplicação de atmosfera modificada (AM) e atmosfera controlada (AC).....	74
4.3 Sistemas ativos e inteligentes.....	77
Aula 5 – Embalagens biodegradáveis	87
5.1 O futuro das embalagens.....	87
5.2 Biodegradação, degradação e outros conceitos.....	88
5.3 Plásticos e o meio ambiente.....	90
5.4 Biodegradáveis.....	91

Aula 6 – Reciclagem, coleta seletiva e sustentabilidade	101
6.1 A reciclagem no contexto atual.....	101
6.2 Afinal, o que é reciclagem?	104
6.3 Reciclagem de papel.....	109
6.4 Reciclagem de embalagens longa vida	
– Embalagens cartonadas.....	112
6.5 Reciclagem de vidro.....	114
6.6 Reciclagem de metal.....	117
6.7 Reciclagem de plásticos.....	120
6.8 Sustentabilidade.....	126
6.9 Coleta seletiva.....	128
Aula 7 – Nanotecnologia, <i>nanofood</i> e nanoalimentos	131
7.1 Nanotecnologia, <i>nanofood</i> , nanoalimentos.....	131
7.2 Nanotecnologia e a indústria de alimentos.....	135
7.3 Nanotecnologia e as embalagens.....	140
7.4 Brasil e os investimentos em nanotecnologia.....	143
Referências	147
Currículo dos professores-autores e colaborador	151

Palavra do professor-autor

Prezados alunos!

Pense em quantas embalagens de alimentos você tem acesso por dia. Desde a hora em que acordamos, por exemplo, no café da manhã, pegamos o pote de margarina, abrimos o saquinho de pão e abrimos a caixinha de leite, chegando até a última refeição. É uma área em que, cedo ou tarde, todos os profissionais da área de alimentos estarão envolvidos. Qualquer pessoa tem a capacidade de embalar alimentos, mas para manter a proteção necessária e garantir sua qualidade e segurança, tendo aceitabilidade até o final da vida de prateleira, exige-se conhecimentos específicos dos alimentos e da embalagem.

Neste livro, você poderá aprender conceitos sobre o setor de embalagens de alimentos, abordando aspectos desde a sua história, tipos, propriedades e algumas inovações, como a aplicação da nanotecnologia. Com o aumento da demanda mundial pela sustentabilidade, o livro apresenta também a reciclagem e coleta seletiva, e as embalagens de rápida biodegradação. Algumas atividades foram propostas em cada capítulo, buscando criar uma reflexão sobre cada assunto, e ao mesmo tempo verificar o quanto você absorveu antes de prosseguir.

Para os mais curiosos, estão disponibilizadas as referências bibliográficas, *sites* e leituras complementares que poderão auxiliar na busca de mais e mais conteúdo. Embalagens de alimentos é um setor que está em contínuo desenvolvimento, e aposta-se sempre em inovações visando melhorar e prolongar a vida de prateleira. Assim, sugerimos sua constante atualização.

Bons estudos e bem-vindo à área de Tecnologia de Alimentos!

Apresentação da disciplina

A disciplina Embalagens é composta por 7 aulas.

Na Aula 1, você vai conhecer a história do surgimento das embalagens influenciada pelos fatos históricos ocorridos no Brasil e no mundo. Vai identificar as principais funções, finalidades e requisitos de uma embalagem e também começar a compreender um pouco o mercado das embalagens.

Na Aula 2, serão apresentados os tipos de embalagens, matérias-primas, suas diferenças, vantagens e desvantagens. Você será capaz de avaliar e escolher a melhor matéria-prima para determinado tipo de produto alimentício e estudará a importância do vidro, papel, metal e plástico.

Já na Aula 3, você vai compreender as propriedades da embalagem e entender como essas propriedades influenciam na escolha da matéria-prima para a fabricação da embalagem. Dentro deste tópico serão abordadas as propriedades mecânicas (resistência à tração, delaminação, ao rasgo, à perfuração) e as propriedades de barreira (permeabilidade ao vapor d'água, oxigênio, transmissão de luz, vapores orgânicos, gordura).

Na Aula 4 abordaremos o assunto sistemas de embalagens, que corresponde às inovações que vêm ocorrendo no setor, como as embalagens com atmosfera modificada e controlada, as embalagens ativas, embalagens valvuladas, mecânicas (autoaquecimento e autorresfriamento) e embalagens inteligentes.

Por sua vez, na Aula 5 você estudará as embalagens biodegradáveis e entenderá as diferenças entre degradação e biodegradação. Vai compreender a relação entre os plásticos e o meio ambiente, assim como os conceitos das embalagens fabricadas com os denominados "plásticos verdes".

Na Aula 6 você conhecerá os conceitos de reciclagem e coleta seletiva, compreenderá a importância da reciclagem e estudará a reciclagem das embalagens de vidro, papel, de metal e de plástico. Também estudará a sustentabilidade e as mudanças ocorridas no setor de embalagens.

Por fim, na Aula 7 você conhecerá a aplicação da tecnologia nano ou nanotecnologia. Esta técnica vem sendo amplamente utilizada em diversos processos industriais, inclusive nas indústrias de alimentos, mais precisamente na indústria das embalagens. Você terá oportunidade de conhecer a visão dos consumidores sobre o uso de uma tecnologia tão inovadora na produção de alimentos.

Ao final de cada aula, você testará seus conhecimentos através de um caso de ensino que percorrerá toda a disciplina, no qual um empresário lhe solicitará tarefas de acordo com o conteúdo que você estudou naquela etapa.

Projeto instrucional

Disciplina: Embalagens (40 horas)

Ementa da disciplina

Embalagens para coleta de matéria-prima, armazenamento e comercialização de produtos alimentares: tipos e utilização. Embalagens plásticas, metálicas, vidros, celulósicas e papelão. Embalagens e meio ambiente. Legislação vigente. Reciclagem. Métodos de testes de qualidade nas embalagens.

AULA	OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM	CARGA HORÁRIA (horas)
1. Embalagens: aspectos iniciais	Definir o que é embalagem. Descrever a história da embalagem no Brasil e no mundo. Identificar as funções da embalagem. Reconhecer os fatores que influenciam a escolha de uma embalagem. Caracterizar o mercado de embalagens atualmente no Brasil e no mundo.	6
2. Tipos de embalagens	Determinar que fatores influenciam na escolha das embalagens. Definir os tipos de embalagens. Classificar as embalagens. Identificar e caracterizar os diferentes tipos de materiais utilizados no mercado de embalagens.	6
3. Propriedades das embalagens	Definir as propriedades mecânicas das embalagens: resistência à tração, deformação, delaminação, resistência ao rasgo e resistência à perfuração. Definir as propriedades de barreira das embalagens: permeabilidade ao vapor d'água, permeabilidade a gases, barreira à luz e vapores orgânicos e gordura.	6
4. Sistemas de embalagens	Definir o que são e como se classificam sistemas em função da composição gasosa. Identificar como se aplicam sistemas com atmosfera controlada e modificada. Descrever os sistemas ativos de embalagem. Descrever os sistemas inteligentes de embalagem.	6

5 – Embalagens biodegradáveis	<p>Definir os conceitos relacionados às embalagens biodegradáveis. Reconhecer a importância do uso da biodegradabilidade no contexto em que vivemos.</p> <p>Diferenciar plásticos degradáveis, biodegradáveis, oxibiodegradáveis, bioplásticos e plástico verde.</p>	6
6 – Reciclagem, coleta seletiva e sustentabilidade	<p>Caracterizar o contexto atual da reciclagem no Brasil. Definir reciclagem, coleta seletiva e sustentabilidade.</p> <p>Diferenciar os tipos de reciclagem:</p> <ul style="list-style-type: none"> embalagens plásticas, embalagens de papel, embalagens de vidro, embalagens metálicas. 	6
7 – Nanotecnologia, nanofood e nanoalimentos	<p>Definir o conceito de nanotecnologia.</p> <p>Aplicar as técnicas da nanotecnologia na indústria de alimentos. Avaliar as vantagens e desvantagens do uso/aplicação da nanotecnologia no setor de embalagens.</p> <p>Reconhecer os investimentos feitos em nanotecnologia no Brasil.</p>	4

Aula 1 – Embalagens: aspectos iniciais

Objetivos

Definir o que é embalagem.

Descrever a história da embalagem no Brasil e no mundo.

Identificar as funções da embalagem.

Reconhecer os fatores que influenciam a escolha de uma embalagem.

Caracterizar o mercado de embalagens atualmente no Brasil e no mundo.

1.1 O que é uma embalagem?

Quando se trata de embalagem, alguns conceitos podem ser aplicados. Vamos conhecê-los?

- Embalagem é o recipiente destinado a garantir a conservação, transporte e manuseio dos alimentos (**ANVISA – Agência de Vigilância Sanitária, 2010**).
- Embalagem é qualquer forma pela qual o alimento tenha sido acondicionado, guardado ou envasado (**Definição de embalagem no Decreto-Lei 986/1969**).
- Embalagem significa enfardar, empacotar, encaixotar, acobertar um produto (**Definição de embalagem encontrada em dicionários**).
- Embalagem tem que vender o que protege e proteger o que vende ou a embalagem é arte, a ciência e a técnica de acondicionar o produto para que ele seja transportado, vendido e consumido (**Filosofia de marketing**).

Embalar, conter, proteger, conservar, transportar, vender. Esses podem ser definidos como os principais objetivos esperados de uma embalagem e são as definições mais comuns que encontramos nos livros, ouvimos em palestras e aulas. Quando se fala em embalagens sempre tendemos a pensar no belo envoltório que irá guardar algo que gostaríamos de transportar, guardar, e que influencia no momento de decisão. Mas, como será que tudo começou até conseguirmos chegar aos belos, práticos e ecologicamente corretos envoltórios que estão disponibilizados quase que diariamente no nosso dia a dia? Neste momento, surge uma dúvida: será que podemos dizer que a primeira embalagem surgiu quando nossos ancestrais decidiram utilizar as mãos para levar a água até a boca (transportar o alimento)?!!

Um pequeno texto disponível no livro “História da Embalagem no Brasil”, de Pedro Cavalcanti e Carmo Chagas e transcrito aqui, diz o seguinte:

Embalagens acompanham a humanidade desde o dia em que se descobriu a necessidade de transportar e proteger mercadorias. Em seu sentido mais amplo, cestos, samburás, ânforas, caixas, potes, odres, barris, barricas, tonéis, bolsas, surrões, jacás, balaios, baús, garrafas, tambores e bujões, bolsas e sacolas, são todos embalagens. Já houve quem apontasse a própria natureza como a inventora das embalagens, providenciando a vagem para proteger o feijão e a ervilha, a palha para envolver a espiga de milho, a casca do ovo e da noz.

O homem começou por lançar mão das folhas de plantas, do couro, do chifre e da bexiga dos animais, passou para a cerâmica, o vidro, para os tecidos e a madeira, chegou ao papel, ao papelão e a folha de flandres, até atingir a atualidade do alumínio e do plástico nas suas várias modalidades” (CAVALCANTI; CARMO, 2009, p. 13).

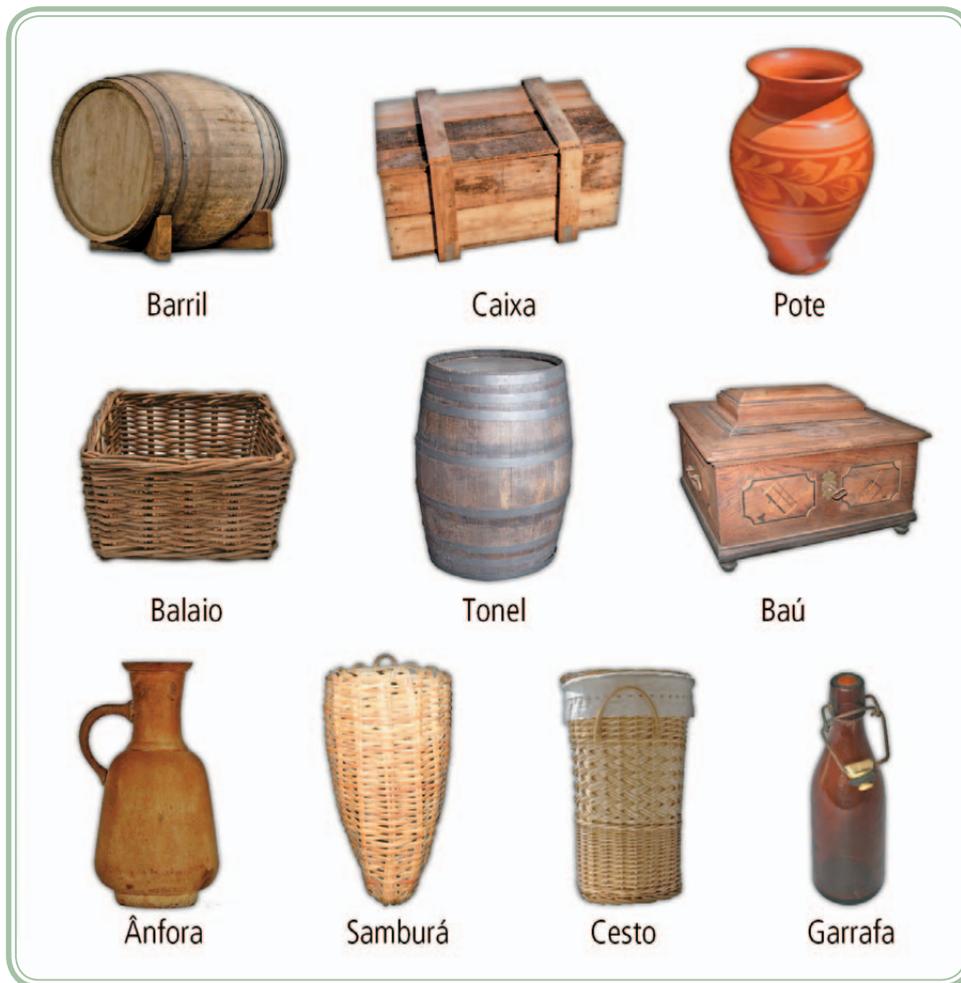


Figura 1.1: Diferentes tipos de embalagens

Fonte: <www.google.com.br/imagens/embalagens>. Acesso em: 25 out. 2010.

Ainda citando os autores acima, que descrevem sobre o fato das embalagens antigas terem sido originadas, por assim dizer, do artesanato, as dos dias atuais surgiram ou nasceram como irmãs gêmeas da indústria, devido a seu impulso ter sido dado a partir da Revolução Industrial. Indiferente da época, os objetivos que se espera obter com o uso das embalagens permanecem os mesmos, como resistência ao transporte, umidade e gases. A diferença é que agora novas necessidades foram adicionadas às embalagens, como a identificação do fabricante do produto, cores, ilustrações, informações sobre o produto embalado. Assim, o que antes consistia em apenas um pequeno envoltório anônimo se transformou em uma das mais poderosas armas de propaganda e marketing.

Para uma melhor compreensão da importância das embalagens vamos fazer uma pequena viagem no tempo, e dessa forma procurar melhor aprender sobre embalagens conhecendo a sua história do início até os dias atuais.

1.2 Um pouco de História: a embalagem no mundo

De acordo com os relatos encontrados na literatura, o surgimento das embalagens data de 10 mil anos atrás, quando os nossos antepassados sentiram a necessidade de transportar e conservar os alimentos durante as migrações por procura de melhores lugares. Nesse contexto, os primeiros tipos de embalagens foram as cestas fabricadas com raízes, pequenos caules ou até mesmos os galhos, os vasos de cerâmicas. O surgimento de novos tipos de embalagem está diretamente relacionado com a evolução da humanidade. O descobrimento de novas terras e o aumento das viagens marítimas forçaram o surgimento de embalagens mais resistentes, ao mesmo tempo em que apresentassem maior capacidade de conservação dos alimentos a serem transportados por longas distâncias. O que hoje podemos definir com aumento da **vida de prateleira**, que ainda será discutido nesta aula.

E a evolução continua. Alguns episódios da nossa história podem ser considerados marcantes no que se refere ao grande impulso dado ao desenvolvimento das embalagens. Vamos começar com a **Revolução Francesa** (1815). Napoleão Bonaparte, percebendo a necessidade de enviar alimentos em excelente estado de conservação aos seus exércitos em guerra, ofereceu um prêmio a quem desenvolvesse um processo que conseguisse manter os alimentos frescos. O prêmio foi ganho por um confeitiro chamado **Nicolas Appert (1809)**, que desenvolveu um processo denominado apertização, marcando também o surgimento de indústrias de processamento de alimentos e as latas descartáveis (NASSIF et al, 2010).

Continuando a nossa viagem, chegamos ao período da História que conhecemos como a **Revolução Industrial**. Antes da Revolução Industrial, a atividade produtiva consistia na artesanal e manual (manufatura), no máximo com o emprego de algumas máquinas simples (NASSIF et al, 2010). Com a Revolução Industrial observou-se um aumento significativo na produtividade, marcado pela introdução das máquinas nas indústrias, e, conseqüentemente, o favorecimento da produção de embalagens com diferentes formatos e tamanhos, sempre com a preocupação em manter as características do produto.

Na época da **I Guerra Mundial**, o mundo passou por grandes transformações industriais. E o setor alimentício não ficou de fora. Foi nesse período que começaram a surgir as embalagens de consumo. **Embalagens de consumo**

visavam atender a necessidade de levar alimentos até os soldados nos campos de batalha em diferentes localidades. As embalagens de consumo apareceram como uma forte substituta das **embalagens a granel**.

Fato: o exército norte-americano teve uma importante influência no desenvolvimento de embalagens. A necessidade de levar produtos perecíveis e não perecíveis a militares espalhados pelos quatro cantos do mundo – e diferentes climas – levou a inúmeras inovações em termos de embalagem.

Se analisarmos de forma bastante crítica, podemos verificar que até agora estamos nos referindo à embalagem como um envoltório que tem função de proteger, conter e transportar o alimento. Tema que será explorado com mais detalhes a seguir. Mas, em que momento na história da humanidade a embalagem começou a vender o produto, chegando a ter o poder de escolha e decisão final junto ao consumidor?

Olhando um pouco para o passado, ou lembrando um pouco os filmes que costumamos assistir que retratam o período da Idade Média ou a colonização de cidades, verificamos sempre a existência de armazéns, aonde os produtos a serem disponibilizados ao consumidor se encontram em sacos, caixotes de madeira ou latões. Mas o ponto importante é a presença do **vendedor/influenciador**. A função do vendedor nesse período da nossa história era apresentar as mercadorias, mostrar as opções, informar o preço, e, de certa forma, a validade do produto.

Com o crescimento populacional, a urbanização incentivou o surgimento do que conhecemos hoje como mercadinhos e supermercados. Nesses pontos de vendas, o **produto/mercadoria** começou a ser apresentado nas prateleiras e o vendedor/influenciador começou a desaparecer; conseqüentemente, as embalagens começaram a adquirir uma nova função de vender o produto, e com o crescimento dos meios de comunicação (a televisão foi um ponto marcante), a propaganda fortaleceu a inovação e a força das marcas que acabam se sobrepondo ao produto em si. Apenas para citar como exemplos, temos a marca Bombril (referencial da palha de aço), OMO (sabão em pó) e Leite Moça (leite condensado).

1.2.1 ... e a embalagem no Brasil

Quando nos referimos à embalagem no Brasil, dois trabalhos se tornaram uma boa referência: o livro “História da Embalagem no Brasil” (Pedro Cargomo, 2008) e um artigo disponibilizado na página <<http://www2.furg.br/projeto/portaldeembalagens/dez/historia.html>>. Os dois trabalhos fazem uma viagem através do tempo mostrando como as embalagens foram evoluindo acompanhando fatos marcantes na História do Brasil.

Começaremos com um pouco de história sobre a maneira como a embalagem surgiu no Brasil e se tornou uma das mais premiadas no mundo nos tempos atuais. Podemos dizer que as primeiras embalagens foram fabricadas pelos povos indígenas que utilizavam várias matérias-primas, como casco de árvores, cabaças, cerâmica e palha, disponibilizados na natureza para confeccionar suportes que facilitassem o transporte de alimentos. Em seguida, temos relato que data do ano de 1500 (século XIX), com a chegada de navios que transportavam alimentos e bebidas em barris, cestos, sacos etc. No ano de 1808, que é caracterizado pela chegada da Corte Portuguesa ao Brasil, não foi observado um grande desenvolvimento comercial no País, uma vez que era proibido praticar qualquer atividade produtiva que competisse com Portugal. A mudança começou a acontecer no ano de 1810, com o surgimento da fábrica localizada na Bahia que produzia vidros, garrafas e garrafas, de propriedade do português Francisco Inácio de Siqueira Nobre.

Os produtos, perecíveis e não perecíveis, eram pesados e vendidos diretamente no balcão, a granel. A mudança, ou grande divisor de águas, como está descrito no texto sobre A História da Embalagem no Brasil – Evolução de Sucesso <<http://www2.furg.br/projeto/portaldeembalagens/dez/historia.html>>, foi caracterizada pelo crescimento comercial não só no Brasil como no mundo.



1. Dê 3 conceitos de embalagem que você viu nesta aula.
2. Como surgiram as primeiras embalagens?
3. Pode-se dizer que a Revolução Industrial e a Primeira Grande Guerra influenciaram a história da produção de embalagens. Por quê?
4. Acesse o site <<http://www2.furg.br/projeto/portaldeembalagens/dez/historia.html>> e discorra sobre 3 embalagens de produtos desenvolvidas aqui no Brasil.

1.3 Funções da embalagem: conter, proteger, informar, vender

Um trabalho, intitulado “Embalagem e Estabilidade de Alimentos” (HENRIETTE et al, 2003), define como **principais funções** de uma embalagem conter, proteger, informar e vender.

Conter significa que a embalagem tem a função de conter uma determinada quantidade de alimento, o que facilita o transporte, estocagem, venda e utilização do produto. **Proteger**, segundo os autores, é considerada uma das mais importantes funções, já que a embalagem se transforma em uma barreira entre o alimento e o ambiente externo, evitando ao máximo que o alimento tenha seu processo de degradação acelerado devido a presença de fatores ambientais (luz, O₂, umidade). A função de **informar** da embalagem está relacionada com as informações que ela deve dar ao consumidor sobre o alimento, como: identificação do conteúdo, quantidade e composição do produto, instruções de uso e eventuais precauções (ex.: a presença de fenilalanina deve ser destacada no rótulo, a fim de alertar fenilcetonúricos). E **vender**, que com a evolução vem se tornando uma função de extrema importância. A embalagem nas últimas décadas vem sendo o primeiro contato visual do consumidor com o produto, e que em muitos casos é fator quase determinante na aquisição do produto pelo consumidor. Assim, ela deve ser atraente e permitir rápida identificação do produto pelo consumidor.

De uma forma geral, essas funções significam que a embalagem deve proteger o conteúdo do produto, resguardar o produto contra os ataques ambientais, favorecer ou assegurar os resultados dos processos de conservação, evitar contatos inconvenientes, melhorar a apresentação, possibilitar melhor observação, favorecer o acesso, facilitar o transporte e educar o consumidor.



1.4 Fatores que influenciam a escolha de uma embalagem

Quando olhamos para uma embalagem ou quando escolhemos um produto influenciado pela embalagem, na nossa mente vem a ideia do prático, do bonito. Em nenhum instante pensamos no material, no processo ou nas etapas que foram necessárias até se chegar naquela embalagem. Apenas compramos o produto, levamos para casa e reutilizamos, ou não, a embalagem. Entretanto, por trás daquela embalagem que pode ser reutilizada como porta-papel, porta-clipes ou até mesmo como recipiente para armazenar sabõezinhos coloridos no nosso banheiro, está uma equipe preocupada com os detalhes.

1.4.1 Finalidades

Então, como futuro desenvolvedor de embalagens, é importante começar a pensar e conhecer esses detalhes. Já fomos apresentados à função das embalagens, agora iremos conhecer outros critérios importantes, iniciando com as **finalidades**. Já sabemos que as funções são conter, proteger, transportar e vender. Agora, vamos adicionar às funções mais algumas informações.

Por exemplo, quando estamos nos referindo à proteção, queremos dizer que a embalagem deve estar preparada para proteger o alimento contra contaminações ou perdas. E somando-se a essa primeira finalidade terá que (GAVA et al, 2009): facilitar e assegurar o transporte; facilitar a distribuição do alimento; identificar o conteúdo em qualidade e quantidade; identificar o fabricante e o padrão de qualidade; atrair a atenção do comprador; induzir o consumidor para a compra; instruir o consumidor no uso do produto e informá-lo sobre a composição, valor nutritivo e outras características do alimento de acordo com a exigência legal.



Neste momento você, caro estudante e novo desenvolvedor de embalagens, como já foi denominado, pare e pegue alguns produtos que comprou pelo fato da embalagem ser bonita, pelo preço, praticidade e por apenas gostar do produto. Olhe para a embalagem e faça uma checagem de cada um dos itens citados anteriormente. Verifique quantos requisitos você encontrou.

Como sugestão, monte uma tabela colocando na primeira coluna os itens definidos como finalidades e na primeira linha os produtos. Veja o exemplo a seguir:

	logurte X	Carne Y	Biscoito Z	Sucos N
Está preparada para proteger o alimento contra contaminações ou perdas				
Facilita e assegura o transporte				
Facilita a distribuição do alimento				
Identifica o fabricante e o padrão de qualidade				

Atrai a atenção do comprador				
Induz o consumidor para a compra				
Instrui o consumidor quanto ao uso do produto				
Informa o consumidor sobre características do alimento de acordo com a exigência legal				

Acredite, esse é um excelente exercício de percepção e o ajudará também a formar um senso crítico, podendo levá-lo a mudar sua postura nas novas compras. Mas, não paramos aqui. Conhecer apenas as funções e finalidades não o torna apto a sair desenvolvendo novas embalagens.

1.4.2 Requisitos

Agora é necessário acrescentar um novo item: os **requisitos**. Lembrando ou relembando, é importante saber que a embalagem não é uma preocupação exclusiva da indústria. Nós, consumidores, temos um papel, por que não dizer, chave na aceitação de uma determinada embalagem. É por isso que considero necessário torná-lo conhecedor destes requisitos, como descrito por Gava et al (2009).

Os requisitos são: ser atóxica e compatível com o produto; dar proteção sanitária; proteger contra passagem de umidade, gases, luz, gordura e aromas; resistir bem a impactos físicos; ter boa aparência e permitir boa impressão; apresentar facilidade de abertura e posterior fechamento; possibilitar a limitação de peso, forma e tamanho; ser transparente em alguns casos e opaca em outros; ser de fácil eliminação, evitando problemas de poluição ambiental (embalagem verde); ter viabilidade econômica; ter características especiais (GAVA et al, 2008).

Este assunto será abordado mais à frente, na aula sobre reciclagem. Antes, observe o destaque a seguir e note como a sustentabilidade é, hoje, um requisito essencial na produção de embalagens.

A Figura 1.2 foi adaptada da cartilha denominada “*Diretrizes de Sustentabilidade para Cadeia Produtiva de Embalagem e Bens de Consumo*”. Essas diretrizes foram elaboradas pela **ABRE** (Associação Brasileira de Embalagem) por meio de seu Comitê de Meio Ambiente e Sustentabilidade. A ideia da ABRE, quando elaborou esse conjunto de diretrizes, foi promover que cada empresa realize a autoavaliação de indicadores ambientais de sustentabilidade. Essas diretrizes consistem de ferramentas que possibilitam que toda a cadeia produtiva trabalhe na mesma direção na busca da melhoria contínua do desempenho ambiental de seus produtos, processos produtivos e embalagem, ao longo de todas as etapas do seu ciclo de vida.



Figura 1.2: Aspectos que devem ser levados em consideração no processo de desenvolvimento de uma embalagem.

Fonte: Adaptado da apostila “Diretrizes de Sustentabilidade para Cadeia Produtiva de Embalagem e Bens de Consumo”. Disponível em: <http://www.abre.org.br/downloads/cartilha_diretrizes.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2010.

Parando um pouco para pensar, os requisitos abordados anteriormente se encaixam perfeitamente no que desejamos em uma embalagem. Por exemplo, que sentido tem comprar um alimento e, ao colocarmos próximo a uma caixa de sabão em pó, obtermos um alimento com leve aroma de lavanda ou jasmim? Quando nos referimos sobre a proteção à umidade, gás etc., estamos evidenciando que tanto esse quanto os outros já citados são parâmetros importantes na manutenção das características nutricionais e na vida de prateleira do alimento, tema visto a seguir.

1.4.3 Vida de prateleira

Como já demos uma introdução sobre **vida de prateleira** no início desta aula, nada mais justo do que conversarmos um pouco mais sobre o assunto. A definição mais simples que pode ser dada sobre vida de prateleira de um alimento é o tempo em que ele pode ser conservado. Lembrando que esse tempo está diretamente relacionado com as condições como temperatura, umidade, luz etc. que poderão provocar pequenas alterações. Essas alterações são, até certo ponto, aceitáveis pelo fabricante, distribuidor, consumidor e pela legislação vigente.

A **vida de prateleira** é monitorada pelo prazo de validade, uma informação encontrada no rótulo de qualquer produto alimentício (Resolução RDC 259/ANVISA, de 20 de setembro de 2002). O prazo de validade é indicado pelo dia e mês (obrigatórios em produtos com validade não superior a três meses (3); e mês e ano – produtos com validade superior a três meses. Essas informações se tornam importantes por garantir ao **consumidor** um alimento seguro; para o **produtor** informa sobre o tempo até que ocorra a perda de qualidade do alimento, e, no caso do **distribuidor**, avisa sobre a rapidez com que deve ocorrer a distribuição do produto.

Neste ponto deve ser questionado o seguinte: “Como é realizada a determinação do prazo de validade de um produto alimentício?” No alimento, são realizados estudos cinéticos, para avaliar o grau de deterioração de um determinado alimento em função do tempo. Por exemplo, na cadeia produtiva de um alimento temos: **matéria-prima, processamento, embalagem, estocagem, distribuição e consumo**. O alimento tem que chegar até o consumidor com o valor nutricional recomendado pela legislação; assim, todas as perdas são analisadas em cada etapa da cadeia. Na embalagem, são impressas as informações obtidas com os resultados das análises realizadas. O tipo de análise dependerá do tipo de alimento.

1. Quais são os requisitos necessários para se pensar em desenvolver embalagens?
2. Vá até a dispensa, geladeira ou supermercado, pegue um produto alimentício e veja seu prazo de validade. Enumere todas as informações existentes no rótulo, principalmente, o valor nutricional. Em seguida, faça uma pesquisa sobre os tipos de análises que são realizadas. Por exemplo, óleo de soja: i) carboidratos, ii) proteínas, iii) gorduras totais (saturadas, trans, monossaturadas, poli-insaturadas), iv) colesterol etc.



1.5 Mercado das embalagens

Em um artigo publicado na revista eletrônica *BrasilTrendsFoods2020*, intitulado “Fatores que Influenciam o Consumo de Alimentos”, os autores chamam a atenção de que devido ao aumento de renda, poder de compra e acesso às informações os consumidores estão se tornando cada dia mais exigentes em relação aos alimentos que consomem e questionadores a respeito de todos os fatores relacionados à etapa de produção desses alimentos.

E o mais importante, os autores se referem a alguns itens como as novas tendências para o mercado alimentício nos próximos anos: **sensorialidade e prazer, saudabilidade e bem-estar, conveniência e praticidade, confiabilidade e qualidade, sustentabilidade e ética.**

Reforçando a questão das tendências, pode ser citado também o artigo de Campos e Nantes (“Embalagens Convenientes: Uma Estratégia na Diferenciação de Produtos”) que exemplifica como principais tendências **preocupação com o meio ambiente, fechamento e abertura fácil, porções individuais, trajeto freezer–micro-ondas, embalagem segura e amigáveis para idosos.** Segundo os autores, essas tendências **devem** ser consideradas durante o desenvolvimento das embalagens.

Esses novos rumos que as indústrias e, conseqüentemente, o setor de embalagens vêm tomando favorecem ou forçam as mudanças no mercado das embalagens quando se trata da aquisição de matérias-primas, das importações e exportações, de *designers*. O que explica o grande avanço do Brasil nesse setor e, por que não dizer, o crescimento bastante significativo em investimentos, já que das **vinte maiores** empresas de embalagens **do mundo, dezoito** estão no **Brasil** (ABRE, 2010). Assim, vamos discutir um pouco sobre o mercado das embalagens.

Quando se fala em **mercado das embalagens** estamos discutindo aqui as exportações, importações, matérias-primas, produtos, consumidores. Todos esses fatores influenciam no momento de decidir iniciar o projeto de uma embalagem. Segundo Carvalho (2008), no seu livro “Engenharia de Embalagens”, na hora de começar um projeto é importante verificar quais foram as alterações sofridas pelo mercado mais recentemente. Por exemplo, como podemos avaliar o quanto devemos inovar em uma embalagem se um processo simples atingirá os mesmos objetivos? Ou em relação aos tipos de matéria-prima que deveremos escolher?

Carvalho (2008) chama a atenção de que o acirramento da concorrência ou a entrada de novos competidores pode ser o motivo para abandonarmos um tipo de embalagem ou um processo. Outro motivo pode ser a retirada do produto do mercado, e a embalagem não teve nada a ver com essa decisão. Existe ainda a possibilidade de abandonar um ótimo projeto de embalagem porque foi o concorrente que abandonou o mercado e, como já dito anteriormente, uma embalagem mais modesta em **termos de custo** seria suficiente.

Pensando sobre o assunto, podemos perceber o quanto é importante uma embalagem ser bem projetada e como isso pode afetar economicamente uma empresa. Se projetarmos bem uma embalagem, será observada a influência na redução com a propaganda não só pela aparência e grafismo, mas também pelas diversas facilidades de uso, transporte, manuseio que a embalagem oferece. É importante deixar bem claro que redução na propaganda não significa que será gratuita. A embalagem, que foi desenvolvida pelos projetistas, teve seu custo (CARVALHO, 2008).

É muito difícil vender um produto com uma embalagem feia, difícil de abrir, fechar, usar, guardar... e tem aquelas que ajudam a danificar o produto... e haja propaganda para convencer o consumidor (CARVALHO, 2008, p. 40).

E o mercado e a indústria? Como ficam?



O mercado das embalagens é o que mais cresce no Brasil e no mundo. Em 1997, Lincoln Seragin, disse que embalagem é um grande negócio, pois, no mundo, movimenta cerca de US\$ 500 bilhões e no Brasil algo próximo de US\$ 10 bilhões. É importante ressaltar que estava se referindo a todos os setores que estão envolvidos no processo de fabricação da embalagem, como produtores de matérias-primas, fabricantes de embalagens ou fabricantes de acessórios como rótulos, tampas etc., fabricantes de tintas, colas etc., distribuidores, fornecedores de sistemas de embalagem (embalagem e a máquina para embalar o produto), fábricas de equipamentos e moldes (Figura 1.3) e empresas que fabricam algumas de suas próprias embalagens, como é o caso, por exemplo, da Nestlé (CAMARGO; CHAGAS, 2006). No ano de **2005**, um estudo realizado pela IBRE/FGV (Instituto Brasileiro de Economia/Fundação Getúlio Vargas) indicou que a indústria brasileira de embalagem apresentou uma receita líquida de vendas de R\$ 31 milhões e US\$ 300 milhões em exportações, **gerando em torno de 170 mil empregos (diretos e indiretos)**. Na Figura 1.3 a seguir podemos observar os diversos setores que são movimentados no processo de fabricação de uma embalagem.



Figura 1.3: Setores envolvidos na fabricação de uma embalagem

Fonte: ABRE (2010).

No ano de 2008, outro estudo realizado pelo Laboratório Global de Embalagem da Escola Superior de Propaganda e Marketing (ESPM) informou que

o Brasil saiu do sexto para o segundo lugar no mercado de desenvolvimento de embalagens. Foram mais de 20 mil embalagens inovadoras desenvolvidas, correspondendo **48% ao setor alimentício**.

Um fato importante desse acontecimento foi o Brasil ter ganhado prêmios na edição de 2009 do maior festival de publicidade do mundo (Cannes-França, 2009).



Figura 1.4: Leão de Ouro de Cannes, o maior prêmio da Propaganda mundial

Fonte: <http://1.bp.blogspot.com/_eykgbPtc3UU/TCEAvtYnJNI/AAAAAAAAAJU/83EQ_HFM1Q0/s1600/LEAO_DE_OURO.jpg>. Acesso em: 25 out. 2010.

Em termos de faturamento, a indústria de embalagem em **2008** obteve **R\$ 36,6 bilhões** contra os **R\$ 33,5 bilhões** em **2007**. Em relação às exportações, as embalagens geraram um faturamento de US\$ 545,9 milhões em 2008, superando em 13,91% o faturamento de 2007. Nas importações de embalagens vazias o aumento foi de 30,14%, representando um faturamento de US\$ 479,6 milhões. Comparando as exportações com as importações, o Brasil teve um **superávit** de 66,3 milhões (dados da Associação Brasileira de Embalagens).

As Figuras 1.5 e 1.6 apresentam o comportamento do mercado brasileiro de embalagens em função das matérias-primas. Podemos verificar que mesmo com a crise financeira mundial, o Brasil foi pouco afetado, demonstrando um crescimento.

A-Z

Superávit

Resultado positivo da confrontação da receita (o que se ganhou) com a despesa.

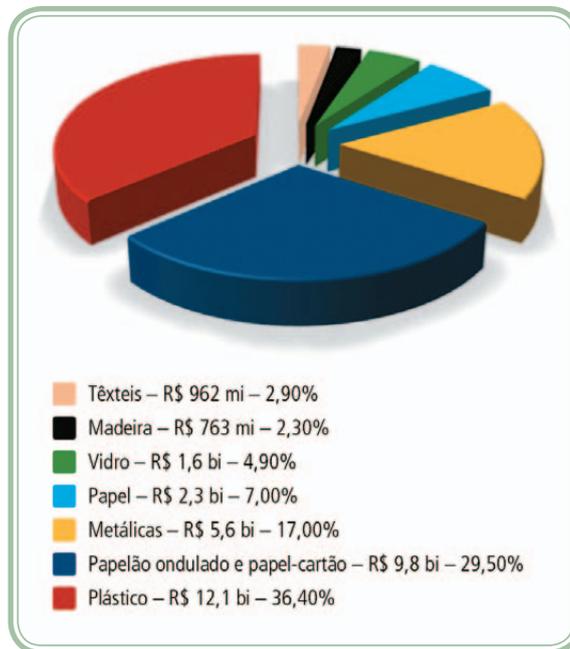


Figura 1.5: Posição do mercado para os anos de 2007 e 2009 em função das matérias-primas
 Fonte: ABRE (2010).

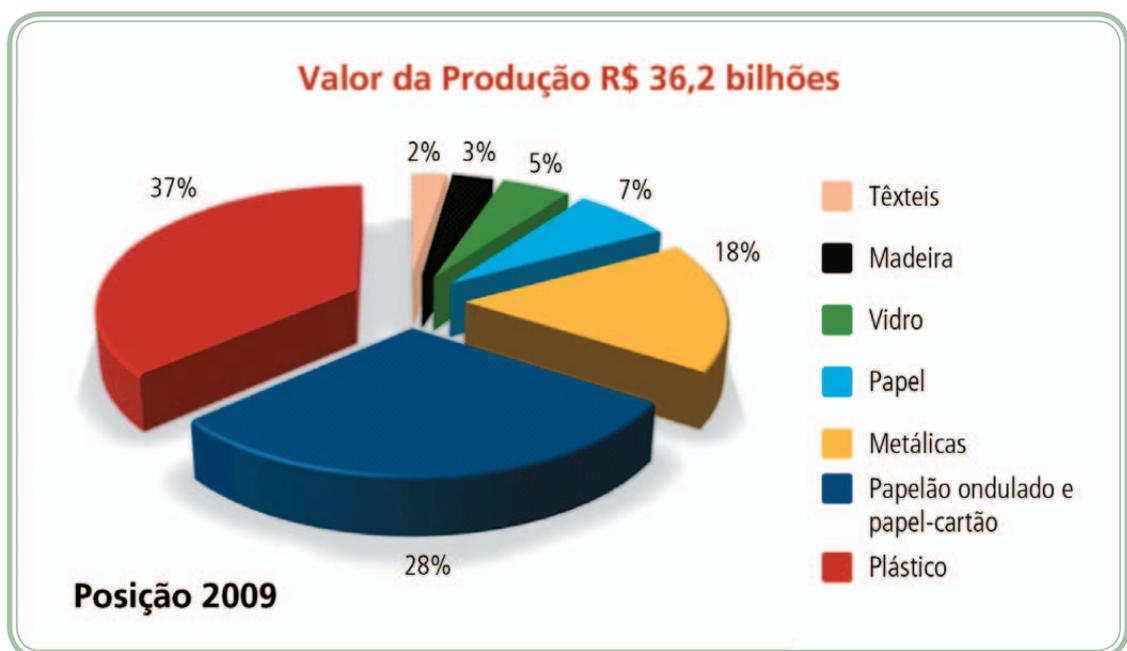


Figura 1.6: Faturamento da indústria de embalagem no período de 2004 a 2009
 Fonte: ABRE (2010).

Vamos acabando esta aula por aqui. À medida que fomos avançando, você estará mais apto a criar um olhar crítico e entender todas as informações que uma embalagem, da mais simples a mais sofisticada, está transmitindo. Lendo esta aula, um dos autores recordou sobre uma reportagem

transmitida por uma grande emissora de televisão sobre o mercado de embalagens. De acordo com a reportagem, o **mercado de embalagem** é **visto pelos economistas** como um **termômetro** da economia de um país, pois eles avaliam pela demanda qual setor tem crescido mais. Ou seja, em 2009, o setor que mais cresceu foi o da Construção Civil, pela **grande demanda de embalagens** para produtos desse setor.

Resumo

Nesta aula, você aprendeu a definir o que é uma embalagem e pôde observar alguns aspectos da história da embalagem no Brasil e no mundo. Você identificou as funções da embalagem e reconheceu os fatores que influenciam a sua escolha (finalidades, requisitos, vida de prateleira). Por fim, você teve contato com características atuais do mercado de embalagens do Brasil e do mundo.

Atividades de aprendizagem

Como foi mencionado na apresentação da nossa disciplina, cada aula vai ter como Avaliação um estudo de caso para que você possa exercitar a capacidade de tomar decisões quando estiver no mercado de trabalho. Vamos lá?

Um empresário decidiu que, para obter um melhor controle da qualidade dos seus produtos alimentícios, iria começar também a fabricar as embalagens para os seus produtos. Sendo novo no ramo, resolveu que a melhor forma de ter sucesso nesta nova empreitada seria começar a entender as embalagens. Assim, contratou uma equipe de consultoria para ajudá-lo em todas as etapas.

Você, como participante desta equipe, deve elaborar um plano de ação sobre embalagens para apresentar ao empresário. Lembre-se de que alguns pontos fundamentais devem ser explorados no plano. Para ter um amplo conhecimento do fato, comece explorando a história das embalagens, traçando um cronograma com os principais fatos marcantes. Explique detalhadamente a importância das embalagens, suas funções, requisitos, finalidades. Explore também o mercado das embalagens e como elas podem influenciar outros setores industriais. Use fluxogramas, tabelas e textos.

Aula 2 – Tipos de embalagens

Objetivos

Determinar que fatores influenciam na escolha das embalagens.

Definir os tipos de embalagens.

Classificar as embalagens.

Identificar e caracterizar os diferentes tipos de materiais utilizados no mercado de embalagens.

2.1 Como escolher a embalagem ideal?

A Tecnologia de Alimentos busca diferentes processos de conservação (calor, frio, fermentação e outros) que podem ser aplicados nos alimentos visando aumentar a **vida de prateleira**. Mas, para chegar ao consumidor com a mesma qualidade, é importante acondicioná-lo adequadamente em uma embalagem. E como selecionar o melhor material para acondicionar produtos alimentícios?

A-Z

vida de prateleira

Você se lembra do conceito de vida de prateleira, visto na aula passada? Caso contrário, volte e reveja-o.



Figura 2.1: Dentro da cadeia produtiva de alimentos, a **embalagem** ocupa um papel importante e essencial para a qualidade e segurança do produto alimentício

A seleção de um material de embalagem depende do conhecimento das principais reações que podem ocorrer no produto alimentício. Para cada tipo de alimento existe uma série de alterações possíveis ao longo de sua vida de prateleira. Assim, é importante conhecer o tipo de produto, as influências ambientais e as interações da embalagem com o produto. Essas informações podem prever as alterações químicas, físicas e microbiológicas do produto alimentício. A estabilidade de alimentos está diretamente relacionada com os seus fatores intrínsecos, ou seja, características próprias (composição, pH, acidez, umidade, atividade de água) e os fatores extrínsecos (interferências do ambiente, como temperatura, composição gasosa, presença de luz, microrganismos, insetos, roedores).

O material de embalagem deve atuar com uma membrana que protege o alimento do ambiente ao redor, ou como barreira total, isolando o produto, ou como uma membrana seletiva, permitindo a passagem de compostos específicos. Por exemplo, alimentos com baixo teor de umidade, como leite em pó, café solúvel, e outros, requerem uma embalagem com total barreira ao vapor d'água, pois o contato com alta umidade relativa do ar poderia promover a aglomeração do pó, alterando a sua estrutura inicial, o que resultaria na rejeição do consumidor.

Você se lembra de alguma vez ter comprado uma manteiga ou um biscoito recheado em embalagens transparentes?



No caso de produtos com alto teor de gordura, como a manteiga, por exemplo, a presença de oxigênio desencadeia a reação de rancificação, e a pre-

sença de luz acelera esse fenômeno, deteriorando o produto (ranço). Geralmente para esse tipo de produto alimentício se utiliza embalagens opacas.

As embalagens se dividem em três tipos:

- **Primárias:** que ficam em contato direto com o alimento.
- **Secundárias:** embalagens de distribuição, ou seja, protegem as embalagens primárias.
- **Terciárias:** embalagens de transporte, empregadas para acondicionar e proteger as embalagens primárias e secundárias durante o transporte, estocagem e distribuição.

Elas são classificadas segundo a sua consistência e a matéria-prima utilizada:

- **Embalagens rígidas:** caracterizam-se por sua dureza. Por exemplo: vidros, metais, plásticos rígidos e outros.
- **Embalagens semirrígidas:** possuem menor dureza que as rígidas. Por exemplo: garrafas e recipientes plásticos, laminados mistos.
- **Embalagens flexíveis:** caracterizam-se pela baixa dureza. Por exemplo: plásticos, celofane, papel, alumínio.

1. Que fatores influenciam na escolha do material da embalagem?
2. Quais podem ser os tipos de embalagem? Explique-os.
3. Como se classificam as embalagens? Dê um exemplo de produtos específicos para cada uma, de acordo com o que você vê quando vai ao supermercado.



2.2 Materiais de embalagens

As principais matérias-primas na indústria de embalagens são:

- vidro
- metal
- celulose
- plástico

Vamos agora estudar cada uma delas separadamente.

2.2.1 Vidro

O vidro é o material de embalagem mais antigo. No caso de alimentos, esse tipo de embalagem é encontrado em diferentes formas, como potes, garrafas, garrafões, copos, litros. Geralmente, são utilizados para produtos líquidos e sólidos, utensílios domésticos e podem apresentar diferentes espessuras.

O vidro é constituído por uma mistura de materiais que, após a fusão em forno, podem se moldar em diferentes formas e tamanhos.



O uso de embalagens de vidro apresenta vantagens que podem interferir diretamente na seleção desse material para acondicionar um produto alimentício. As principais vantagens estão apresentadas no Quadro 2.1.

Quadro 2.1: Vantagens da aplicação de embalagens de vidro

Vantagens	Justificativa
Transparência	O consumidor aprecia ver o produto que está comprando
Impermeabilidade	O vidro promove barreira total a gases e umidade
Coloração	Esse material pode ser pigmentado e utilizado para produtos alimentícios que requerem barreira à luz
Atóxico	Não promove nenhuma interação com o produto alimentício, não transmite odor e sabor, sendo totalmente inerte
Resistente à temperatura de esterilização até 100o C	Pode ser utilizado em produtos que requerem pasteurização
Fácil abertura	A abertura da embalagem é fácil, e pode ser fechada novamente depois de aberto
Retornável	Após o uso pode ser retornável. Por exemplo: os cascos de refrigerante, cerveja
Reutilizável	Após o uso, a embalagem pode ser higienizada e utilizada para outros fins. Por exemplo: o copo de requeijão
Reciclável	É totalmente reciclado: 1 kg de vidro quebrado é igual a 1 kg de vidro reciclado

Apesar de tantas vantagens, as embalagens de vidro vêm sendo gradualmente substituídas por outros tipos de materiais. E por que isso acontece? As desvantagens estão descritas no Quadro 2.2.

Quadro 2.2: Desvantagens da aplicação de embalagens de vidro

Vantagens	Justificativa
Fragilidade	O vidro quebra fácil; qualquer quebra provoca a perda de todo o produto embalado
Peso relativamente grande	Materiais como plásticos são mais leves e menos frágeis
Custo	Embalagens em vidro têm custo mais elevado em relação às outras
Pouco resistente à temperatura de esterilização	O vidro é pouco resistente às temperaturas acima de 100o C
Dificuldade de fechamento hermético	O fechamento das embalagens de vidro é feito com outros tipos de materiais.

Depois de um passeio no supermercado, podemos ver produtos que ainda utilizam embalagens de vidro, como bebidas finas, cervejas, conservas, geleias, café solúvel, requeijão, e outros. Isso se dá porque as vantagens ainda superam as desvantagens, sendo que a sua escolha é absolutamente favorável dependendo do produto.

Cite 3 vantagens e 3 desvantagens de se utilizar o vidro nas embalagens. Justifique cada uma delas.



2.2.2 Embalagens metálicas

As embalagens rígidas de metal são fabricadas a partir de folhas de aço e de alumínio em diferentes formas, tamanhos e espessuras. As vantagens desse tipo de embalagem são:

- barreira total à umidade, gases e luz;
- é inviolável;
- é de fácil soldagem;
- reciclabilidade: é totalmente reciclada, sendo que o material é facilmente separado por processo magnético;
- alta condutibilidade térmica;
- resistência: é resistente a choque térmico, pressão interna (no caso de bebidas fermentadas) e choques, vibrações e empilhamento;
- fácil transporte.



Apesar de todas as vantagens do uso de embalagens metálicas em alimentos, existem alguns fatores que devem ser considerados na seleção desse tipo de material:

- É um material não inerte.
- Pode sofrer corrosão.
- Pode amassar com o transporte, empilhamento e vibração.

Mas... toda embalagem de metal é feita da mesma forma? Será que a lata de sardinha é fabricada com o mesmo material que a lata de leite em pó?

2.2.2.1 Materiais metálicos

Para a fabricação das embalagens metálicas, diferentes tipos de chapas de metal são utilizados, como a **folha de flandres**, **folha cromada**, **folha stancrom** e **folha não revestida**.

O material metálico mais utilizado na confecção de embalagens metálicas, em geral, é a **folha de flandres**, que consiste na folha laminada de aço com baixo teor de carbono revestido por estanho comercialmente puro em ambas as faces, combinando em um único material a resistência mecânica e a capacidade de conformação do aço com a resistência à corrosão, soldabilidade e boa aparência do estanho.

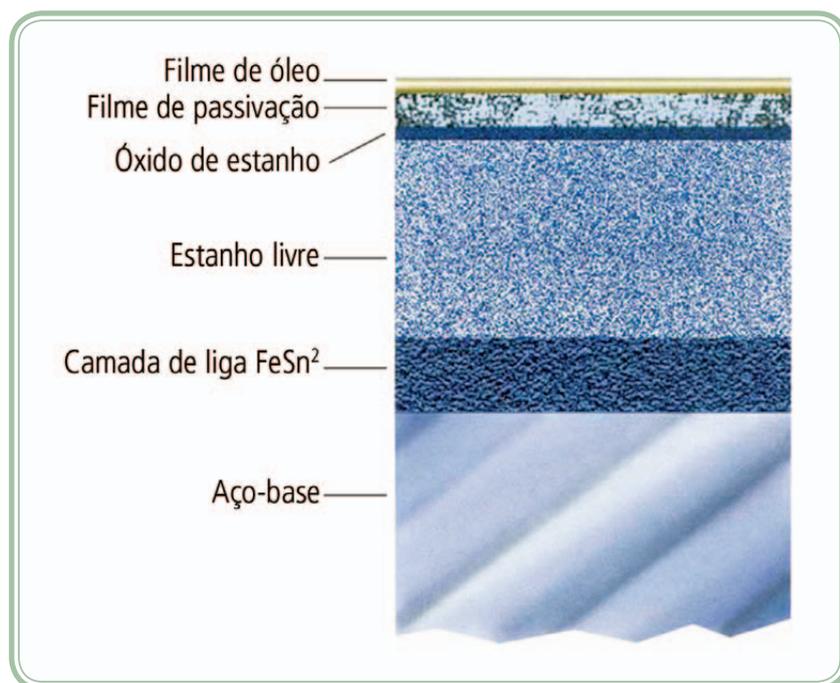


Figura 2.2: Composição da folha de flandres

A **folha cromada** é um material metálico alternativo à folha de flandres, cuja principal vantagem é a redução no custo da embalagem. É produzida da mesma folha laminada de aço de baixo teor de carbono utilizada para folhas de flandres, sendo que ao invés de estanho, aplica-se eletroliticamente uma fina camada de cromo metálico e óxido de cromo, protegida por um filme de óleo.

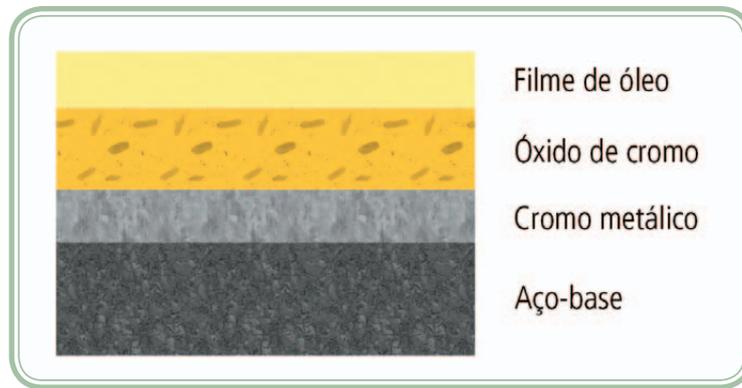


Figura 2.3: Composição da folha cromada

Além das vantagens oferecidas pelo cromo, a folha cromada apresenta boa conformação mecânica, boa resistência à sulfuração e é mais econômica que a folha de flandres. Como desvantagens, tem o maior desgaste do equipamento utilizado para produzir as latas, devido à maior dureza do revestimento, baixa resistência a produtos de alta acidez e necessidade de solda especial de cromo metálico e óxidos de cromo, também como posterior oleamento da superfície.

A **folha stancrom** é uma folha de aço revestida em ambas as faces com camada de estanho menor que a da folha de flandres (sem formação de liga $FeSn_2$), sobre a qual são eletrodepositados compostos de cromo. Há proteção adicional de uma película de óleo. É uma alternativa à folha de flandres, a um custo mais baixo.

E a **folha não revestida** é uma folha de aço com baixo teor de carbono, sem revestimentos. Possui baixa resistência à corrosão, por isso deve ser aplicado verniz em ambas as faces. Tem baixo custo, mas seu uso é permitido apenas para óleos e produtos desidratados.

Os vernizes são aplicados para evitar a oxidação atmosférica e contato direto de metal com o alimento. O bom desempenho depende da espessura do verniz que é aplicado, da aderência sobre a folha, do grau de cozimento e da porosidade do filme. A camada e o tipo de verniz devem ser definidos dependendo do produto a ser acondicionado. As resinas mais utilizadas são as epóxi-fenólico, epóxi-ureia, epóxi-amino, poliéster, acrílico e vinílico.

É verdade que não devemos comprar latas amassadas?

Dependendo do grau de amassamento, é melhor evitarmos comprar embalagens metálicas danificadas, pois a camada de verniz nas latas amassadas

pode ter se rompido, e o alimento pode ter ficado em contato com o material de embalagem, favorecendo a migração de metais ou até mesmo do verniz (composto orgânico), com posterior ingestão pelo consumidor.

2.2.2.2 Tipos de embalagens metálicas

As embalagens metálicas podem se apresentar como:

- Latas (duas e três peças)
- Latas compostas
- Baldes
- Tambores

As latas em geral são cilíndricas, e em muitos países os tamanhos foram padronizados para evitar confusões e enganar o consumidor. As latas mais comuns são as de 3 peças (tampa, corpo e fundo) com uma costura lateral. As latas 2 peças consistem em corpo e tampa, ou seja, o fundo e o corpo formam uma peça só, sem emendas. As tampas são fornecidas aos enlatados para o processo de recravação após o enchimento das latas. Essa diferença é facilmente visualizada: faça a comparação de uma lata de milho verde, de 3 peças, e uma lata de atum, que é geralmente de 2 peças.



Figura 2.4: Lata de milho verde (com tampa, corpo e fundo) e lata de atum (com corpo e tampa)

Já existem no Brasil as latas do tipo *easy open*, ou com a extremidade de fácil remoção, cujo corpo é formado de folha de flandres e a tampa é feita de alumínio.



Figura 2.5: Lata do tipo *easy open*



1. Que vantagens fazem com que existam muitas embalagens de metal disponíveis no mercado?
2. Por que se utiliza folha cromada ao invés da folha de flandres em alguns casos?
3. Qual a função do verniz nas embalagens metálicas?
4. Relacione os tipos de alimentos embalados com vidro e metal existentes na dispensa da sua casa e avalie as vantagens e desvantagens observadas. Você recomendaria a mudança do vidro para o metal ou vice-versa?

2.2.3 Embalagem de alumínio

O alumínio provém da bauxita tratada, e pode formar embalagens rígidas ou flexíveis, dependendo da espessura da folha, qualidade da liga e formas da embalagem. Diferentes formas de embalagens de alumínio vêm sendo comercializadas, como folhas em embalagens multicamadas, latas para bebidas (refrigerantes em lata, cervejas, sucos), tampas aluminizadas de iogurtes e água mineral, pacotes de leite, biscoitos e outros.

Para todo material de embalagem existem vantagens e desvantagens na sua aplicação para acondicionar produtos alimentícios. As principais estão descritas no Quadro 2.3.

Quadro 2.3: Vantagens e desvantagens no uso de folhas de alumínio como material de embalagem de alimentos

Vantagens	Desvantagens
Atóxico	Pode ser atacado por alimentos ácidos ou de grande teor salino (por isso não se encontra milho em conserva em latas de alumínio, nem extrato de tomate)
Baixo peso, ou seja, é mais leve que a folha de flandres	Não tolera altas pressões em autoclaves
Resistente à corrosão	
Impermeável a gases e umidade	
Reciclabilidade: é totalmente reciclado	
Embalagens multicamadas: devido a sua grande maleabilidade, permite vários processos para formar	

2.2.4 Embalagens celulósicas

A matéria-prima desse tipo de embalagem é a celulose, como o próprio nome diz. Existem diferentes tipos de embalagens celulósicas que têm grande aplicação na área alimentícia, seja como embalagem primária ou como secundária (Quadro 2.4).

Quadro 2.4: Tipos de embalagem celulósica utilizados em embalagens para alimento

Tipos de embalagem celulósica	Exemplos
Filmes transparentes	Celofane, acetato de celulose, outros
Papel	Kraft pardo, Kraft branco, monolúcido, couché, outros
Cartões	Cartuchos, embalagens cartonadas
Papelão ondulado	Caixas de papelão
Madeiras	Paletes, estrados e caixas

Embalagens de papel, papel-cartão e papelão ondulado se caracterizam principalmente pela estrutura, resistência e barreira à luz. Mas é um material poroso formado pelo entrelaçamento ao acaso das fibras de celulose, o que permite a passagem de gases e vapor d'água.

A alta sensibilidade à umidade dificulta sua aplicação em ambientes com alta umidade relativa, ou na presença de água, que acaba amolecendo o material de embalagem, alterando seu aspecto e sua função de proteger o alimento.

Quem nunca pegou uma caixa de alimento congelado amolecida no supermercado?

Isso pode significar que o alimento congelado passou por um processo de descongelamento, com liberação de água, que foi absorvida pela embalagem



<www.tetrapak.com.br>
Acesse o site indicado para conhecer um pouco da história da empresa e identificar alguns processos e tipos de embalagens desenvolvidos.

de papel. O descongelamento não deveria ter ocorrido, pois sabemos que a água de descongelamento pode ser um foco de contaminação microbiana!

Os diferentes tipos de papel com aplicação em embalagens estão apresentados no Quadro 2.5.

Quadro 2.5: Tipos de papéis aplicados como embalagens		
Tipo de papel	Características	Aplicações
Estiva (maculatura)	Baixa qualidade, fabricado com matéria-prima reciclada (aparas)	Embrulhos rústicos, tubetes e cones
Manilhinha	Baixa qualidade, fabricado com alta porcentagem de matéria-prima reciclada	Embrulho, principalmente em padaria
Manilha	Qualidade intermediária, fabricado com alta porcentagem de matéria-prima reciclada	Embrulho em lojas de departamento, geralmente colorido
Monolúcido	Fabricado a partir de pasta química branqueada	Rótulos, sacos, sacolas, laminados
Papel couché	Fabricado a partir de pasta química branqueada, superfície com brilho e lisura	Rótulos
Papel impermeável	Tipos: granado, <i>grease proof</i> , e outros. Papéis com baixa permeabilidade a gorduras	Alimentos para consumo rápido, papel para confeitarias
Papel seda	Fabricado a partir de pasta química branqueada	Embalagens leves, proteção de frutas
Papel Kraft	Fabricado a partir de mistura de fibras curtas e longas, apresenta boa resistência mecânica	Embalagens em geral, sacos, sacolas

2.2.4.1 Embalagens de papelão ondulado

O papelão ondulado é um material versátil para embalagens, pois pode envasar produtos secos, ser utilizado como embalagem secundária e terciária de transporte. O papelão é uma embalagem rígida obtida a partir de folha de papel de elevada **gramatura** e **espessura**. É constituído por elementos ondulados, denominados miolo, e elementos planos, denominados capa. Estes são montados utilizando adesivos aplicados no topo das ondas.

As folhas de papelão se classificam em:

- Face simples ou parede simples → 1 capa + 1 miolo
- Face dupla → 1 capa + 1 miolo + 1 capa
- Face tripla → 1 capa + 1 miolo + 1 capa + 1 miolo + 1 capa
- Face múltipla

A-Z

gramatura

em embalagens significa o peso do material por unidade de área do papel, por exemplo, 250g/m².

espessura

é a medida da distância entre uma e outra face do papel.

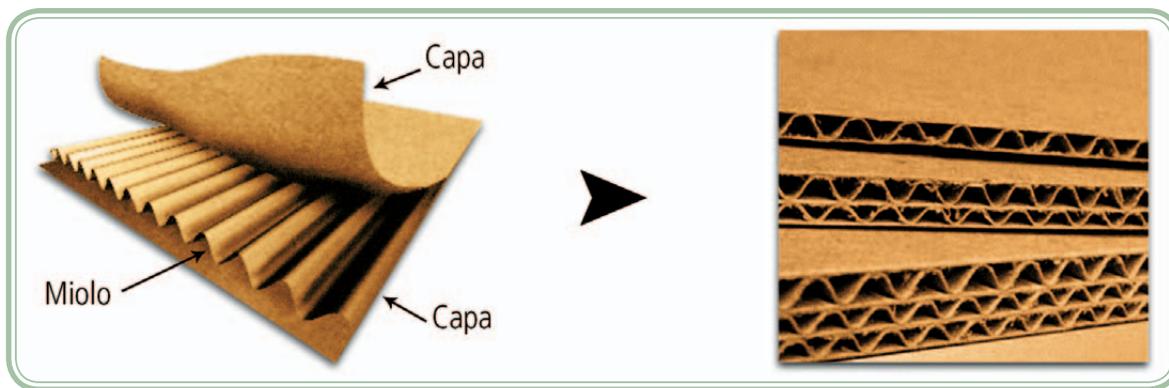


Figura 2.6: Esquema de montagem do papelão ondulado. Veja, no lado direito, as faces dupla, tripla e múltipla

Esse tipo de material tem sido empregado principalmente na forma de caixas, bandejas e contentores (containers), que desempenham a função de acondicionar, transportar e proteger os produtos por um tempo pequeno.

Dependendo das características do produto a ser acondicionado, e principalmente buscando a resistência do papelão ondulado, são utilizados diferentes tipos de ondas, que mudam a largura, altura e número (Tabela 2.1).

Tabela 2.1: Variação de altura das ondas	
Tipos de ondas	Altura das ondas (mm)
A	4,70-4,80
B	2,46-3,00
C	3,60-4,00
D	1,15

Apesar de outras embalagens apresentarem melhores propriedades de barreira a gases e umidade, a embalagem de papelão é uma das mais empregadas no setor alimentício, devido ao seu baixo custo, facilidade de fabricação e montagem e por sua versatilidade em tamanho e estilo.

As vantagens das embalagens de papelão são:

- Baixo peso
- Amortecedor de choques
- Baixo custo

- Reciclagem
- Facilidade de impressão, manuseio, aplicação de adesivos, grampos



2.2.4.2 Embalagens de papel-cartão

O papel-cartão é fabricado a partir da laminação de várias camadas de polpa celulósica durante o processo de remoção de água. É classificado pelo número de camadas (monoplex, duplex, triplex e outros).



Sabe a caixinha de papel do sanduíche vendido nos restaurantes fast food? É feita de papel-cartão!!!

Na área de alimentos, o papel-cartão é muito utilizado em sacos de papel, como uma das camadas de laminados flexíveis, cartuchos, tubos e latas. Esse tipo de embalagem pode acondicionar o alimento diretamente, não precisa de um envoltório. Exemplos de aplicação são o amido de milho, farinhas, macarrão, pós para bolo.

2.2.4.3 Embalagens de madeira

As embalagens de madeira são utilizadas na forma de engradados, caixas, caixotes, e geralmente para transportes de vegetais e frutas frescas. As caixas de madeira apresentam grande resistência, podem ser reutilizadas inúmeras vezes, mas podem favorecer o ataque por insetos, ser foco de contaminação de microrganismos, principalmente fungos.

Atualmente, esse tipo de embalagem vem sendo substituída por caixas de papelão ondulado ou plástico rígido.



1. Por que as embalagens celulósicas não podem ser utilizadas em ambientes de alta umidade?
2. Cite 3 tipos de papel, suas características e aplicações no mercado.

3. Cite as vantagens que fazem as embalagens de papelão serem amplamente utilizadas no setor alimentício.
4. Acesse o site <<http://www.agrosoft.org.br/agropag/213077.htm>> e leia o texto “Nova embalagem aumenta o tempo de comercialização do palmito”. Enumere as razões pelas quais a embalagem de vidro foi substituída pela de papel-cartão.

2.2.5 Embalagens de plástico

O emprego das embalagens de plástico tem aumentado gradativamente, principalmente pelo maior crescimento da indústria petroquímica que contribui em grande parte para a produção de matéria-prima para embalagens. Atualmente, corresponde a aproximadamente 30% do total de embalagens utilizadas pelo setor alimentício.



A fabricação de embalagens plásticas é baseada na polimerização por adição e condensação de monômeros, resultando em **polímeros** de alto peso molecular, formando cadeias longas, ramificadas ou não, denominadas polietileno, polipropileno, polivinil, poliacetal, poliedóxidos e outros.

As principais características das embalagens plásticas são a elevada propriedade mecânica, baixo custo, peso reduzido e facilidade na moldagem, apresentando diferentes formas, tamanhos e outros.

As embalagens plásticas mais utilizadas atualmente são feitas de polietileno, polipropileno, poliestireno, poliésteres e poliuretanos. O tipo de plástico que foi utilizado na fabricação pode estar identificado na própria embalagem, com símbolos que são padronizados no mercado nacional e internacional. Observe o Quadro 2.6 a seguir.

A-Z

Polímeros são compostos químicos de peso molecular elevado, formados por muitas moléculas pequenas iguais, denominadas de monômeros, unidas umas às outras por ligações covalentes, resultantes de muitas reações de adição consecutivas (polimerização).

Quadro 2.6: Tipos de plásticos, seus símbolos, códigos, propriedades e aplicações

Código	Código	Propriedades	Aplicações
 PET	Tereftalato de polietileno - PET	transparentes, inquebráveis, impermeáveis e leves	garrafas de água mineral e refrigerante, como óleos e sucos
 PEAD	Polietileno de alta densidade - PEAD	resistentes a baixas temperaturas, leve, impermeável, rígido e com resistência química	tampas de refrigerante, potes para freezer e garrafões de água mineral
 V ou PVC	Cloreto de polivinila	rigidez, impermeabilidade e resistência à temperatura	brinquedos, cartões de crédito e caixas de alimentos
 PEBD	Polietileno de baixa densidade - PEBD e Polietileno de baixa densidade linear - PEBDL	flexíveis, leves, transparentes e impermeáveis	Filmes termocontroláveis, como caixas para garrafas de refrigerante, filme de uso geral, sacaria industrial, impermeabilização de papel (embalagens tetrapak)
 PP	Polipropileno - PP	conservam o aroma e são resistentes a mudanças de temperatura, brilhantes, rígidos e inquebráveis	alimentos, tampas de refrigerante, potes para freezer e garrafões de água mineral
 PS	Poliestireno - PS	impermeabilidade, rigidez, leveza e transparência	copo descartáveis, potes para iogurte, sorvete e doces, frascos, bandejas de supermercado, pratos, tampas
 OUTROS	Copolímero de etileno e acetato de vinila		fabricação de calçados, colas, adesivos, peças técnicas, fios e cabos

Fonte: ABIQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química

Vamos estudar agora os compostos mais utilizados atualmente e seus respectivos usos no mercado de embalagens.

2.2.5.1 Poliolefinas

As poliolefinas são polímeros formados por moléculas que contêm em sua maioria carbono e hidrogênio. Como por exemplo, podemos citar os polietilenos e os polipropilenos.

a) Polietileno

O polietileno (PE) é obtido da polimerização do gás etileno. São polímeros altamente flexíveis, apresentam alta barreira à água e baixa barreira a gases. Não são tóxicos e podem ser utilizados em contato direto com alimentos.

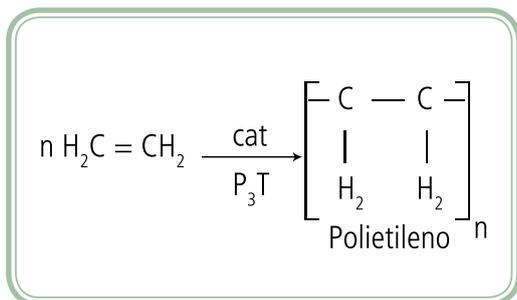


Figura 2.7: Fórmula do polietileno

É muito utilizado como embalagem de alimentos, na forma de folhas e recipientes (sacos, garrafas, baldes e outros). A forma de obtenção produz diferentes tipos de polietileno, caracterizados por diferentes propriedades finais. Veja o Quadro 2.7.

Quadro 2.7: Tipos de polietileno utilizados em embalagens de alimentos			
Sigla	Nome	Características	
PEBD ou LDPE	Polietileno de baixa densidade	Ramificações longas e curtas, pouco solúvel em álcool	Alta resistência ao impacto, flexibilidade, estabilidade, alta resistência à água, resistência ao rasgo
PEAD ou HDPE	Polietileno de alta densidade	Cadeia linear	Rígido, resistência à tração, resistente ao calor
PELBD ou LLDPE	Polietileno linear de baixa densidade	Copolímero de etileno, cadeia linear com ramificações curtas	Rigidez, resistência à tração, maior fraturabilidade, resistência ao rasgo, secagem à quente
PEUBD ou ULDP	Polietileno de ultrabaixa densidade	Comonômero	Resistência ao impacto, flexibilidade à baixa T, resistência ao rasgo

b) Polipropileno

O polipropileno (PP) é caracterizado por ser um material mais leve, transparente, resistente, com excelente barreira à gordura e boa barreira à umidade. Se comparado ao PE, apresenta melhor barreira a gases. Mas o custo é mais elevado que o PE.

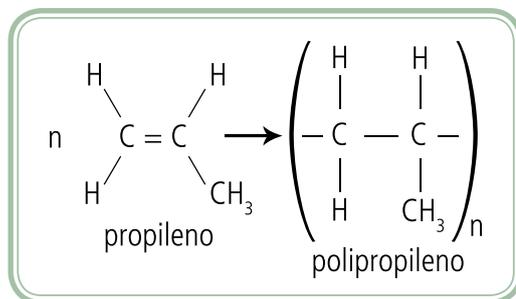


Figura 2.8: Fórmula do polipropileno

2.2.5.2 Policloreto de vinila

O policloreto de vinila (PVC) é obtido a partir da polimerização do cloreto de vinila, e caracteriza-se por resistência elevada (é duro). Pode ser empregado como sacos plásticos, película para embalar alimentos, elaboração de garrafas plásticas e outros.



Figura 2.9: Embalagens feitas a partir de policloreto de vinila (PVC)

Fonte: <http://www.polianaplas.com.br/imagens/produtos/produtos_garrafoes_1.jpg>. Acesso em: 6 dez. 2010.

2.2.5.3 Politereftalato de etila

O politereftalato de etila (PET) é um poliéster desenvolvido por dois químicos britânicos, com barreira a gases em aproximadamente 80 vezes maior que o PE, mas com menor barreira à umidade. É utilizado em garrafas e pode ser feito enchimento a quente ou submetidos à pasteurização rápida. Outras propriedades da garrafa PET são:

- Excelente transparência e brilho.
- Boas propriedades mecânicas.
- Boa resistência química.



Figura 2.10: Exemplo de garrafa PET

Fonte: <http://4.bp.blogspot.com/_c8Lnobr8Hc0/TJPFvqposbl/AAAAAAAAAH4/AwukGfxMQFs/s1600/garrafa_pet%5B1%5D%5B1%5D.jpg>. Acesso em: 6 dez. 2010.

2.2.5.4 Poliestireno – PS

O poliestireno é um homopolímero resultante da polimerização de monômeros de estireno. É um material muito leve, de baixo custo, transparente e de fácil coloração. É altamente permeável ao vapor de água e gases. Não pode ser utilizado para alimentos quentes, porque tem baixo ponto de fusão.

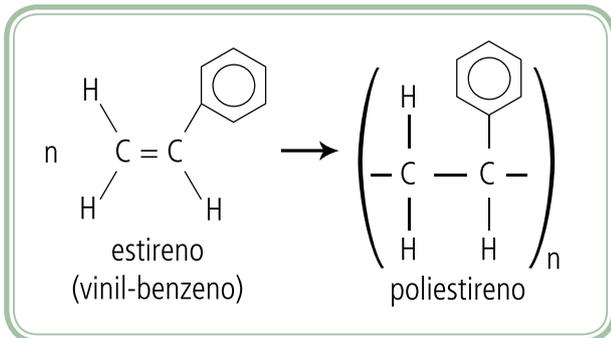


Figura 2.11: Fórmula do poliestireno

É um dos mais vendidos depois do PE, PP e PVC. Pode ser encontrado na forma de copos descartáveis, pratos descartáveis, potes de margarina, copos de água e iogurte, potes para sorvete e outros.



Figura 2.12: O poliestireno é muito utilizado em produtos descartáveis
Fonte: <<http://www.petrobras.com.ar/Imagens/elnova/Descartaveis.jpg>>. Acesso em: 6 dez. 2010.



1. Quais são as principais características das embalagens plásticas?
2. Descreva os principais compostos plásticos utilizados atualmente e indique em que tipos de embalagens ele são utilizados na indústria.

Resumo

Nesta aula, você aprendeu quais fatores influenciam na escolha das embalagens de um produto. Entendeu quais são os tipos de embalagens, assim como sua classificação. Por fim, estudou os principais materiais aplicados na indústria do setor (vidro, metal, celulose e plástico), compreendendo suas características, vantagens, desvantagens e aplicações.

Atividade de aprendizagem

Após assistir à primeira apresentação sobre embalagens, o empresário ficou interessado em conhecer mais sobre o assunto. Como também existe a possibilidade de implantar na própria fábrica o setor de fabricação de embalagens, resolveu elaborar uma lista contendo seis itens, e decidiu que iria liberá-los à medida que fosse obtendo as repostas. Assim, como primeiro item, ele solicitou informações sobre:

a) tipos de embalagens, consistências, matéria-prima.

Para facilitar a compreensão, ele também solicitou que a empresa de consultoria elaborasse uma lista com as vantagens e desvantagens em relação aos tipos de matérias-primas utilizadas nos dias de hoje para fabricação de embalagens. **O material deve ser entregue na forma de relatório.** Mãos à obra!

Aula 3 – Propriedades das embalagens

Objetivos

Definir as propriedades mecânicas das embalagens: resistência à tração, deformação, delaminação, resistência ao rasgo e resistência à perfuração.

Definir as propriedades de barreira das embalagens: permeabilidade ao vapor d'água, permeabilidade a gases, barreira à luz e vapores orgânicos e gordura.

3.1 Protegendo o produto

Como vimos anteriormente, as funções da embalagem são proteger, transportar, informar, e outras. E dentre essas funções, a proteção é um item extremamente importante, pois o produto precisa ser protegido contra danos físicos e mecânicos durante a movimentação, transporte e distribuição. Além disso, os produtos devem ser isolados para evitar ações do ambiente, como luz, gases, vapor d'água e odores. Essas características exigidas estão direta ou indiretamente relacionadas com as propriedades mecânicas e de barreira das embalagens. É o que vamos estudar a partir de agora.

3.2 Propriedades mecânicas

As propriedades mecânicas estão diretamente relacionadas com a integridade, tanto do produto a ser embalado quanto a própria embalagem. Ou seja, a embalagem é a forma de comercialização do produto alimentício, e é a forma de manter a integridade do produto desde a fabricação ou colheita até o consumo, dentro desta cadeia existe o armazenamento e a distribuição (transporte).

a) Importância

A importância das propriedades mecânicas de embalagens consiste na avaliação do desempenho dos materiais nos equipamentos, nas máquinas de acondicionamento, estocagem e distribuição.

Pela determinação das propriedades mecânicas é possível estudar o comportamento do material quando submetido a esforços mecânicos, ou seja, a capacidade do material resistir a esforços sem romper e sem se deformar de forma incontrolável. Com esses resultados, é possível escolher o material a ser utilizado, relacionando com a aplicação, que envolve o produto a ser embalado, o manuseio, tipo de estocagem, transporte etc.

b) Fatores

As medidas devem ser feitas dentro de normas padronizadas, e considerando condições externas que influenciam o comportamento mecânico dos materiais de embalagem. Veja a seguir alguns elementos que devem ser considerados.

- Temperatura: é importante conhecer a temperatura real de aplicação do polímero, como por exemplo, produtos congelados, ou que sofrerão algum tratamento térmico (pasteurização, esterilização, cozimento na própria embalagem).
- Tempo ou velocidade de deformação.
- Nível da solicitação mecânica.
- Condições ambientais (efeito da umidade relativa sobre um polímero hidrofílico).
- Condições de operação do equipamento.



Quais os principais fatores para selecionar o material de embalagem de alimentos, considerando o processamento do material, e por que o conhecimento das propriedades mecânicas poderia favorecer esta escolha?

As propriedades mecânicas mais utilizadas para a caracterização de materiais de embalagens serão apresentadas a seguir.

3.2.1 Resistência à tração

A resistência à tração é muito aplicada em embalagens flexíveis, como sacos plásticos para acondicionar alimentos, e que requerem certa resistência ao inserir peso. O saquinho pode esticar, mas não romper, do contrário perderíamos tudo o que embalamos.

Esta propriedade expressa a resistência do material à deformação quando submetido à tração. Inicialmente, o material oferece resistência crescente à força aplicada, e vai provocando seu alongamento.

Existe um equipamento para medir essa propriedade, no qual o material é fixado nas extremidades e se aplica uma força para esticá-lo. O material vai se deformando, até romper. Com este teste avaliamos o quanto de força o material suporta até antes de romper e também o quanto deforma (ou estica) até antes de romper. Na Figura 3.1, temos um exemplo ilustrativo do teste de medida da resistência à tração e ao alongamento. A amostra é cortada e presa nas duas extremidades, em seguida, iniciamos o processo de esticamento da amostra. Ela começa a esticar até atingir o ponto 1. Neste ponto, se pararmos de aplicar a força para esticar o material, ele volta para seu estado inicial, sem se deformar. Acima do ponto 1, o material começa a apresentar deformação permanente, e isto continua até atingir o ponto 2, que é quando o material se rompe, representando o quanto o material se deformou, e o quanto suporta de força até antes de romper.

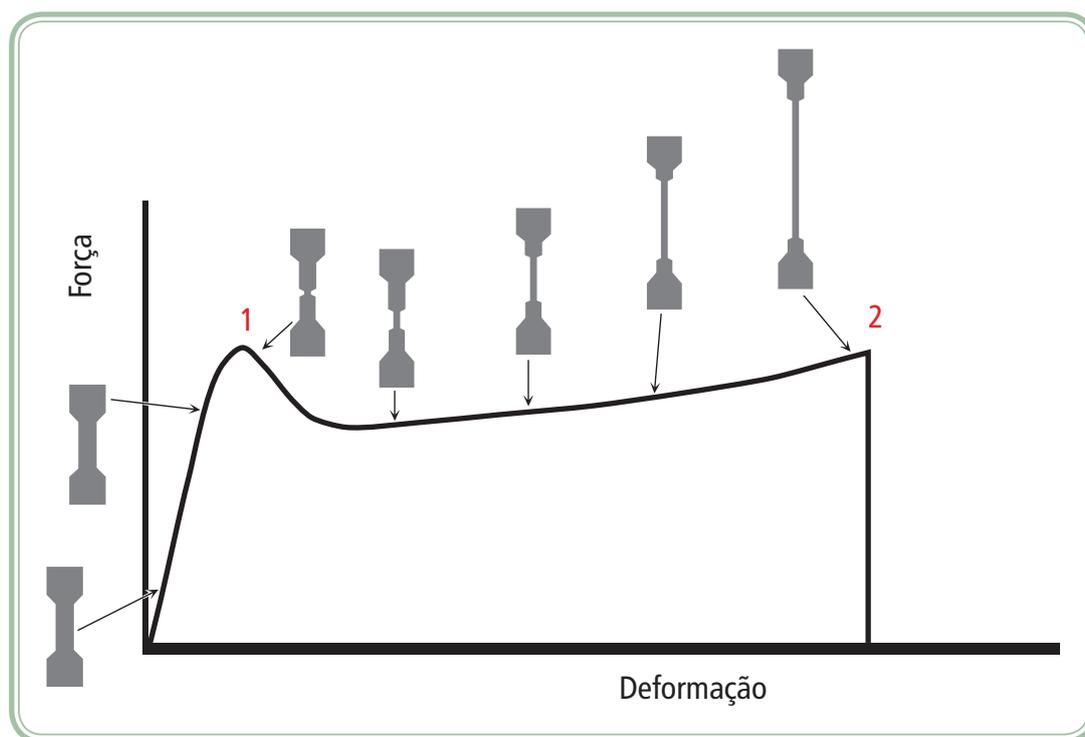


Figura 3.1: Tração e deformação de materiais de embalagens flexíveis

A partir do estudo realizado foi possível definir informações, que serão descritas a seguir.

a) **Módulo de Young ou módulo de elasticidade:** é a relação entre a força aplicada com a deformação plástica, ou seja, na região linear, está relacionado com a rigidez do material. Materiais cerâmicos apresentam alto módulo de Young e polímeros apresentam baixo. O módulo de Young representa a rigidez do material. O Quadro 3.1 apresenta alguns exemplos dos valores desse módulo para diferentes tipos de materiais.

Quadro 3.1: Módulo de Young para diferentes tipos de materiais

Material	Módulo de Young (GPa)
Ferro	196
Cobre	124
Alumínio	70
Filme polímero biodegradável (quitosana)	2
Borrachas	0,1

b) **Tração na ruptura:** é a máxima força que o material pode suportar antes de romper.

c) **Deformação na ruptura:** é quanto o material de embalagem alongou até romper.



Observação: em alguns casos, pode-se minimizar a deformação, tornando a estrutura mais rígida. Existem diferentes maneiras de se fazer isso, através do *design* das embalagens, ou seja, da alteração no formato geométrico. Por exemplo, garrafas plásticas, sob pressão com os anéis, evita o colapso da embalagem quando ela cai.

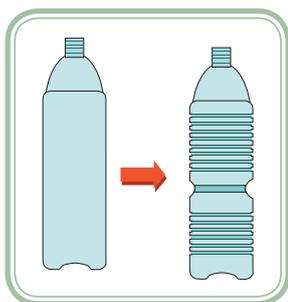


Figura 3.2: Exemplo de garrafa plástica com anéis, o que evita a deformação

3.2.2 Resistência à delaminação

Esta propriedade é importante em embalagens que são constituídas por diversas camadas. Várias embalagens são feitas com várias camadas, como o chocolate que contém camadas de plástico e alumínio, ou o pacote de suco

em pó, que contém camadas de PET, tinta, alumínio, polipropileno, adesivo e polietileno, ou mesmo a caixa de pizza congelada que contém folha de papel cartão e plástico. Ou mesmo a caixinha de leite, que é formada por 7 camadas: polietileno (plástico), impressão, papel, polietileno (plástico), folha de alumínio, e mais 2 de polietileno (plástico).

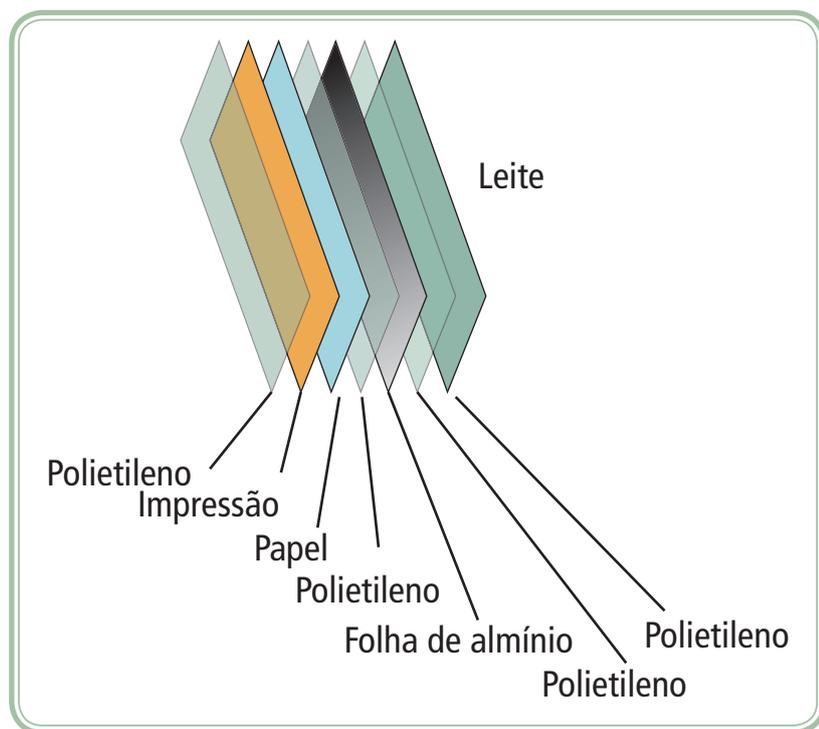


Figura 3.3: Figura ilustrativa da composição da caixa de leite

A delaminação é a propriedade que mede a força necessária para separar camadas de uma estrutura flexível. Ou seja, ninguém gostaria de comprar um produto alimentício, com a embalagem separando as suas camadas, fica uma impressão ruim do produto. Por isto é feito este teste antes de utilizar o material composto por várias camadas, avaliando a capacidade de adesão de duas superfícies.

O problema causado pela delaminação de uma embalagem tem efeito na aparência do material, comprometendo a integridade, propriedades de barreira e resistência mecânica da embalagem. O teste de resistência à delaminação é feito com um aparelho que quantifica a força necessária para separar 2 camadas de uma embalagem composta por pelo menos 2 materiais diferentes, conforme esquema abaixo.



Figura 3.4: Esquema ilustrativo da medição da força de delaminação de uma embalagem composta pela união de pelo menos 2 camadas diferentes

Fonte: <<http://www.stablemicrosystems.com/>>. Acesso em: 28 mar. 2011.

3.2.3 Resistência ao rasgo

Quando você abre uma embalagem de biscoito com a abertura “abre fácil”, ou quando se tem aquela dificuldade de abrir um saquinho de *catchup* ou mostarda, a força que fazemos para propagar o pequeno rasgo da embalagem é representada pela resistência ao rasgo.

Este parâmetro de resistência mecânica é útil para especificações e avaliação da qualidade de um material flexível. São basicamente dois tipos de resistência ao rasgamento:

- a necessária para iniciar o rasgo;
- a necessária para propagar o rasgo já iniciado.

Existem algumas maneiras de realizar o teste de resistência ao rasgo. São elas: bastão, em que mede a força para abrir para fora uma embalagem; a calcas, quando se quer propagar o rasgo em direções opostas; a angular, quando se tem um rasgo formando um ângulo; e o entalhe, que é um pequeno rasgo, que pode ser propagado aplicando forças paralelas e contrárias.

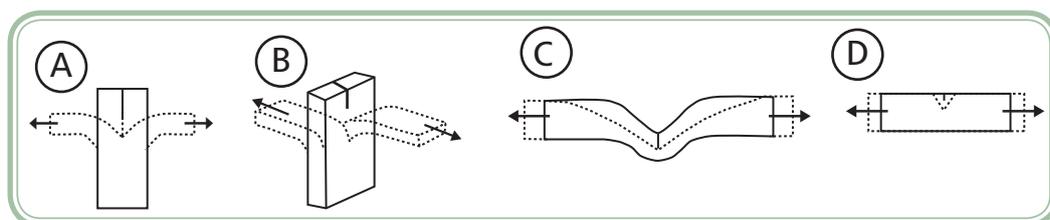


Figura 3.5: Tipos de corpos de prova/resistência ao rasgo: a) bastão, b) calcas; c) angular; d) entalhe

Fonte: <<http://www.poliuretanos.com.br/Cap8/812mecanicas.htm>>. Acesso em: 28 mar. 2011.

3.2.4 Resistência à perfuração

É um parâmetro de qualidade para materiais no acondicionamento de produtos com pontas, cantos vivos e produtos com protuberâncias que possam danificar a embalagem durante o acondicionamento e transporte. Por exemplo, alimentos congelados são críticos para a perfuração devido à expansão de volume. Outros tipos de produtos são aqueles que podem ser perfurados por agentes externos, ou seja, embalagens que são fechadas com grampos metálicos, por exemplo, embalagens de queijos que geralmente, são acondicionados em filme de polietileno com fechamento por grampos metálicos.

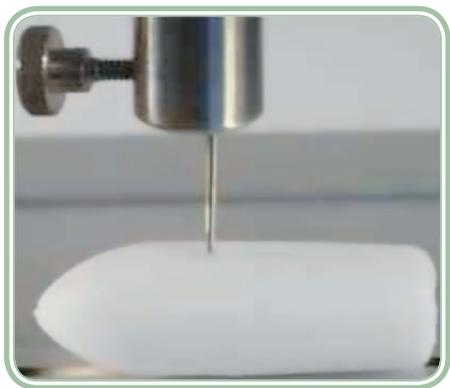


Figura 3.6: Esquema ilustrativo do processo de medida da resistência à perfuração

Fonte: <<http://www.stablemicrosystems.com/>>. Acesso em: 28 mar. 2011.

1. Vamos testar um pouco as propriedades mecânicas com embalagens que temos em casa. É claro, sem quantificar a força, mas como uma forma de visualizar as propriedades: Pegue um saquinho de supermercado, uma folha de papel celofane, e uma folha de papel de alumínio. Corte-os nas dimensões de 10 x 3 cm.
2. A primeira propriedade que podemos avaliar é a resistência à tração. Segure cada extremidade com uma das mãos e comece a puxar para fora. Qual dos materiais é o mais deformável? E qual o mais resistente?
3. Testando a resistência ao rasgo. Segure com as duas mãos perto, e faça o movimento de rasgar, em direções contrárias. Qual o material que apresentou maior resistência ao rasgo e a menor?
4. E por último, vamos testar a resistência ao furo. Pegue um palito e fure os três (3) materiais, e indique na ordem crescente o que apresenta a maior resistência ao furo.



3.3 Propriedades de barreira

A embalagem deve atuar como uma barreira que impeça ou dificulte o contato entre o ambiente externo e o produto no seu interior.

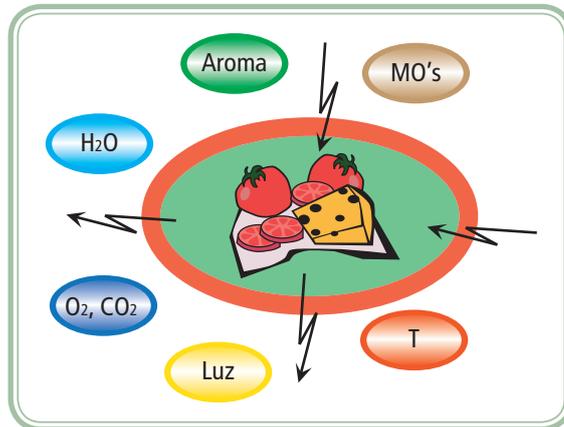
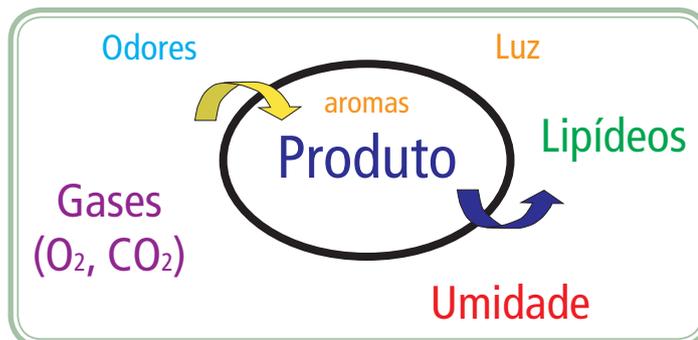


Figura 3.7: Fatores do ambiente externo (aroma, água (H₂O), gases (O₂ e CO₂), luz, temperatura, microrganismos (MO's) que a embalagem deve atuar como barreira

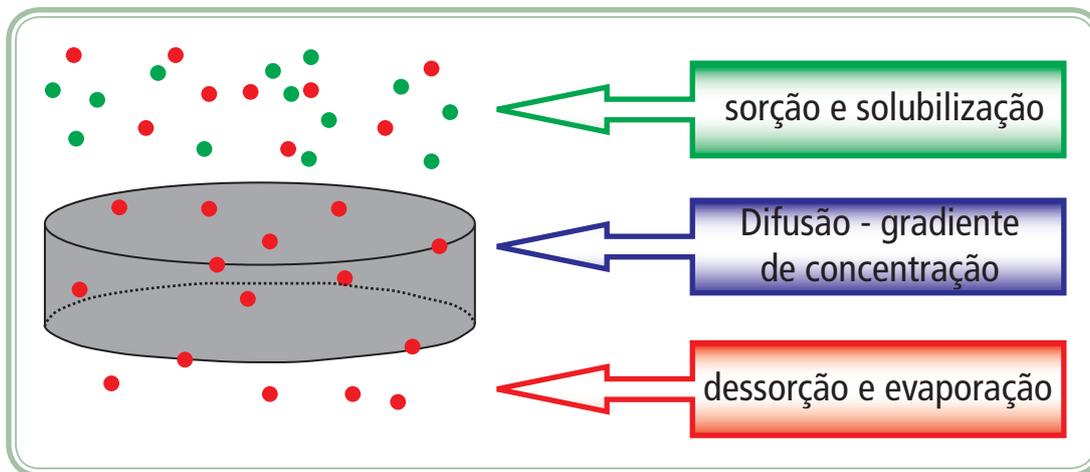
As propriedades de barreira estão diretamente relacionadas com a estabilidade física, química, sensorial, microbiológica e estrutural dos produtos embalados. Da mesma forma que deve proteger o produto das condições externas ambientais, o produto também deve ser protegido para não perder características para o meio ambiente.



Agora você vai ver as propriedades de barreira das embalagens. Um conceito importante para entender a propriedade de barreira das embalagens é a PERMEABILIDADE.

Vamos estudar primeiro o que é permeabilidade, pois é por este processo que definimos se um material de embalagem promove ou não barreira a diferentes compostos. A permeabilidade é o processo de difundir compostos através das paredes da embalagem.

O mecanismo de **permeabilidade** está relacionado com processo de solubilidade-difusão. Esse processo ocorre em três etapas:



1. sorção e solubilização do permeante na superfície do material;
2. difusão do permeante através do material devido à ação do gradiente de concentração;
3. dessorção e evaporação do permeante na outra face do material.

Em plásticos, a permeabilidade através das paredes das embalagens é de extrema importância, pois nenhum material apresenta total barreira à permeação de moléculas gasosas ou vapores. Isto ocorre devido:

- a imperfeições superficiais;
- à porosidade da matriz;
- aos espaços intermoleculares.

Ou seja, a permeação das moléculas ocorre através de espaços intermoleculares, ou entre espaços vazios na matriz polimérica.

As principais propriedades de barreira se classificam como:

- permeabilidade ao vapor d'água;
- permeabilidade a gases;

- transmissão de luz ultravioleta;
- barreira a vapores orgânicos;
- permeação de lipídeos.

Os fatores que influenciam a permeabilidade são:

- tipo de material;
- espessura;
- homogeneidade da matriz (filmes com defeitos, espaços vazios que favoreçam a permeabilidade);
- estrutura molecular: rigidez da cadeia, compactação, cristalização e outros.

Agora que você já entendeu o conceito de permeabilidade e por que ela interfere nas propriedades de barreira, vamos estudar cada uma das formas de permeabilidade.

3.3.1 Permeabilidade ao vapor d'água

Diversos produtos são suscetíveis à deterioração ou alteração devido ao ganho de umidade: sabão em pó, bolachas, medicamentos, misturas para sopas, bolos, gelatinas. Com o excesso de umidade ocorre a alteração da sua estrutura, formando-se aglomerados, empedrando e desgastando sua textura.

Outros já são sensíveis à perda de umidade: produtos cárneos, queijos, congelados, frutas, verduras. Com a alteração eles perdem o sabor, cor, peso, ressecam etc. Muitas vezes o alto teor de vapor d'água também pode acarretar o desenvolvimento de microrganismos.

A embalagem deve atuar como uma barreira a esse vapor d'água, assegurando a estabilidade e segurança do produto.

Essa característica é relacionada pela **taxa de permeabilidade ao vapor d'água**, que é definida pela quantidade de vapor d'água que atravessa a unidade de área por unidade de tempo, no estado estacionário sob as condições de ensaio. A permeação do vapor d'água ocorre devido a uma diferença de pressão de vapor d'água entre o ambiente externo e interno.

A equação da taxa de permeabilidade é:

$$TPVA = \frac{\Delta m \times L}{A \times \Delta p \times t}$$

onde, Δm = diferença de massa

L= espessura

A= área da seção transversal

Δp = diferença de pressão parcial

T = tempo

Existem equipamentos que medem diretamente essa propriedade utilizando sensores infravermelhos.

O contato do oxigênio com alimentos gordurosos também pode provocar alterações não desejáveis, como a rancidez de óleos e gorduras, a perda de vitaminas (como a vitamina C), o desenvolvimento de microrganismos, como acontece em carnes. Já frutas e hortaliças ainda respiram após a colheita, requerendo barreiras baixas ao oxigênio.

A **taxa de transmissão de oxigênio** mede a quantidade de oxigênio que passa através de unidade de área paralelamente à superfície de um filme por unidade de tempo, sob condições controladas de temperatura e umidade relativa e gradiente de pressão parcial de oxigênio.

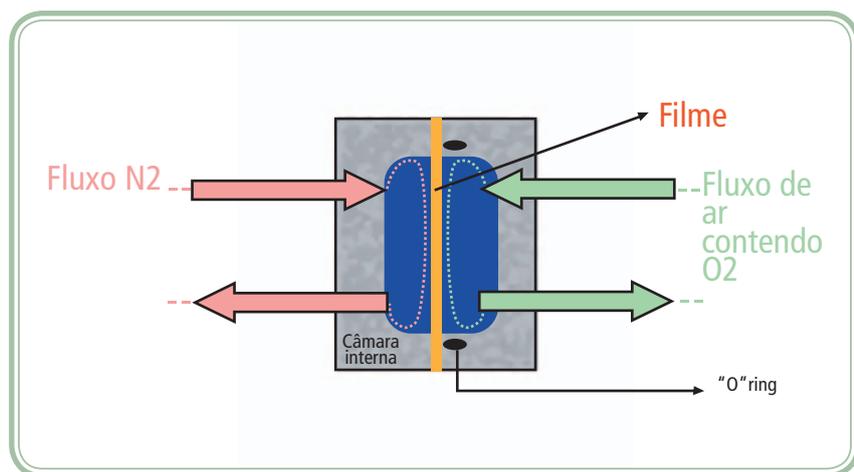


Figura 3.8: Esquema ilustrativo das principais propriedades de barreira de embalagens: odores, gases (O₂, CO₂), umidade, lipídeos, luz e aromas

Existem equipamentos com sensores colorimétricos, onde o princípio é

$$TTO = \frac{\text{Volume}}{\text{Área} \times \text{tempo}}$$

Alguns exemplos da taxa de permeação ao oxigênio e vapor d'água de materiais de embalagens estão apresentados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Taxa de permeação ao oxigênio (TPO2), taxa de permeação a gás carbônico (TPCO2) e taxa de permeação ao vapor d'água (TPVA) de materiais de embalagens

Polímero	TPO2 (cm ³ /m ² .dia.atm)	TPCO2 (cm ³ /m ² .dia.atm)	TPVA (g/m ² .dia)
Etileno vinil álcool	1,4	3,9	28
Policloreto de vinilideno	2,0	4,9	1,8
Náilon 6	51	114	197
Polietileno tereftalato	94	472	35
Policloreto de vinila	98	394	18
Polipropileno	2.300	10.800	4,9
Polietileno de alta densidade	3.640	11.400	5,9
Policarbonato	5.900	21.100	216
Poliestireno	7.230	17.700	140
Polietileno de baixa densidade	9.800	49.200	19,7
Quitosana	9,4		300,1
Quitosana + ácido palmítico			200,1
Papel			

Um material que apresente uma taxa de permeabilidade ao oxigênio menor que 15 cm³/(m².dia.atm) é considerado de alta barreira, e menor que 8 cm³/(m².dia.atm) é considerado de altíssima barreira.



O vidro promove barreira total a gases e umidade, apesar desta propriedade, este material vem sendo substituído cada vez mais por plástico, que apresenta barreira parcial a gases e umidade, dependendo do polímero. Faça uma pesquisa sobre a qualidade e aceitação do consumidor quanto ao refrigerante acondicionado em garrafa de vidro e de plástico, explicando as diferenças, pelas propriedades de barreira.

3.3.2 Transmissão de luz

A avaliação da barreira à luz consiste na determinação da absorção, reflexão, espalhamento e refração da luz.

A opacidade, brilho e transparência de embalagens estão diretamente relacionados com a estrutura química ou massa molecular e morfologia do material de embalagem.

Embalagens com elevado brilho e transparências são muito bem aceitas no mercado consumidor, que busca sempre uma boa apresentação e transparência na escolha do produto. Mas, muitos produtos requerem certa proteção contra a luz, que influencia diretamente na qualidade.

Por exemplo, reações de oxidação lipídica são altamente sensíveis à luz ou radiações UV, reações de oxidação de vitaminas, fotodegradação de pigmentos. A fotodegradação de produtos lácteos produz odor e sabor indesejáveis.



Nas garrafas âmbar de cervejas são incorporados pigmentos que absorvem a luz UV, da mesma maneira isso ocorre nas garrafas de refrigerante PET verde e âmbar.

O brilho expressa a capacidade da embalagem em refletir a luz. A transparência, brilho, transmissão de luz (transmitância) são medidas em colorímetros.

A barreira à luz é medida em termos de transmissão de luz ultravioleta, visível ou de qualquer outro comprimento de onda, e é expressa como porcentagem de transmissão em uma faixa de comprimento de onda.

3.3.3 Permeabilidade a vapores orgânicos

Ao abrir uma embalagem de café, a primeira sensação que vem é aquele cheiro característico, não é? E aquele gostinho de morango quando ingerimos o iogurte? Odor e sabor são fatores essenciais na aceitabilidade do produto alimentício, mas são ao mesmo tempo muito difíceis de serem controlados. A embalagem exerce um papel importante na manutenção do sabor e aroma de um alimento.

Solventes de impressão podem conferir ao produto um odor indesejável. Compostos voláteis de produtos que foram transportados ou armazenados próximos a produtos com alto teor de aromas, como por exemplo, detergentes, sabonetes, desinfetantes e outros podem alterar o odor e sabor do produto alimentício.

A **barreira a vapores orgânicos** protege os produtos de odores estranhos ou retém aromas dos produtos embalados. Desta forma, conhecer esse tipo de barreira é importante no setor de embalagens.

A medida dessa barreira é feita selecionando uma área com dimensão bem definida, na qual se passa um fluxo de um vapor orgânico permeante, por um tempo determinado. O desempenho da embalagem como barreira a vapores orgânicos também pode ser avaliado qualitativamente, por meio de avaliações sensoriais.

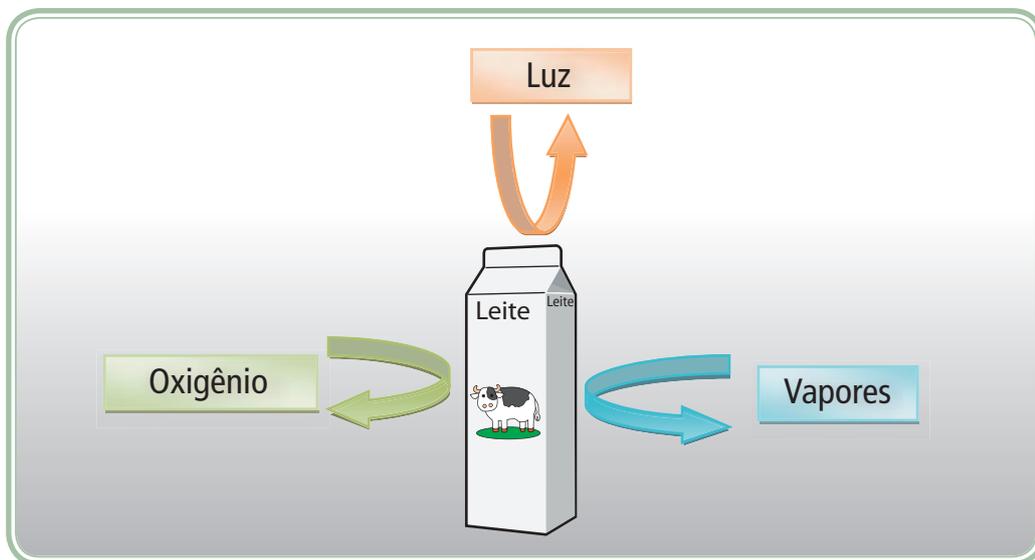
3.3.4 Permeação à gordura

Produtos alimentícios com alto teor de gordura devem evitar a permeação da mesma pela parede da embalagem, pois depõem contra o aspecto visual do produto, comprometem tinta e adesivos e também podem provocar a delaminação da embalagem ou comprometer o fechamento da mesma.

A **permeação a lipídeos**, ou seja, à gordura, está relacionada com a aparência externa da embalagem, tornando-a oleosa e pegajosa, e interfere nas propriedades mecânicas das embalagens (rigidez, termossoldagem, impressão etc.).

Voltando a nossa caixa de leite, por que são necessárias tantas camadas para embalar o leite? Existe uma função para cada camada?

Resposta: Sim, existe. Cada camada está atuando para proteger o produto e manter a sua qualidade durante o tempo de armazenamento.



Começando de fora para dentro:

- POLIETILENO – atuar como barreira à umidade externa.
 - PAPEL – para dar estrutura e resistência a embalagem.
 - IMPRESSÃO – imprimir o rótulo da embalagem.
 - POLIETILENO – aderência entre camadas anterior e posterior.
 - ALUMINIO – atuar como barreira a oxigênio, luz, microrganismos.
 - 2 camadas de POLIETILENO – evitar o contato das camadas com o produto (leite).
1. Por que a embalagem de margarina sempre é opaca (nunca transparente)?
 2. Faça uma pesquisa sobre embalagens de produtos gordurosos, verifique quais os materiais mais utilizados e, em seguida, avalie, baseado nas propriedades de barreira, o porquê das escolhas.



Resumo

Nesta aula, você aprendeu quais são as propriedades mecânicas e de barreira que são de grande importância na seleção do tipo de material a ser aplicado dependendo do produto. Compreendeu também que para a embalagem atuar como proteção efetiva, deve ter características que estejam de acordo com o produto e o processamento do alimento. Vimos que as propriedades mecânicas estão diretamente relacionadas com a integridade do produto durante a cadeia de armazenamento e distribuição do alimento, devendo apresentar resistência à tração e deformação, resistência à perfuração, ao rasgo e à delaminação. Além disto, foi exposto que a seleção do material de embalagem deve considerar as propriedades de barreira à umidade, gases, luz, vapores orgânicos e gordura, pois estes fatores estão diretamente relacionados com a estabilidade e qualidade do produto durante o período de armazenamento, distribuição até chegar à mão do consumidor.

Atividade de aprendizagem

Satisfeito com as respostas que estava obtendo, o empresário liberou mais um item da lista sobre o qual gostaria de receber esclarecimentos. Ele entendeu bem a questão dos tipos de matérias-primas, tipos de embalagens e consistência. Agora ele gostaria de entender mais sobre as propriedades. Lembrou que, na palestra, um dos expositores falou sobre propriedades mecânicas, barreira de oxigênio, CO₂, vapores orgânicos e lipídeos. Porém, não conseguiu entender muita coisa sobre o assunto, motivo pelo qual solicita agora à equipe um relatório explicativo sobre essas propriedades. Ele fez um pedido especial: que o grupo fosse o mais detalhista possível.

Aula 4 – Sistemas de embalagens

Objetivos

Definir o que são e como se classificam sistemas em função da composição gasosa.

Identificar como se aplicam sistemas com atmosfera controlada e modificada.

Descrever os sistemas ativos de embalagem.

Descrever os sistemas inteligentes de embalagem.

4.1 Sistemas em função da composição gasosa

O que significa um sistema em função da composição gasosa?

Em uma embalagem de alimentos, ao modificarmos a composição gasosa dentro e/ou fora da embalagem, denominamos como um sistema em função da composição gasosa. Ou seja, sabemos que no ar temos oxigênio, gás carbônico e outros gases. Se ao fechar a embalagem de um alimento, nós retirássemos uma quantidade de oxigênio através da injeção de uma quantidade de nitrogênio, ou se tirássemos todo o ar ao redor do nosso produto e depois fechássemos a embalagem, nós estaríamos promovendo um sistema em função da composição gasosa ao redor do produto alimentício.

Esses sistemas podem se classificar dependendo da técnica gasosa aplicada na embalagem:

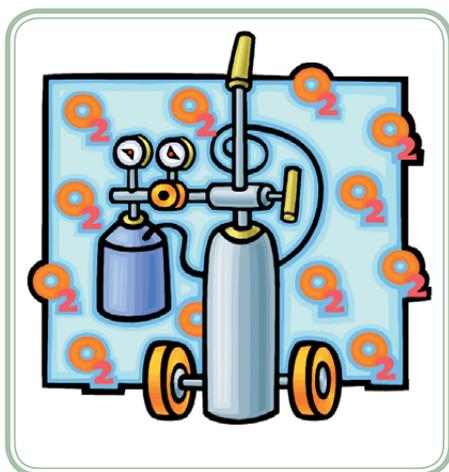
- **Atmosfera normal** à o produto alimentício é embalado em condições gasosas do ar ambiente.
- **Atmosfera modificada (AM)** à o alimento é acondicionado em materiais de embalagem com barreira a gases, e o ambiente gasoso dentro

é alterado durante a estocagem, devido às ações dos próprios produtos embalados (metabolismo) e também à permeabilidade do material de embalagem. Em alguns casos, a atmosfera é modificada inicialmente e depois, durante o tempo de estocagem, vai variando continuamente, devido ao metabolismo do produto alimentício associado à permeabilidade da embalagem.

- **Atmosfera controlada (AC)** à o ambiente gasoso ao redor do produto é controlado manualmente ou mecanicamente durante a distribuição e estocagem.

Na prática, os sistemas em função da composição gasosa podem ser aplicados independentemente do tamanho do volume dos produtos alimentícios, podendo ser em pequenos sacos plásticos ou até mesmo em uma câmara fria de estocagem. Por isso, como aprendemos na Aula 2 – Tipos de embalagens, a propriedade de barreira das embalagens é uma característica muito importante quando se quer utilizar esse tipo de tecnologia.

Geralmente, os sistemas são formados baseando-se nos níveis de oxigênio e dióxido de carbono. Ou seja, consiste na modificação da atmosfera natural ao redor do produto visando aumentar a vida útil do alimento. Essa tecnologia utiliza gases como O_2 , N_2 , CO_2 , CO , ar e etileno. A mistura dos gases depende da proporção específica do gás em relação ao produto, da temperatura de estocagem, das propriedades de barreira da embalagem, e da relação entre o espaço livre e peso do produto.



Vamos, agora, estudar como alguns desses gases são utilizados nos sistemas que compõem as embalagens alimentícias.

4.1.1 CO₂

É adicionado a misturas gasosas principalmente devido ao seu efeito bacteriostático e fungistático. É um gás natural hidrófilo e lipossolúvel, estável, de baixo custo e eficiente contra bolores.

4.1.2 O₂

O oxigênio em altas concentrações é importante para a manutenção da cor vermelha brilhante das carnes e evita o crescimento de bactérias deterioradoras anaeróbias. Por outro lado, constitui uma atmosfera ideal para crescimento de muitos microrganismos aeróbios que deterioram o alimento. Além disso, sua presença pode provocar a oxidação de diversos componentes de alimentos, causando a rancificação, e pode promover a atividade enzimática. No caso de frutas e vegetais, um certo nível de O₂ é fundamental para manter a respiração, sendo essencial para o processo de amadurecimento. Dessa forma, a concentração deve ser alta ou baixa, dependendo do produto.



4.1.3 N₂

É um gás quimicamente inerte. Inibe as reações de oxidação e o crescimento de fungos pela exclusão do O₂. Devido a sua baixa solubilidade, não dissolve na gordura e na água presentes nos alimentos e também apresenta a menor permeabilidade através das embalagens.

1. Qual a diferença entre atmosfera modificada, normal e controlada?
2. Sabe-se que os sistemas de embalagens são formados baseando-se nos níveis de oxigênio, gás carbônico e nitrogênio. Para entender a importância desta afirmação, fale sobre cada um deles.



4.2 Aplicação de atmosfera modificada (AM) e atmosfera controlada (AC)

Em alguns sistemas, como vegetais, frutas e carnes, a atmosfera é modificada inicialmente e depois, com a estocagem, a composição gasosa vai se alterando devido ao metabolismo do produto ou da flora microbiana, associada à permeabilidade da embalagem.

O termo AC se refere aos sistemas nos quais se faz o controle contínuo da composição gasosa ao redor do produto durante a distribuição e estocagem. A atmosfera em contato direto com o produto é a que será modificada.

Na prática, tanto AC como AM podem ser aplicadas em diferentes tamanhos de embalagem, volumes, desde que seja um material de embalagem fechado ou até uma câmara de estocagem.

Geralmente, a AM tem sido aplicada em embalagens individuais e que se destinam ao mercado consumidor.

A aplicação eficiente da AM/AC depende de fatores como:

- natureza e qualidade do produto inicial;
- especificidade da mistura gasosa em relação ao produto;
- controle da temperatura;
- propriedades de barreira da embalagem utilizada;
- eficiência do equipamento de acondicionamento.

Alguns exemplos de misturas gasosas aplicadas em carnes, hortaliças e pães são apresentados na Tabela 4.1, indicando o aumento no tempo de vida útil do produto.

Tabela 4.1: Produtos alimentícios acondicionados em AM.					
Produto	Reações	%O ₂	%CO ₂	%N ₂	Aumento no tempo de vida útil
Carne	Microbiológicas, oxidação de pigmento e rancificação	60	25-35	5-15	De 2 a 4 para 5 a 12 dias
Frango	Microbiológica	8	60	32	De 7 para 17 a 37 dias
Hortaliças	Respiração, microbiológicas	3-10	3-20	80-97	Variável
Pão	Envelhecimento, ganho ou perda de umidade, fungos	-	-	100	Aumento de 50% a 400%

Os consumidores vêm exigindo cada vez mais alimentos de melhor qualidade, frescos e “naturais”, o que ampliou as possibilidades de mercado para a tecnologia AM/AC. As **vantagens** da AM são inúmeras, tornando-se uma tecnologia muito atrativa para embalar produtos frescos refrigerados. São elas:

- Aumento da vida útil do produto, promovendo economia de produção, estocagem e distribuição.
- Comercialização de produtos de alta qualidade, na qual se conserva o aroma, cor, frescor dos alimentos.
- Redução nas perdas de distribuição.
- Possibilidade de economia.
- Melhor apresentação do produto com maior aceitação do consumidor.
- Excelente opção para comercialização de produtos frescos.
- Eliminação de conservantes.

Mas as **desvantagens** são:

- Custo adicional com a embalagem, equipamento e gases.
- Requisitos dos produtos são variáveis.
- Necessidade de um controle rígido de temperatura durante acondicionamento, distribuição, estocagem e venda.
- Necessidade de educação do consumidor.

Esse tipo de tecnologia já é aplicado em carnes frescas e principalmente em vegetais, frutas frescas, massas frescas, derivados do leite, panificação, em sachês de café, nos quais o gás é injetado e em seguida selado.



Com essa tecnologia, é possível que alimentos frescos produzidos no sul do País sejam comercializados na Região Norte ou exportados sem prejuízo de mercadoria, devido ao maior prazo de validade garantido por esse sistema.

4.2.1 Temperatura X sistemas AM/AC

Um fator muito importante na aplicação de AM/AC é a **temperatura**. Para obter um sistema eficiente, é necessário o controle rígido desse fator em todo o ciclo, desde o preparo até a distribuição e comercialização.

Tabela 4.2: Permeabilidade de filmes plásticos com potencial de uso em atmosfera modificada.

Tipo de filme	Permeabilidade		
	*O ₂	*CO ₂	Vapor de água**
Poliétileno de baixa densidade	3900 - 13000	7700 - 77000	6 - 23,2
Poliétileno linear de baixa densidade	7000 - 9300	-	16 - 31
Poliétileno de média densidade	2600 - 8293	7700 - 38750	8 - 15
Poliétileno de alta densidade	520 - 4000	3900 - 10000	4 - 10
Polipropileno	1300 - 6400	7700 - 21000	4 - 10,8
Polivinilcloro	77 - 7500	770 - 55000	mais de 8
Poliestireno	2000 - 7700	10000 - 26000	108,5 - 155
Copolímero de etileno vinil acetato	8000 - 13000	35000 - 53000	60
Ionômero	3500 - 7500	9700 - 17800	22 - 30

* A permeabilidade ao O₂ e CO₂ é expressa em cm³ m⁻² dia⁻¹ sob pressão de 1atm, numa temperatura entre 22°C e 25°C a várias umidades relativas.

** A taxa de transmissão de vapor de H₂O é expressa em g m⁻² dia⁻¹ a 37,8°C e 90% de umidade relativa.

Fonte: Schlimme e Rooney (1994 apud LANA; FINGER, 2000).

Dos filmes apresentados, os de PEBD (polietileno de baixa densidade) e PVC (policloreto de vinila) ainda são os mais utilizados, por exemplo, em frutas e hortaliças, devido ao baixo custo e fácil utilização.

4.3 Sistemas ativos e inteligentes

Nos últimos tempos, as embalagens estão deixando de ser simplesmente um meio de acondicionar alimentos para se tornarem **ativas** e **inteligentes**, proporcionando maior qualidade e segurança alimentar ao consumidor. Mas você sabe o que são sistemas ativos e sistemas inteligentes de embalagens? É o que vamos estudar a partir de agora.

4.3.1 Sistemas ativos de embalagem

Segundo alguns autores, embalagens ativas podem ser assim definidas porque “além de protegerem o alimento de agentes externos, apresentam alguma outra função desejável”. Ou seja, além de proteger o alimento, atuar como barreira de fatores externos, a embalagem pode controlar ou reagir para retardar processos de deterioração.

Então, a embalagem “age” para retardar ou prevenir alguma reação específica que provoca a deterioração do produto!

Para aplicar esse tipo de sistema, temos que conhecer o produto alimentício que iremos embalar, ou seja, os processos fisiológicos (ex.: respiração de frutas e vegetais frescos), processos químicos (ex.: oxidação lipídica), processos físicos (ex.: desenvolvimento microbiano) e infestação (ex.: por insetos).

E como poderíamos “retardar ou prevenir” essas reações? Pela incorporação de **aditivos** no próprio material de embalagem!

Os aditivos são incorporados ao material de embalagem e irão atuar com o objetivo de preservar e melhorar a qualidade e segurança do produto alimentício. Alguns exemplos de compostos ativos são: bactericidas, agentes antimicrobianos, fungicidas, antioxidantes, microrganismos antagonistas, antiumectantes, antibióticos, enzimas etc.

De modo geral, os sistemas ativos de embalagem podem ser divididos em três categorias: absorvedores, sistemas de liberação controlada e outros sistemas.

4.3.1.1 Sistemas absorvedores

Esses sistemas absorvem compostos indesejáveis, tais como oxigênio, CO₂, etileno, excesso de água, tintas e outros compostos específicos.

4.3.1.2 Sistemas de liberação controlada

Esses sistemas podem incorporar ou emitir compostos, tais como CO₂, antioxidantes, conservantes e outros, sobre o produto embalado ou na atmosfera gasosa ao redor do mesmo.

4.3.1.3 Outros sistemas

Sistemas que apresentam diferentes objetivos, tais como autoaquecimento (*self-heating*), autorresfriamento (*self-cooling*) e autopreservação (*self-preservation*).

As vantagens da aplicação de sistemas de embalagem ativos são:

- Manter a qualidade sem incorporação de aditivos diretos nos produtos alimentícios.
- Poder “resolver” problemas específicos, pois **absorve**, **libera** e **monitora**.

4.3.1.4 Em que embalagens e como podemos aplicar esse tipo de sistema?

Dependendo da forma física dos sistemas de embalagem ativos, os absorvedores ou compostos de liberação controlada podem se apresentar na forma de sachês, etiquetas ou filmes. Veja alguns exemplos no Quadro 4.1 a seguir.

Quadro 4.1: Exemplos de aplicações de sistemas ativos de embalagem

SISTEMAS ATIVOS DE EMBALAGEM	APLICAÇÃO
Absorvedores de oxigênio	A maioria dos alimentos
Produção de CO ₂	A maioria dos alimentos deteriorados por bolores
Remoção de vapor d'água	Alimentos secos
Remoção de etileno	Produtos hortifrúti
Liberação de etileno	Alimentos cozidos (quando permitidos)

Absorvedores de etileno podem ser incorporados aos filmes de embalagem e em sachês, visando retardar o amadurecimento de frutas ou vegetais. A reação é irreversível e pequenas quantidades de absorvedores são capazes de remover as concentrações de etileno que são produzidas. A remoção pode ser feita por via química, utilizando-se permanganato de potássio (KMnO₄), ou por absorção física, utilizando-se sílica gel, carbono ativado, zeólita.



Figura 4.1: As embalagens ativas podem reter etileno, responsável pelo amadurecimento das frutas e hortaliças

Fonte: <<http://marisaono.com/delicia/wp-content/uploads/Verduras-Shimokawa.JPG>>. Acesso em: 02 setembro 2011.

Absorvedores de oxigênio são utilizados para evitar o desenvolvimento de **off-flavour**, alteração de cor, perda de nutrientes e ataque de microrganismos. Alguns compostos já vêm sendo estudados e aplicados como absorvedores de oxigênio, tais como, sais de boro, glicóis, alcoóis, sistemas enzimáticos, pós de ferro, ácido ascórbico, sistemas poliméricos.

Absorvedores de umidade são utilizados em produtos como frutas e vegetais embalados, para os quais a condensação é um problema na vida de prateleira. Os compostos mais utilizados são sílica gel, óxido de cálcio, cloreto de cálcio e polpa de celulose, óxido de silício, óxido de alumínio.

Sabe aquele sachê que vem dentro de embalagens de eletrônicos, bolsas e outros? Esse sachê geralmente contém sílica e atua como um absorvedor de umidade!



Figura 4.2: Sachê de sílica, um bom absorvedor de umidade

Fonte: <http://img.diytrade.com/cdimg/761908/6864680/0/1221009919/Silica_Gel_desiccant_for_packaging.jpg>. Acesso em: 02 setembro 2011.

Sistemas de liberação de CO_2 são aplicados em carnes, frangos, peixes, queijos e morangos. A alta concentração desse gás pode inibir o desenvolvimento microbiano na superfície desses produtos.

1. Sistemas de liberação para inibição microbiana

Alguns compostos aplicados em sistemas ativos de embalagem visando inibir, reduzir, interromper, inativar o desenvolvimento de microrganismos apresentam ação antimicrobiana em alimentos. A ação desses compostos ocorre pela migração na superfície do produto. Exemplos de compostos ativos são íons metálicos, bacteriocinas (nisina), enzimas, fungicidas (imalazil, ácidos orgânicos, como benzoatos, sorbatos), dióxido de cloro e etanol.

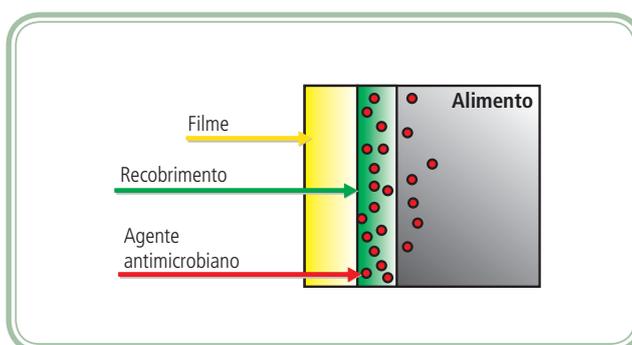


Figura 4.3: Esquema de funcionamento de um sistema ativo com ação antimicrobiana

2. Sistemas de degaseificação

Válvulas são incorporadas no material de embalagem visando à manutenção de aromas do produto alimentício, por onde sai CO_2 e não entra O_2 . Essas válvulas são acionadas por pressão e podem aumentar a vida de prateleira de um produto de 4 meses para até 2 anos. Um exemplo de aplicação é em café.



3. Sistemas de autoaquecimento

Sistemas que contêm compostos que ao reagir promovem uma reação exotérmica, por exemplo, água e óxido de cálcio. Nessa reação, pode-se promover um aquecimento em um produto líquido a temperaturas de 30-40°C em 3 a 8 minutos. Uma grande aplicação desse sistema é em alimentos militares.



4. Sistemas de autorresfriamento

Sistemas contendo uma serpentina com gás refrigerante, através da qual ocorre a evaporação da água que retira calor do produto, resfriando-o.



4.3.2 Sistemas inteligentes

Embalagem inteligente existe?

Os sistemas de embalagem inteligentes são definidos, de forma geral, como “sistemas que monitoram a condição dos produtos embalados fornecendo informações do produto em todos os estágios da cadeia de produção, transporte, estocagem”. Em outras palavras, o produto vai ser monitorado em todos os estágios, desde a colheita até chegar às mãos do consumidor.

Existe um autor que define as embalagens inteligentes como “dispositivos que conversam com o consumidor e podem ser eletrônicos, elétricos, químicos ou mecânicos” (Dr. Peter Harrop, Presidente da IDTechEx).

Veja, a seguir, algumas vantagens do uso das embalagens inteligentes.

- Garantia de qualidade e segurança dos produtos.
- Informação ao consumidor das reais condições em que se encontra o produto alimentício.
- Exigência de alguns países sobre a informação da **rastreabilidade** do produto alimentício.
- Evita violação de embalagem e roubo de produtos.

Observação: Rastreabilidade é saber “o que” (o produto), “de onde” veio (a origem) e “para onde” foi (destino). Pela rastreabilidade é possível obter informações do produto durante toda a cadeia produtiva dos alimentos. O produto é acompanhado desde a matéria-prima até chegar ao consumidor. Por exemplo, carnes que são exportadas para países como Inglaterra devem ser rastreadas desde o início: qual o animal, qual foi sua alimentação, as condições no pasto, o abate, o transporte, até chegar no beneficiamento.

Os sistemas de embalagem inteligente são classificados como:

- **indicadores externos:** indicadores que são colocados fora das embalagens, através dos quais se monitoram as condições de armazenamento, as condições de estocagem e transporte a que o produto foi submetido, como indicadores de tempo-temperatura;
- **indicadores internos:** colocados dentro das embalagens, como indicadores da atmosfera, por exemplo, informam sobre a concentração de oxigênio, gases, desenvolvimento de microrganismos, patógenos e outros.

De maneira geral, os **indicadores** são definidos como compostos que indicam a presença ou ausência de uma substância ou o grau de reação entre duas ou mais substâncias através da variação de características. São geralmente compostos colorimétricos, ou seja, qualquer variação em uma característica, o indicador muda de cor e o consumidor é informado.

Diferentes tipos de indicadores podem ser aplicados, tais como:

1. Indicadores da presença de O₂

Utilizam-se tintas redutivas, muito utilizadas em embalagens de carnes e pizzas. Os indicadores podem informar a presença de O₂ apresentando as condições de estocagem, condições de violação ou selagem mal feita de embalagens. Poderiam ser bastante aplicados em embalagens de atmosfera modificada, fármacos, cosméticos. Utilizam-se pigmentos redutores, enzimas, pigmentos de pH.

2. Indicadores da presença de CO₂

Para detectar sua presença, utilizam-se geralmente absorvedores do gás e uma tintura redutora.

3. Indicadores de frescor

Geralmente utilizados em produtos alimentícios, esses indicadores também se baseiam na mudança de cor como resposta do desenvolvimento de microrganismos. Pode-se utilizar pigmentos de pH ou pigmentos reativos com certos metabolitos. Esses indicadores avaliam a qualidade antimicrobiana e são muito usados em fármacos e alimentos perecíveis. Em relação ao frescor ou desenvolvimento microbiano, não existe um indicador imediato de deterioração microbiana. Ainda utilizamos o odor e a aparência como meios de avaliação.

4. Indicadores de tempo-temperatura

Alteram a cor quando ocorre variação de temperatura. São bastante utilizados na forma de adesivos em produtos congelados. Existem métodos reversíveis e irreversíveis. A difusão do corante é o indicador.

5. Indicadores de umidade

Utilizam-se pigmentos como reagentes. São aplicados para avaliar as condições de estocagem. Poderiam ser usados em eletrônicos, fármacos, alimentos secos.

6. Sensores

Outra maneira de informar o consumidor sobre a presença de substâncias indesejadas seria utilizando sensores eletrônicos. Eles são dispositivos usados para detectar, localizar e quantificar uma energia ou matéria, fornecendo um sinal de detecção ou medida de propriedades físicas ou químicas.

Um dispositivo é qualificado como sensor quando é capaz de produzir um sinal contínuo de saída. A maioria dos sensores apresenta duas unidades funcionais básicas, um receptor e um transdutor.

No receptor, informações químicas e físicas são transformadas em energia, a qual é medida pelo transdutor. Este consiste em um dispositivo capaz de transformar a energia em um sinal analítico (Kerry et al., 2006).

Os **biossensores** são dispositivos sensíveis ao reconhecimento biológico. Exemplos: enzimas, hormônios, antígenos, MO, ácidos nucleicos.

4.3.2.1 Sistemas inteligentes: realidade no mundo moderno

Um sistema de controle de qualidade inteligente de um produto promove uma produção mais eficiente, com alta qualidade e reduz o número de reclamações de consumidores.

Atualmente, o conceito mais utilizado de embalagens inteligentes leva em consideração os indicadores tempo-temperatura ou indicadores da presença de compostos químicos (frescor, escape).

A tecnologia de sensores aplicados na embalagem ainda é uma tecnologia recente, necessitando de muita pesquisa para adaptar sensores comerciais que avaliem a qualidade do produto, como frescor, desenvolvimento microbiano, rancidez oxidativa, presença de O₂ e outros.

Dentre as inovações dentro dessa tecnologia, temos as **etiquetas inteligentes**. Especialistas em novidades da tecnologia afirmam que mais cedo ou mais tarde as etiquetas inteligentes estarão nos produtos que qualquer consumidor vier a comprar. Observe, na Figura 4.4, um exemplo de aplicação da etiqueta inteligente. Ela é colocada em embalagens de carnes e confeccionada com uma tinta especial, sensível a mudanças bioquímicas, que muda de cor quando a amônia vai sendo liberada no interior da embalagem, ou seja, quando a carne vai se deteriorando. Assim, a cor da etiqueta vai escurecendo gradativamente o código de barras.



Figura 4.4: Exemplo de carne fresca e carne deteriorada, de acordo com a etiqueta inteligente

Fonte: <http://3.bp.blogspot.com/_Nm75V_i_4h8/S_wjqPdc1yI/AAAAAAAAA-M/d0qzhLdN88U/s1600/Image1.jpg>.
Acesso em: 27 abr. 2011.

Algumas empresas vêm investindo pesado na tecnologia de **radiofrequência**. Ou seja, a leitura sem necessidade de cabos, via rádio. É considerada como a sucessora do código de barras, que é utilizado em todo o mundo.

Uma empresa de lâminas de barbear encomendou cerca de 500 milhões de chips RDFI. O interesse foi tentar resolver o problema de furtos. Outra grande empresa na área de atacado de alimentos confirmou a exigência de informações de seus fornecedores quanto aos produtos vendidos, determinando que as etiquetas contenham todas as informações de rastreabilidade de seus produtos comercializados.



1. Quais os tipos de sistemas de embalagens?
2. Diferencie:
 - a) Embalagens ativas
 - b) Embalagens inteligentes
 - c) Embalagens mecânicas com autorresfriamento
 - d) Embalagens mecânicas com autoaquecimento

Resumo

Nesta aula, você entendeu o que são e como se classificam sistemas em função da composição gasosa. Viu como se aplicam sistemas com atmosfera controlada e modificada e as vantagens e desvantagens da sua utilização. Por fim, compreendeu o que são e como se caracterizam sistemas ativos e inteligentes de embalagem.

Atividade de aprendizagem

Relendo os três últimos relatórios, o empresário está ficando confiante da viabilidade de implantar o setor de embalagem na própria empresa. Neste momento, ele ficou muito interessado com a possibilidade de melhorar a vida de prateleira dos seus produtos alimentícios. E percebeu que a escolha da embalagem pode favorecer e muito no aumento da vida de prateleira. Então, fez uma pequena pesquisa e viu que o setor vem inovando bastante. Então, mais uma solicitação foi feita para a equipe, que conseguissem o máximo de informações possíveis sobre os seguintes sistemas de embalagens: a) atmosfera modificada, b) atmosfera controlada, c) ativas, d) inteligentes, e) mecânicas, f) valvuladas, e g) 'heat susceptors'.

Aula 5 – Embalagens biodegradáveis

Objetivos

Definir os conceitos relacionados às embalagens biodegradáveis.

Reconhecer a importância do uso da biodegradabilidade no contexto em que vivemos.

Diferenciar plásticos degradáveis, biodegradáveis, oxibiodegradáveis, bioplásticos e plástico verde.

5.1 O futuro das embalagens

Nas últimas aulas aprendemos bastante sobre embalagens. Apenas para fazermos uma pequena revisão, na Aula 1, estudamos sobre a história, funções, requisitos, finalidades, vida de prateleira, e um pouco sobre mercado das embalagens em função de suas matérias-primas. Na Aula 2, foi a vez de estudarmos os tipos de embalagens (rígidas, semirrígidas e flexíveis) e as matérias-primas, como vidro, madeira, papel, metálicas (aço e alumínio) e os plásticos, que revolucionaram o setor de embalagens. Na aula seguinte, conhecemos os novos sistemas de embalagens que já estão presentes e que irão se tornar presentes nas embalagens, como por exemplo, sistema de embalagens com atmosfera modificada e atmosfera controlada, embalagens ativas, embalagens inteligentes, mecânicas, valvuladas e *Heat susceptors*. Na Aula 4, foram apontadas as propriedades das embalagens como proteção aos processos bioquímicos e químicos, processos físico-químicos e físicos, migração dos componentes do alimento para a embalagem e vice-versa.

Indiferente do sistema a ser utilizado ou ao tipo de embalagem, as matérias-primas não eram modificadas (madeira, papel, metálica, vidro ou plástico), e o plástico era o mais utilizado. Na seção 2.1.4 da Aula 2, você pode encontrar um estudo interessante sobre o plástico. É importante fazer uma pequena pausa para dar uma lida antes de continuar.

Levando em consideração que a revisão foi realizada, você está com um conhecimento das inúmeras vantagens do uso do plástico como matéria-prima para embalagens, o que justifica a sua grande aplicação neste setor. Entretanto, apesar dessas vantagens, existe um ponto importantíssimo que vem transformando um ótimo material no uso de embalagens num verdadeiro vilão da natureza, pois pode ser considerado um dos grandes agentes poluidores.

Nas últimas décadas estamos observando uma grande mudança em relação à conscientização ecológica. E inúmeros relatórios, publicações vêm demonstrando o impacto que o descarte de embalagens plásticas causa ao meio ambiente, pode-se dizer que de forma irresponsável. Apesar de existirem algumas políticas de reciclagem de plásticos, ainda não são suficientes para solucionar os problemas. A pressão provocada pelos órgãos ambientalistas e os consumidores cada vez mais preocupados com o meio ambiente impõem de certa maneira que as indústrias, juntamente com os institutos de pesquisas e universidades, encontrem soluções inovadoras como alternativas para substituição dos plásticos convencionais obtidos a partir do petróleo, um dos grandes poluentes, por plásticos biodegradáveis.

Diante desse contexto, iniciamos esta aula: **Embalagens biodegradáveis**. Mas para que você possa ter um amplo entendimento sobre esse assunto, vamos iniciar com algumas definições e conceitos.

5.2 Biodegradação, degradação e outros conceitos

Nós, professores-autores, acreditamos que para que um determinado tema seja bem compreendido, entender as definições sempre é um bom começo. Pensando assim, resolvemos incluir neste item algumas definições que consideramos importantes.

Aditivos: substâncias que são adicionadas a um plástico para que seja modificada determinada propriedade ou conjunto de propriedades.

Biodegradação aeróbia: quando a degradação do material ocorre em presença de oxigênio, produzindo gás carbônico, água e matéria orgânica estabilizada (adubo). Ex.: degradação que ocorre ao ar livre.



Biodegradação anaeróbia: quando a degradação do material ocorre na ausência de oxigênio, produzindo principalmente metano, dióxido de carbono e matéria orgânica estabilizada. Ex.: degradação observada no fundo dos lixões.



Biodegradação: a biodegradação nada mais é do que uma degradação causada por microrganismos presentes no meio ambiente, sendo necessária a presença de oxigênio, luz, calor, umidade.

Biopolímeros/bioplásticos: são polímeros classificados estruturalmente como polissacarídeos, poliésteres ou poliamidas. A matéria-prima principal para sua obtenção é uma fonte de carbono renovável, que pode ser um carboidrato derivado de amido, cana-de-açúcar, milho, beterraba; ou um óleo vegetal extraído de soja, girassol, palma ou outra planta oleaginosa (Pradella, 2006).

Compostagem: é um processo de biodegradação que tem como resultados compostos orgânicos, tendo como destino final o solo. Lembrando que esses compostos têm que estar de acordo com as legislações de cada país.

Degradáveis: são as alterações que ocorrem na estrutura do material de forma irreversível, que está associada à perda de propriedades como, por exemplo, cor, massa molecular, desempenho mecânico etc.

Oxidegradação: degradação resultante da oxidação, podendo ou não chegar até a biodegradação.

Fotodegradação: degradação resultante da luz que, pode ou não chegar até a biodegradação.

Plástico biodegradável: plástico degradável por ação de microrganismos naturais, tais como: bactérias, fungos e algas.

Plásticos: os plásticos podem ser definidos como materiais formados a partir dos polímeros, que são produzidos por polimerização. A polimerização é um processo químico que se constitui da união de monômeros.

Agora que você já teve contato com termos importantes para nossa aula, vamos continuar nossos estudos.

5.3 Plásticos e o meio ambiente

Nos últimos anos o plástico é considerado um dos maiores vilões do meio ambiente. Vamos entender um pouco a causa desse problema. Uma matéria publicada em 03/03/2009, pelo Jornal Estado de São Paulo, dizia que a produção de sacolas plásticas, no Brasil, girava em torno de 18 bilhões, tendo como principal matéria-prima o polietileno (um derivado do petróleo que tem um tempo de degradação em torno de 500 anos), ocasionando sérios problemas ambientais (Figura 5.1).

Destes 18 bilhões, 1 bilhão de sacolas eram distribuídas pelos supermercados (lembrem da campanha **substitua as sacolas plásticas pelas sacolas de tecidos?**), das quais 80% eram utilizadas como saco de lixo doméstico, tendo como destino final os aterros sanitários, gerando um grande problema de poluição.



Figura 5.1: Poluição ambiental causada pelas sacolas plásticas descartadas no meio ambiente

Fonte: (a) <http://www.yousol.com/j/images/daglobal/sacos_plasticos/sacos.jpg> e (b) <http://2.bp.blogspot.com/_Ja-6ehsVm94M/TR3EGcObyZII/AAAAAAAADSww/4dZYgPVtAQY/s1600/LIXO.jpg>. Acesso em: 16 fev. 2011.

Neste momento, fazemos o seguinte questionamento: **cadê a reciclagem?** Bem, reciclar plástico não é tão simples quanto se imagina. O plástico é fabricado a partir de diferentes tipos de polímeros (polietileno, polipropileno, tereftalato etc.) e cada um deles apresenta propriedades diferentes. Para serem reciclados, os plásticos precisam antes ser separados (triagem) o que não é uma tarefa simples, tem ainda os custos com a lavagem, com a contaminação da água e o tratamento dos efluentes, os elevados custos com a logística para transporte e manuseio e um ponto que podemos considerar importante, o baixo valor de mercado de produtos fabricados a partir do plástico reciclado ao ser comparado com outros materiais reciclados, como o papel e o alumínio, tornando bastante desestimulador a coleta, o que de

uma certa forma explica, mas não justifica, o fato de que apenas 15% dos materiais plásticos de uso comum é fabricado de plástico reciclado.

A questão do meio ambiente é muito forte, nos últimos anos observamos uma mudança no perfil do consumidor com novas exigências por alimentos mais saudáveis, embalagens “ecologicamente corretas”. Como uma forma de atender a essas novas exigências de mercado/consumidor, as indústrias juntamente com os centros de pesquisas e universidades estudam novos tipos de matérias-primas que não sejam apenas degradáveis (plásticos são degradados, mas o problema está no tempo que leva para ser degradado que é de 100 a 500 anos, dependendo do tipo), sejam **biodegradáveis**. Algumas delas já estão disponíveis comercialmente.

5.4 Biodegradáveis

Depois de ter lido as definições que vimos no item 5.2, podemos começar a discutir um pouco sobre a biodegradabilidade. No trabalho intitulado *Avaliação do desempenho de embalagens plásticas ambientalmente degradáveis e de utensílios plásticos descartáveis para alimentos*, Relatório Técnico para Conselho Administrativo do Estado da Califórnia, a biodegradabilidade é definida como um processo pelo qual todos os fragmentos de materiais são consumidos por microrganismos como fonte de alimento de energia.

É muito importante chamar a atenção para a questão do tempo da degradação. O período de tempo necessário para que ocorra a degradação do material irá depender do ambiente do sistema de descarte (aterro, composto aeróbio, digestão anaeróbia ou ambiente marinho). Podemos encontrar diversos tipos de polímeros biodegradáveis que se degradam em uma variedade de ambiente, incluindo os aterros, luz solar, ambiente marinho ou composto. O que caracteriza ou define um material como biodegradável é que os seus componentes resultantes da biodegradação apresentem as seguintes características ou a aplicabilidade:

1. Seja utilizado como fonte de alimento ou de energia para microrganismos.
2. Que certo período de tempo se faça necessário para a biodegradação completa (como esquematizado na Figura 5.2).
3. Que o material seja completamente consumido no meio ambiente (Greene et al. 2008).



Figura 5.2: Processo de biodegradação

5.4.1 Plásticos biodegradáveis

Como já vimos anteriormente, plásticos biodegradáveis consistem nos tipos de plástico que são degradáveis pela ação de microrganismos naturais, tais como bactérias, fungos e algas. Nos últimos dois anos, estamos sendo bombardeados por notícias na mídia sobre as sacolas biodegradáveis e como elas poderão ser a solução da poluição ambiental.

Para que você possa criar um senso crítico em relação a esse tema, vamos entender/compreender o seguinte, muitos plásticos que são definidos ou denominados como biodegradáveis na verdade não são **completamente** consumidos por microrganismos, nem são completamente mineralizados e, conseqüentemente, não têm uma duração de tempo específica para o completo desaparecimento. Assim, é um consenso que para ser considerado biodegradável, significa que a degradação deverá ocorrer dentro de um determinado tempo, geralmente considera-se um tempo de 180 dias, aproximadamente (Greene et al, 2009).

Para deixar bem mais claro, vamos também colocar essas informações do ponto de vista legal, ou seja, as normas legais que são utilizadas para padronização. Existem algumas normas que são aplicadas para caracterizar um material como biodegradável ou não. Iniciando com a norma brasileira, a Norma Técnica: “Embalagens Plásticas Degradáveis e/ou Recicláveis, foi elaborada pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), e divide-se em duas partes, NBR 1544-1 (Terminologia) e NBR 1544-2 (Biodegradação e Compostagem – Aspectos e Métodos de Ensaio), esta especifica os requisitos e os métodos de ensaio para determinar a compostabilidade de embalagens plástica.

A Norma Europeia EM 12432 reproduz o ambiente de compostagem industrial em relação à temperatura, umidade, solo e tempo médio aceitável para que ocorra a degradação e produção da matéria orgânica estabilizada (adubo). Essa norma faz uma avaliação das seguintes características: biodegradação, desintegração durante o tratamento biológico, efeitos ocorridos durante o processo biológico e o efeito na qualidade do composto resultante. Na norma europeia, o tempo máximo para material ser degradado deve ser de 180 dias, com uma taxa mínima de 90% de CO₂, que é a maneira de medir a biodegradabilidade, conversão da matéria orgânica em CO₂.

Para finalizar, temos a Norma Americana ASTM 6400. Também reproduz o ambiente de compostagem industrial e apresenta 3 fases: mineralização/biodegradação, desintegração e segurança, que está relacionada com qualidade do adubo ou matéria orgânica, que não deve ter impacto no crescimento das plantas e apresentar concentrações de metais inferiores à regulamentação.

Normatização Brasileira

Embalagens Plásticas Degradáveis e/ou de Fontes Renováveis

NBR 15448-1 – Terminologia

NBR 15448-2 – Biodegradação e Compostagem – Requisitos e Métodos de Ensaio

Normatização Europeia

EM 12432 – *Requirements for Packaging Recoverable Through Composting and Biodegradation – Test Scheme and Evaluation Criteria for the Final Acceptance of Packaging.*

Normatização Americana

ASTM 6400 - *Standard Specification for Compostable Plastics*

Para finalizar, podemos dizer que a biodegradabilidade, ou, para ser mais específico, os plásticos biodegradáveis são definidos como um processo no qual a matéria que os constitui é consumida pelos microrganismos como fonte de alimento e energia, e não podem apresentar nenhum resíduo ou restos de produtos secundários. O período de tempo para que a biodegração ocorra está relacionado ao ambiente e ao sistema de descarte (aterro composto aeróbio, digestão anaeróbia ou ambiente marinho).



1. Defina:
 - a) Degradação
 - b) Biodegradação
 - i) Biodegradação aeróbia
 - ii) Biodegradação anaeróbia
 - c) Compostagem
 - d) Bioplásticos
2. Como você explicaria as vantagens do uso de material biodegradável na fabricação de embalagens?
3. Você é a favor ou contra o uso de material biodegradável? Quais seriam as possíveis desvantagens do uso desse tipo de material na fabricação de embalagens?
4. O uso de matéria-prima biodegradável na fabricação de embalagens primárias para alimentos só seria possível se estivesse de acordo com as normas regulamentadas pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) para embalagens de alimentos. Acesse a página da ANVISA (www.anvisa.org.br) e cite algumas dessas regulamentações.

5.4.2 Plásticos oxibiodegradáveis

Os plásticos oxibiodegradáveis pertencem à categoria das poliolefinas (polietileno, polipropileno e poliestireno), nas quais é adicionado um catalisador (aditivo) que acelera a oxidação do polímero, reduzindo em cadeias menores (fragmentação). Essas cadeias menores são degradadas pelos microrganismos existentes na natureza. Os aditivos, também denominados de pró-oxidantes,

atuam com indutores para a oxidação dos polímeros. Como aditivos, são utilizados um sal derivado de metais de transição: cobalto (Co), ferro (Fe), manganês (Mn) e níquel (Ni). Os plásticos oxibiodegradáveis são obtidos a partir da adição desses elementos aos materiais como o polietileno (PE), polipropileno (PP), poliestireno (PS) e o polietileno tereftalato (PET).

A classificação de um plástico como oxibiodegradável é realizada a partir de um conjunto de normas. Existem atualmente em vigor as seguintes:

- Norma Europeia - CEN TC 249/WG9 WI 249509 – Plástico – Avaliação da degradabilidade no solo. Essa norma identifica a degradação como resultante de fenômenos oxidativos e mediados por células, simultaneamente ou sucessivamente.
- Norma Americana – ASTM D6954 – 04 - Diretriz para a exposição e testes de plásticos que degradam no meio ambiente por combinação de oxidação e biodegradação.

A norma ASTM D6954 - 04 constitui um conjunto de 3 fases ou etapas que são utilizadas para avaliar se um material se encaixa no perfil de oxibiodegradável. De acordo com um artigo publicado sobre plásticos oxibiodegradáveis (www.funverde.org.br), as fases podem ser resumidas da seguinte forma:

- 1. Degradação oxidativa e abiótica:** deve ser realizada tanto em tempo real quanto acelerado, as amostras são submetidas a condições de calor ou exposição à luz para determinar o tempo necessário para obter uma redução do peso molecular do polímero para 5000 daltons ou menos.
- 2. Biodegradação:** os resíduos obtidos na fase 1 são submetidos a ensaios de biodegradação que deverão estar de acordo com os testes padrões preestabelecidos, dependendo da destinação do material – aterros sanitários (digestão anaeróbio) ou compostagem (digestão aeróbia). Independente do local em que a amostra será destinada, ela deverá ser misturada com uma amostra de solo adequado e a quantidade e a taxa de formação de dióxido de carbono (para digestão anaeróbia) é determinada. As taxas de liberação de dióxido de carbono variam de 60% e 90%, dependerá do tipo de polímero ou mistura existente na amostra.
- 3. Ecotoxicologia:** essa fase é realizada utilizando uma amostra apropriada, resultando da fase 2. O processo consiste em submeter a amostra a

A-ZAT
ácido tereftálicoDMT
dimetil tereftalato

uma variedade de microrganismos com o objetivo de avaliar seus efeitos no solo e demonstrar se os resíduos dos **fatores abióticos** não são prejudiciais ao ambiente. Durante a realização desse teste podem ser avaliadas a taxa de germinação de sementes, a taxa de crescimento de minhocas e a taxa de crescimento de uma variedade de plantas.

O teor de metais é outro ponto que deve ser avaliado, uma exigência da legislação europeia (94/62/CE) que estabelece que os níveis de metais pesados como chumbo (Pb), cádmio (Cd), mercúrio (Hg) e cromo hexavalente (Cr^{VI}) em embalagem não pode ultrapassar 100 ppm. Os aditivos não são afetados pela legislação, ela apenas determina que o nível de Ni nos materiais reciclados (BS EN ISSO 13432:2000) não deve ultrapassar 25 ppm.

De acordo com os inúmeros trabalhos publicados, relatórios e parecer técnicos, para avaliar a viabilidade em substituir os plásticos convencionais pelos oxibiodegradáveis demonstram uma relutância em diversos setores. Principalmente quando se refere aos quesitos biodegradabilidade e reciclagem (assunto da próxima aula). Na Figura 5.3 você pode ver alguns exemplos de empresas que apoiam o uso de sacolas biodegradáveis.



Figura 5.3: Exemplos de empresas que adotam a política das sacolas biodegradáveis
Fonte: <<http://permiamore.blogspot.com/2010/09/sacolas-biodegradaveis.html>>. Acesso em: 09 fev. 2011.

Acesse a página <<http://www.inp.org.br/pt/oxidegradacao.asp>> (Acesso em: 12 nov. 2010), analise criticamente o texto e elabore um parecer se concorda ou não com os autores, avaliando as vantagens e/ou desvantagens no uso de sacolas plásticas produzidas a partir de material oxibiodegradável.



5.4.3 Bioplásticos

Já deu para perceber que as inovações no setor de embalagens estão em constante crescimento. Nos últimos tempos, observamos um grande debate nos meios de comunicação, escolas, universidades e na sociedade sobre biodegradabilidade e as novidades com as embalagens oxibiodegradáveis. Mas é importante lembrar que as novidades não param por aí – elas estão surgindo quase todos os dias nos meios acadêmicos/industriais e vão chegar ao mercado muito rapidamente. E falando nessas inovações, vamos discutir um pouco as novidades no campo de bioplásticos. Como definido, os bioplásticos são polímeros classificados estruturalmente como polissacarídeos, poliésteres ou poliamidas. A matéria-prima principal para sua obtenção é uma fonte de carbono renovável, que pode ser um carboidrato derivado de amido, cana-de-açúcar, milho, beterraba ou um óleo vegetal extraído de soja, girassol, palma ou outra planta oleaginosa (Pradella, 2006).

Atualmente, diversas indústrias nos Estados Unidos, Inglaterra, Japão, França e Irlanda já estão produzindo esses bioplásticos comercialmente. Nos Quadros 5.1 e 5.2 estão apresentados, respectivamente, as principais famílias de bioplásticos produzidos atualmente e alguns exemplos de aplicações.

Quadro 5.1: Principais famílias de bioplásticos produzidos

Bioplástico	Tipo de Polímero	Estrutura/Métodos de Produção
Polímero de amido	Polissacarídeos	Polímero natural modificado.
Polilactatos (PLA)	Poliéster	Ácido láctico produzido por fermentação seguido de polimerização.
Polihidroxialcanoatos (PHAs) • Polihidroxibutirato (PHB)	Poliéster	Produzido por fermentação direta de fonte de carbono por microrganismos ou vegetais geneticamente modificados.
Políesteres Alifáticos Aromáticos (PAA) • Polítrimetilenotereftalato (PTT) • Polibutilenotereftalato (PTB) • Polibutilenosuccinato (PBS)	Poliéster	<ul style="list-style-type: none"> • PTT 1,3 propanodiol produzido por fermentação seguido de copolimerização com AT (ou DMT). • PTB: 1,4 butanodiol produzido por fermentação seguido de copolimerização com AT. • 1,4 butanodiol copolimerizado com ácido succínico, ambos produzido por fermentação.
Poliuretanas (PURs)	Poliuretano	Polimerização de poliois obtidos por fermentação ou purificação química com isocianatos petroquímico.

Nylon		<ul style="list-style-type: none"> • Caprolactona produzida por fermentação.
<ul style="list-style-type: none"> • Nylon 6 • Nylon 66 • Nylon 69 	Poligamia	<ul style="list-style-type: none"> • Ácido adípico produzido por fermentação. • Monômero obtido por transformação química do ácido oleico.

Fonte: Pradella (2006, p. 16).

Quadro 5.2: Exemplos de aplicações de bioplásticos no setor de embalagens

Polímero	Aplicações em embalagens
Amido modificado	Sacos, bandejas, talheres, filme para embrulhar.
Poilactatos (PLA)	Embalagens para alimentos, óleos e produtos gordurosos.
Politrimetilenotereftalato (PTT)	Fibras e filmes para embalagens.
Polibutilenosuccinato (PBS)	Sacos, frascos, filmes para embrulhar.
Polihidroxitirato (PHB)	Frascos para alimentos e produtos aquosos e gordurosos, artigos para des-carte rápida.

Fonte: Modificado de Pradella (2006, p. 24).

5.4.4 Plástico verde

A grande novidade do ano que vem sendo divulgada com grande força é o plástico verde, produzido pela BASF. O plástico verde, como está sendo denominado o bioplástico obtido a partir da cana-de-açúcar, vem despertando um grande interesse devido a sua grande aplicabilidade.

Para o mercado brasileiro, a produção de bioplástico a partir da cana-de-açúcar traz inúmeras vantagens, sendo a principal delas o fato do Brasil apresentar uma competitividade imbatível para a produção do bioplástico, já que o custo de produção e processamento da matéria-prima (cana-de-açúcar) é a menor quando comparado com outros países.

No mercado brasileiro, um exemplo de aplicação de embalagens fabricadas a partir do plástico de cana-de-açúcar são as novas embalagens da marca de refrigerante Coca-Cola. Acesse os sites <www.cocacolabrazil.com.br> e <<http://packagingworld.blogspot.com/2010/03/eco-coke.html>> e veja as novidades no setor de embalagens da marca.

A Garrafa do Futuro

A evolução das embalagens sustentáveis da Coca-Cola Brasil pode ser acompanhada a partir do início dos anos 90, quando a Companhia lançou no país a lata de alumínio 100% reciclável para toda sua linha de produtos e a garrafa retornável de 1,5l que, além de prática, atende às exigências da legislação internacional de proteção ambiental, entre diversos outros fatos. Atualmente, atingimos outro marco com o lançamento de garrafas PET feitas parcialmente de material vegetal. Nossa visão é continuar inovando para criar uma garrafa que seja 100% feita de material de resíduos de plantas.



Ontem

Temos uma longa história de liderança no setor de embalagens sustentáveis. PlantBottle™ não estaria aqui hoje sem os marcos inovadores básicos, que agora fazem parte de nossas vidas diárias.

[Saiba mais sobre nossos marcos e nossa evolução >](#)

Hoje

PlantBottle™ é nossa garrafa PET de primeira geração, contendo materiais vegetais. Essa inovação reduz nossa dependência por recursos não renováveis e ainda é 100% reciclável.

[Saiba mais detalhes sobre a PlantBottle™ >](#)

Amanhã

A próxima geração de PlantBottle™ já está em fase de planejamento. Estamos buscando tecnologias que nos ajude a desenvolver uma garrafa ainda melhor. Fique atento: há muito mais a ser divulgado à medida que desenvolvermos nossa embalagem PlantBottle™.

[Saiba de nossos planos para a próxima geração >](#)

Figura 5.4: Exemplo de utilização do plástico verde pelas empresas
 Fonte: <http://www.cocacolabrazil.com.br/plantbottle/plantbottle_future.asp>. Acesso em: 19 jan. 2011.

Resumo

Nesta aula, você aprendeu conceitos relacionados às embalagens biodegradáveis. Reconheceu a importância do uso da biodegradabilidade no contexto em que vivemos e aprendeu, também, a diferenciar plásticos degradáveis, biodegradáveis, oxibiodegradáveis, bioplásticos e o plástico verde.

Atividade de aprendizagem

Agora chegamos a um ponto crítico. O empresário perguntou à equipe de consultoria a respeito da questão da biodegradabilidade, dizendo que ficou confuso em relação ao assunto. Então, a equipe resolveu elaborar um relatório explicativo sobre o tema. É importante lembrar: o empresário falou para a equipe que, como ele não sabe muita coisa sobre biodegradabilidade, gostaria que fosse bem detalhado.

Aula 6 – Reciclagem, coleta seletiva e sustentabilidade

Objetivos

Caracterizar o contexto atual da reciclagem no Brasil.

Definir reciclagem, coleta seletiva e sustentabilidade.

Diferenciar os tipos de reciclagem:

embalagens plásticas,

embalagens de papel,

embalagens de vidro,

embalagens metálicas.

6.1 A reciclagem no contexto atual

Nas últimas aulas, estivemos falando sobre tipos, classificação, matérias-primas (vidros, papel, madeira, metálicas e os plásticos), inovações (sistemas de embalagens com atmosfera modificada, atmosfera controlada, ativas, mecânicas, inteligentes etc.). Vimos as inovações e mudanças que estão ocorrendo com as embalagens biodegradáveis (oxibiodegradáveis, bioplásticos, plástico verde) e que irão ocorrer (nanotecnologia no setor de embalagens). Mudanças que não só favoreceram o produto, garantindo melhor qualidade, como também o meio ambiente. Mas, ainda são fabricadas toneladas de embalagens plásticas, de vidro, papel e metálicas e diariamente são descartadas milhares delas. O que acontece com essas embalagens que estão sendo descartadas pode ser avaliado na Figura 6.1.



a



b



c



d

Figura 6.1: Descarte de embalagens em lixões: (a) Embalagens de PET; (b) Sacolas plásticas; (c) Embalagens de vidro; (d) Embalagens metálicas.

Fonte: <http://www.apolo11.com/imagens/etc/garrafas_pet.jpg>; <http://maisumteko.files.wordpress.com/2010/07/177395135_e0c19fe228.jpg>; <http://1.bp.blogspot.com/_MN4SJVmpvig/S-a0wvdaQ-I/AAAAAAAAAHY/P7Fjx6Hg16Y/s400/reciclagem-vidro-1.jpg>; <<http://t3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRNGtUVlwBOIJE56HMTJBeRKNtRfjuKSO0TwsQClAzPTVYv8mi&t=1>>. Acesso em: 28 abr. 2011.

Vamos começar este estudo com alguns dados estatísticos que consideramos importantes. No caso da reciclagem de embalagens metálicas, no Brasil, 95,7% das latas de alumínio utilizadas em bebidas são recicladas, uma atividade que gera aproximadamente 160 mil empregos, 2 mil estabelecimentos comerciais envolvidos na atividade de coleta, comercialização, produção de equipamentos e processamento da sucata de latas de alumínio. O Brasil é líder mundial, desde 2001, nesse tipo de reciclagem, com uma taxa de reciclagem de 47%, em latas de aço. Para a reciclagem de embalagem de papel, cerca de 1,3 milhão de toneladas/ano de papelão ondulado são reciclados, correspondendo a 79%, em 2004, desse setor, chegando a apresentar uma taxa de reciclagem em torno de 44%.

A reciclagem de embalagens de vidro é a mais produtiva. 1 kg de vidro reciclado produz 1 kg de novas embalagens. A reciclagem de vidro proporciona

uma economia de matéria-prima virgem combinada com uma redução de consumo de energia para o seu processamento. Em termos de percentual, 46% das embalagens brasileiras são recicladas chegando a ultrapassar 400 mil toneladas por ano. E outro ponto interessante no caso das embalagens recicladas de vidro é o seu uso na indústria de bebidas ou sua reutilização pelos consumidores. Agora, as embalagens plásticas são consideradas a maior vilã da poluição ambiental, tendo como personagens principais as garrafas PET e as sacolas plásticas (CAVALCANTI; CHAGAS, 2006).



A reciclagem ainda tem muito que crescer, mas não podemos negar que, nos últimos anos, o setor de reciclagem de embalagens PET vem aumentando consideravelmente. Em 2004, foram reciclados 48% dessas embalagens, totalizando 173 mil toneladas. No Brasil, a taxa de reciclagem chega a um crescimento anual acima de 20% desde 1997, com picos de 37% entre 2002 e 2003 (CAVALCANTI; CHAGAS, 2006). Um ponto que poderá favorecer ainda mais o crescimento da reciclagem de garrafas PET é a nova resolução da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), que libera seu uso para fabricação de embalagens para alimentos, embalagens primárias (ANVISA, 2009) (veja a definição dos tipos de embalagens na Aula 3 – Propriedades das embalagens – apenas para recordar). Para uma melhor ilustração da reciclagem, na Figura 6.2 está apresentado o percentual de reciclagem por material.

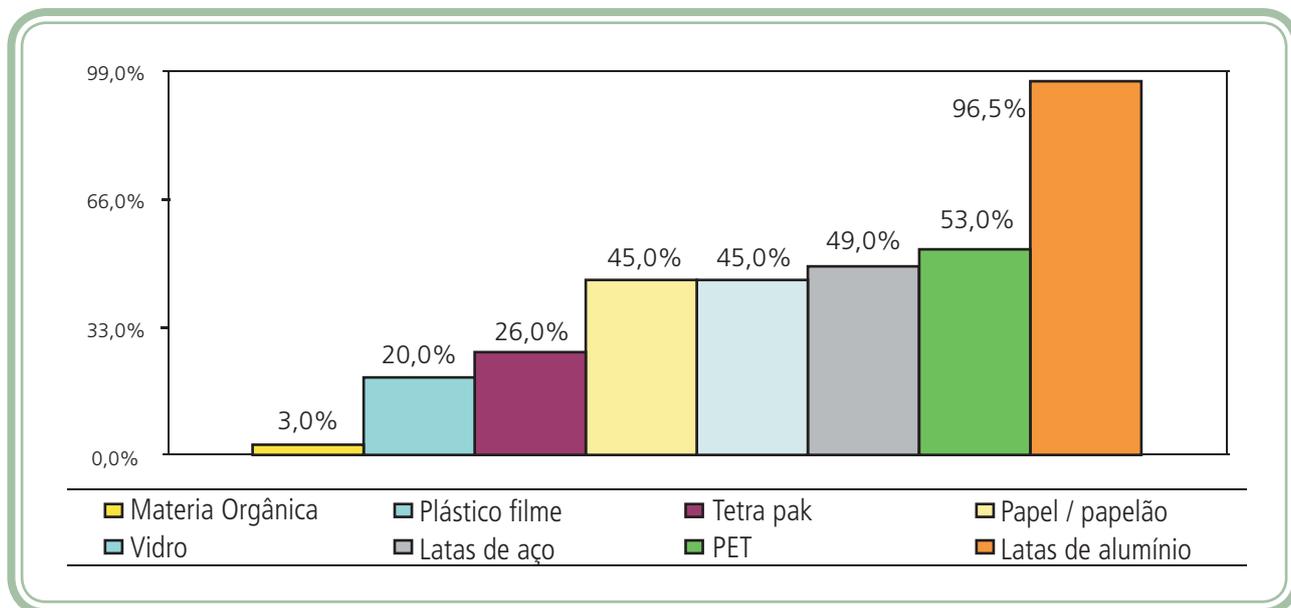


Figura 6.2: Esquema do volume da reciclagem de materiais

Fonte: <<http://www.ub.es/geocrit/araene/araene-127.htm>>. Acesso em: 9 dez. 2010.

De certa forma, antes de começarmos a estudar cada tipo de reciclagem com mais detalhes, vamos definir alguns termos para ajudar na compreensão.

6.2 Afinal, o que é reciclagem?

Para dar uma definição de reciclagem, podemos dizer que consiste em um

conjunto de técnicas que têm por objetivo aproveitar os detritos e reutilizá-los no ciclo de produção de que saíram. É o resultado de uma série de atividades, pelas quais materiais que se tornaram lixo ou estão no lixo são desviados, coletados, separados e processados para serem usados como matéria-prima na manufatura (COMPAM, 2006, extraído da internet).

A reciclagem é representada ou identificada pelo símbolo demonstrado na Figura 6.3.



Figura 6.3: Símbolo mundial da reciclagem

Um ponto importante antes de iniciarmos o nosso estudo sobre reciclagem é conhecer algumas informações essenciais, assim, podemos entender a reciclagem e como ela é realizada. A reciclagem de material tem como função atender a necessidade de minimizar os efeitos ocasionados pelo grande acúmulo nos lixões. No Quadro 6.1, encontramos alguns exemplos do tempo de degradação de alguns dos materiais mais utilizados pela sociedade de consumo.

Quadro 6.1: Tempo de degradação de alguns materiais	
Material	Tempo
Embalagens de papel	1 a 4 meses
Nylon	30 a 40 anos
Copinhos de plásticos	200 a 450 anos
Latas de alumínio	100 a 500 anos
Garrafas plásticas	> 500 anos
Vidro	Indeterminado
Madeira pintada	13 anos
Isopor	Indeterminado
Papel e papelão	Cerca de 6 meses
Sacos e sacolas plásticas	> 100 anos
Embalagem longa vida	Até 100 anos (alumínio)
Embalagens PET	> 100 anos
Alumínio	200 a 500 anos
Aço	> 100 anos

Fonte: <www.fec.unicamp.br/~ensfec/tempod_degrada.html>. Acesso em: 12 out. 2010.

6.2.1 Aspectos econômicos, ambientais e sociais da reciclagem

Um ponto interessante no processo de reciclagem está na sua função em relação aos aspectos econômicos, ambientais, sociais, demonstrando a sua contribuição para melhoria desses aspectos (Quadro 6.2).

Quadro 6.2: Aspectos econômicos, ambientais e sociais da reciclagem no Brasil		
Econômicos	Ambientais	Sociais
Dinamizar a cadeia produtiva do mercado de materiais recicláveis.	Preservação das reservas naturais devido à diminuição na extração de matérias primas.	Gera ocupação e renda para trabalhadores através do trabalho com reciclagem.
Matéria-prima mais barata para as indústrias.	Menor custo de energia na atividade industrial.	Possibilidade de inclusão social dos catadores.
Diminuição de gastos empresariais com energia no processo de produção.	Recuperação energética através da reciclagem.	Possibilidade de maior interesse social com quesitos ambientais.
Diminuição com gastos públicos em todos os serviços de gastos de resíduos sólidos (limpeza, coleta, transporte e tratamento final).	Menor contaminação ambiental dos espaços públicos.	Possibilidade de mudança nos padrões sociais de produção e consumo.

Fonte: Figueredo (2010, extraído da Internet).



Para obter maiores informações sobre a Conferência de Estocolmo, acesse o site <<http://www.scribd.com/doc/6305358/Declaracao-de-Estocolmo>>. Para informações sobre o Protocolo de Kioto, acesse <www.mct.gov.br/index.php/content/view/4006.html>.

Se começarmos a lembrar um pouco da História, sabemos que no século XX, mais precisamente na segunda metade, houve o crescimento da consciência ambiental. Enfatizamos duas datas marcantes para os meios ambientalistas: a) 1972, a Conferência de Estocolmo e b) 1997, Protocolo de Kioto. Ambas demonstraram ao mundo a grande preocupação que as pessoas estavam tendo em relação ao meio ambiente.

No setor de embalagens, podemos dizer que a palavra de ordem poderia ser **RECICLAR**. É a maneira que as empresas e os consumidores têm de apresentar ou demonstrar sua consciência ambiental. Todos entendem e sentem a necessidade de se minimizar qualquer impacto no meio ambiente. Entre os fabricantes de matéria-prima, a reciclagem tornou-se um objetivo primordial para a fabricação de embalagens recicláveis que vem sendo amplamente valorizadas e solicitadas pela sociedade em geral.

Um estudo realizado por Cavalcanti e Chagas (2006) e pelo CEMPRE (2007) demonstra claramente a evolução no seguimento de materiais reciclados no

Brasil. De acordo com Cavalcanti e Chagas, em 2006, o Brasil, para embalagens metálicas, como as latas de alumínio utilizadas para bebidas, 95,7% são recicladas. No caso das latas de aço, 47%. Para as embalagens de papelão, a taxa de reciclagem girava em torno de 79%, embalagens de vidro 100% (com 1 kg de vidro reciclado, é possível fazer outro 1 kg de novas embalagens). No caso das embalagens plásticas, o crescimento vem ocorrendo nos últimos anos, mas em 2003 a taxa de reciclagem era de 48%. Os dados do CEMPRE estão apresentados no Quadro 6.3.

Quadro 6.3: Dados da reciclagem no Brasil em 2007: estudo comparativo de reciclagem		
Material	Brasil recicla	Curiosidades
Vidro	5% das embalagens	Japão recicla 55,5%
Plástico/filme (sacolas de supermercado)	15%	Representa 3% do lixo urbano nas capitais
PET (embalagens de refrigerantes)	15%	PET reciclado se transforma em fibras
Óleo	18%	Apenas 1% do óleo consumido no mundo é reciclado
Latas de aço	35%	O Brasil importa latas usadas para reciclagem
Pneu	10%	O Brasil exporta pneu para reciclagem
Embalagem longa vida	Não existem dados	Incineração, considerada excelente combustível

Fonte: <www.abre.com.br>. Acesso em: 10 fev. 2010.

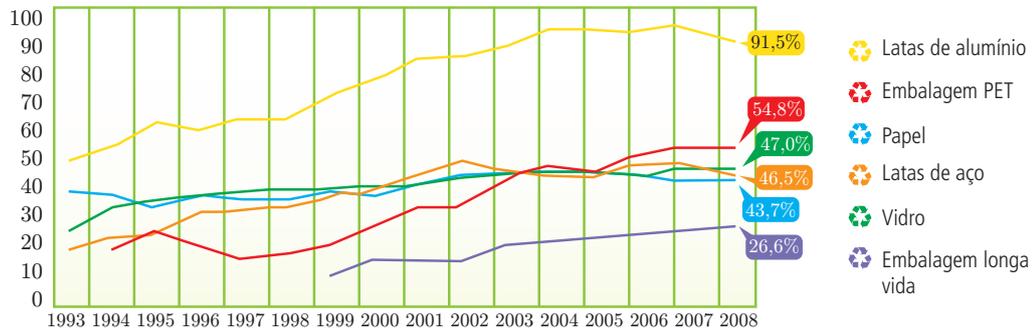
Outro estudo interessante sobre a reciclagem do alumínio, publicado em setembro/2009, apresenta dados sobre a evolução da reciclagem no Brasil desde 1993 até 2008 (Figura 6.4). Tal estudo discute o motivo do alumínio ser o material mais reciclado, sendo que 91,5% da matéria-prima utilizada pelas indústrias vêm da reciclagem, mostrando também como os outros materiais vêm apresentando um crescimento bastante considerável nos últimos anos.

O crescimento observado na reciclagem no Brasil pode ser atribuído ao valor da matéria-prima, aos altos níveis de pobreza e desemprego, já que a reciclagem engloba a coleta seletiva (os catadores), gerando uma fonte de renda, e ainda estimula a educação ambiental. Se olharmos de forma mais criteriosa para a Figura 6.4 e fizermos uma análise mais crítica, podemos observar que os maiores índices de reciclagem estão associados às matérias-primas que apresentam um alto valor de mercado.



Para maiores informações, recomendamos ler o artigo publicado na página <<http://noticias.uol.com.br/ultnot/cienciaesauade/ultimas-noticias/2010/09/01/aluminio-e-material-mais-reciclado-no-brasil-segundo-dados-do-ibge.jhtm>>, intitulado "Alumínio é material mais reciclado no Brasil, segundo dados do IBGE".

Proporção de material reciclado em atividades industriais selecionadas
Brasil - 1993-2008



Fonte: Associação Brasileira do Alumínio - ABAL; Associação Brasileira de Papel e Celulose - Bracelpa; Associação Técnica Brasileira de Indústrias Automáticas de Vidro - Abividro; Associação Brasileira da Indústria do PET - Abipet; Associação Brasileira de Embalagem de Aço - Abeaço; Associação Brasileira da Indústria do Leite Longa Vida - ABLV; Compromisso Empresarial para Reciclagem - Cempre.

Figura 6.4: Dados da reciclagem no Brasil no período de 1993 até 2008

Fonte: <http://cs.i.uol.com.br/cienciasaude/2010/08/31/tabela-de-reciclagem-1283301416017_615x300.jpg>. Acesso em: 14 jan. 2011.

No processo de reciclagem, existem várias formas de realizar a identificação de cada um dos materiais (plástico, alumínio, papel, vidro etc.). Podemos citar os símbolos que representam e/ou cores, como demonstrado nas Figuras 6.5 e 6.6. A aplicação de símbolos e cores facilita o reconhecimento e agiliza a separação dos materiais nos pontos de coletas, como, por exemplo, *shopping centers*, ruas, indústrias etc.

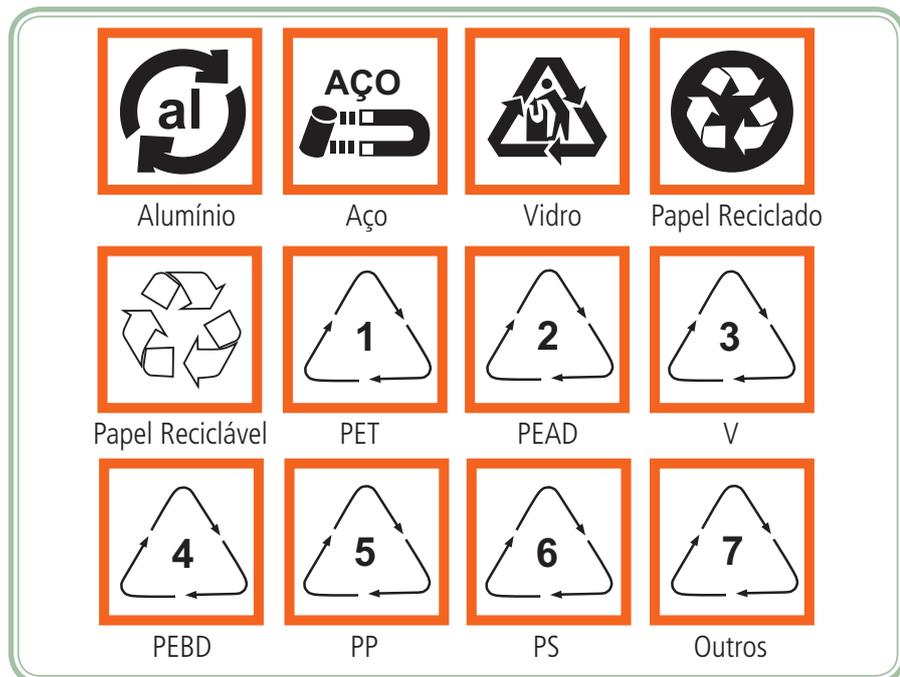


Figura 6.5: Simbologia aplicada para identificação da reciclagem de material

Fonte: <<http://atitudeco.files.wordpress.com/2010/03/reciclagem.jpg>>. Acesso em: 28 abr. 2011.

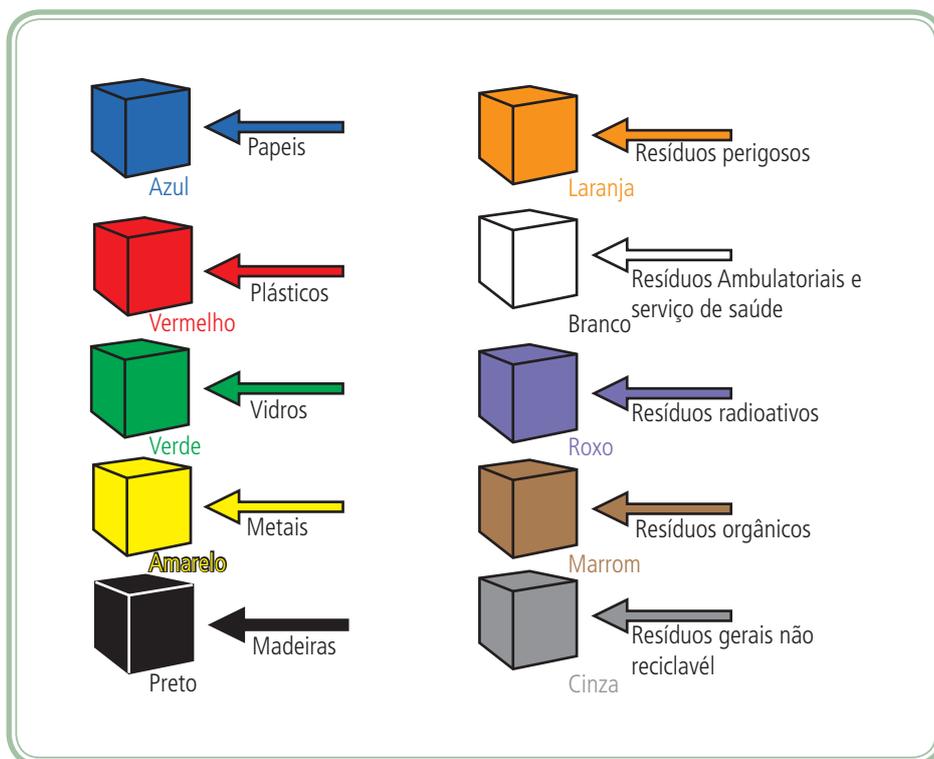


Figura 6.6: Sistema de cores utilizadas para identificação dos materiais recicláveis

Fonte: <<http://www.sobiologia.com.br/conteudos/reciclagem/reciclagem2.php>>. Acesso em: 8 out. 2010.

Para entendermos mais sobre a reciclagem, vamos estudar agora cada um dos processos de reciclagem de materiais individualmente. Iniciaremos pelo papel, seguido das embalagens cartonadas, vidro, metal e, por último, o polêmico plástico.

6.3 Reciclagem de papel

Iniciando nosso estudo com o processo de reciclagem de papel, vamos primeiro pensar um pouco sobre esse material. O uso do papel no nosso dia a dia é bastante expressivo; como exemplo, podemos citar: embrulhar, escrever, encaixotar objetos ou alimentos etc. A sua produção é originária da celulose, que é obtida a partir de determinados tipos de madeira, sendo a mesma extraída das árvores. Agora, chegamos ao ponto da questão ambiental. A reciclagem surge como uma solução para a questão ambiental, desde que a utilização do papel reciclado seja realizada. Assim, não só contribuí-

mos com o meio ambiente, como também favorecemos o crescimento de novas tecnologias para o setor de reciclagem de papel.

Mas, para podermos realmente defender o uso do papel reciclado, é importante entendermos como o processo ocorre. Primeiro, o símbolo da reciclagem de papel pode ser verificado na Figura 6.7. Em qualquer lugar que você veja este símbolo, com estas cores, escrito em qualquer língua, significa que no local ocorre reciclagem de papel ou se trata de um ponto de coleta seletiva de papel.



Figura 6.7: Símbolo representativo da reciclagem de papel

Conhecendo o símbolo, vamos entender agora as etapas que consistem no processo de reciclagem em si. Na Figura 6.8, encontra-se esquematizado o processo de reciclagem. De uma maneira resumida, podemos definir as seguintes etapas: 1) coleta seletiva, 2) classificação, 3) triagem, 4) misturador onde ocorre a adição da água (*hidrapulper*), 5) batimento para que ocorra a separação das fibras, 6) centrifugação e limpeza para separação das fibras, 7) alvejamento, quando necessário, 8) pasta de celulose com fibras secundárias, 9) refinamento, 10) adição de fibras virgens, quando necessário, 11) adição de produtos químicos, alvejantes ou tintas, 12) papel reciclado pronto para uso.

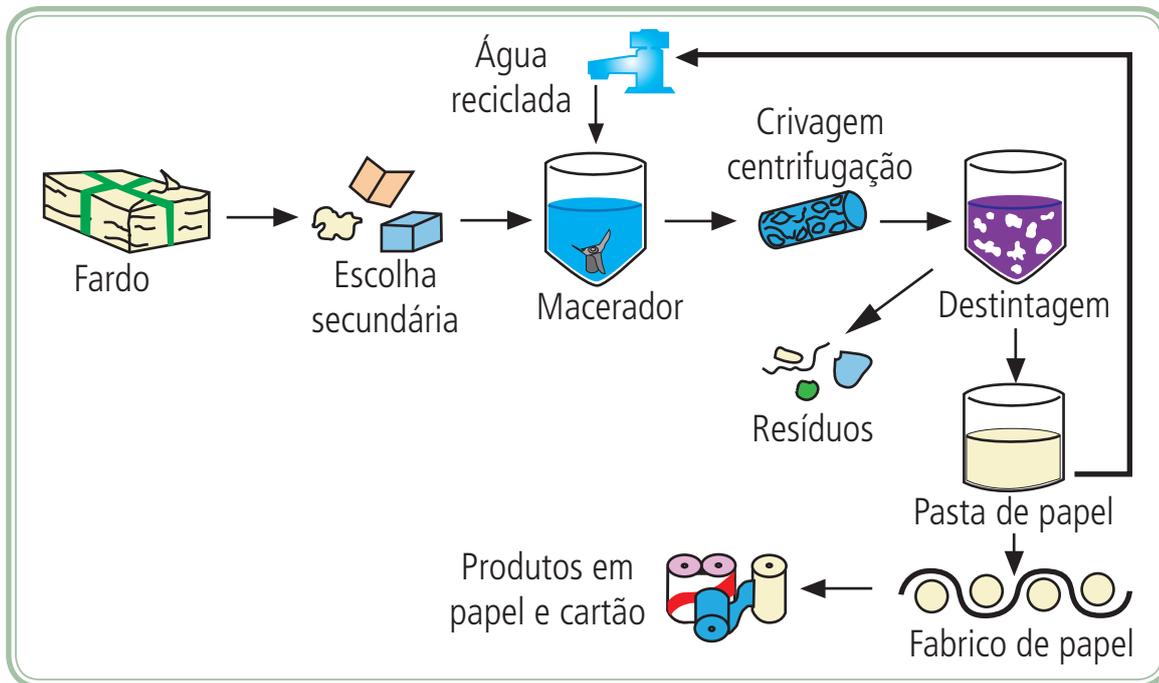


Figura 6.8: Esquema do processo de reciclagem de papel

A figura anterior resume o processo de reciclagem de papel. Entretanto, todo processo apresenta suas limitações, e a reciclagem de papel não fica de fora. Como limitações, podemos citar alguns contaminantes, como cera, óleo, plástico etc. que interferem na eficiência do processo. Por exemplo, no caso do papel ondulado, um dos mais reciclados no país com aproximadamente 79%, uma forma de reduzir a contaminação é através da realização da coleta seletiva separada. Assim, reduzem-se as chances de perdas de eficiência do processo.

Mas, sempre fica uma pergunta: como podemos identificar os tipos de papel que podem ou não ser reciclados? Na literatura, encontramos uma lista dos tipos. E fica para você a primeira atividade desta aula.

Faça uma pesquisa, discuta e apresente os resultados sobre a evolução da reciclagem no Brasil em comparação com outros países. Em seguida, elabore uma lista dos tipos de papel recicláveis ou não. Compare a lista elaborada com os itens encontrados na sua casa para embalagens utilizadas em alimentos.



6.4 Reciclagem de embalagens longa vida – Embalagens cartonadas

A reciclagem das embalagens cartonadas ou longa vida não é considerada um processo simples. Essas embalagens são compostas por várias camadas de materiais diferenciados, como mostrado na Figura 6.9, dificultando, assim, a reciclagem. Mas, antes de entrarmos no assunto da reciclagem em si, vamos entender um pouco a importância desse tipo de embalagem para o setor alimentício e as vantagens apresentadas, o que torna essas embalagens as preferidas para envase de bebidas, leites, sucos, molhos etc.

Como podemos observar, essas embalagens são constituídas por 75% de papel, 20% de alumínio e 5% de plástico. A combinação desses materiais aumenta a barreira de proteção impedindo a entrada de luz, ar, água e microrganismos nos alimentos armazenados, aumentando a vida de prateleira consideravelmente. Outra grande vantagem: os alimentos armazenados nesse tipo de embalagem não necessitam ser mantidos sob refrigeração, favorecendo uma grande redução não só no consumo de energia, como também de CFC (clorofluorcarbono), um gás refrigerante ainda utilizado nos sistemas de refrigeração. Apesar de seu uso ser proibido em diversos países, é um dos grandes vilões do efeito estufa.

O peso dessas embalagens também torna seu uso bastante atrativo, já que uma embalagem de 1 L corresponde a 28 g, exigindo, assim, uma menor quantidade de combustível para ser transportada, o que contribui com a emissão de gases poluentes para atmosfera (CEMPRE, 2011, extraído da Internet).

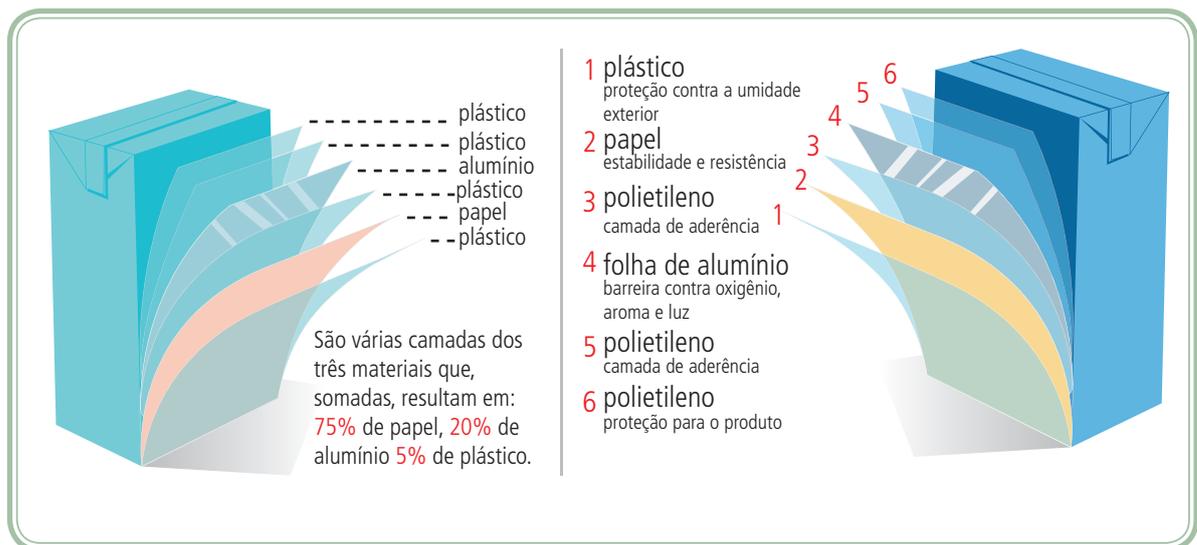


Figura 6.9: Esquema das camadas das embalagens cartonadas

Fonte: <http://3.bp.blogspot.com/_UO9Q2tg89pk/SA-tHZsAkGI/AAAAAAAAAB8/go7U0LYuu4Y/s320/reciclagem-longa-vida-2.jpg>; <http://www.fazfacil.com.br/images/mat_recicla_papel_tetra.jpg>. Acesso em: 1 out. 2010.

Ainda pensando nas contribuições desse tipo de embalagem para a conservação dos alimentos/bebidas, vamos analisar cada uma delas. Como pode ser observado na Figura 6.9, na camada 1, uma camada de polietileno tem como função exercer proteção contra umidade externa; a camada 2, de papel, dá estabilidade e resistência, estrutura; a camada 3, de polietileno, oferece aderência do papel ao alumínio; a camada 4, folha de alumínio, é uma barreira contra oxigênio, luz, perda de aromas e contaminantes, e as camadas 5 e 6, de polietileno, além de oferecer aderência, também impedem o contato direto do alimento com a camada de alumínio.

Como podemos observar, uma embalagem oferece uma grande proteção ao alimento acondicionado, garantindo ao consumidor segurança e qualidade, o que justifica seu crescimento, sua produção e consumo, como também as inúmeras pesquisas que são realizadas no desenvolvimento de técnicas eficientes para sua reciclagem.

Chegamos agora ao objetivo do estudo, a reciclagem das embalagens cartonadas. A reciclagem das embalagens cartonadas é uma tecnologia desenvolvida pela Tetra Pak em parceria com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT-SP). Mas, antes de chegar ao processo atual, a reciclagem era realizada utilizando-se um tecnologia para separação da camada de **papel** (*Hidrapulper*), e as fibras de celulose recuperadas por esse processo eram utilizadas na fabricação de papel e caixas, enquanto o alumínio e o polietileno eram destinados à fabricação de telhas e chapas do tipo compensado.

A continuidade das pesquisas para aumentar a eficiência do processo de reciclagem com a separação de todos os materiais utilizados na fabricação dessas embalagens levou ao desenvolvimento da tecnologia de plasma. O uso dessa tecnologia permite a separação eficiente dos três materiais: polietileno, alumínio e papel. Atualmente, em Piracicaba, a Tetra Pak, em parceria com a ALCOA, Klabin e TSL Ambiental, utiliza essa tecnologia para reciclagem de embalagens cartonadas. Assim, o papel volta a ser papel, o alumínio é reutilizado para a fabricação de novas chapas e o plástico é transformado em parafina (CAVALCANTI; CHAGAS, 2006). Agora, pode-se dizer que as embalagens longa vida são 100% recicláveis.

O mercado de reciclagem das embalagens longa vida vem crescendo significativamente. Por exemplo, em 2003, a taxa era de 20% e, em 2007, passou para 25,5%. O importante nesse tipo de reciclagem é que uma vez separadas na coleta seletiva não existem limitações para o uso dessas embalagens.



Papel

Releia o item 6.3,
Reciclagem de papel.

Entretanto, recomendam-se alguns cuidados para auxiliar na separação e armazenamento durante a coleta seletiva, como a eliminação dos resíduos orgânicos, como restos de alimentos, assim, evitamos a formação de odores desagradáveis. Outro ponto é a eliminação do ar com a compactação das caixas, ajudando dessa forma na redução do volume de material que deverá ser transportado e encaminhado para coleta seletiva (ABRE, 2011, extraído da Internet).

6.5 Reciclagem de vidro

Como ponto inicial do nosso estudo sobre a reciclagem do vidro, vamos relembrar o símbolo que representa a reciclagem do vidro.



Figura 6.10: Símbolo mundial para reciclagem do vidro

Após a apresentação do símbolo mundial da reciclagem do vidro, é preciso que também sejam apresentados ao vidro. Sobre a descoberta do vidro, encontramos na literatura várias histórias. Segundo uma delas, o surgimento do vidro foi uma descoberta casual, como toda boa descoberta (penicilina, raios-X etc.), ocorrida há centenas de anos quando lavas de um vulcão em erupção entraram em contato com a areia. A elevada temperatura das lavas favoreceu a formação de pequenos pedaços de vidro. A partir desse momento até os dias atuais, a fabricação do vidro teve uma enorme evolução, hoje em dia os vidros apresentam diferentes formatos, cores e aplicações. Seu custo de fabricação é elevado, é um material poluente ao meio ambiente quando descartado de forma irregular. Diante desse quadro, chega-se à reciclagem.

A reciclagem do vidro é uma das mais vantajosas, já que 1 kg de vidro reciclado pode gerar 1 kg de novas embalagens. Um processo que proporciona

uma economia de matéria-prima, sem esquecer a redução de energia para o processamento, além da questão do meio ambiente (Figura 6.11). Paralelamente, na parcela de embalagem de vidro que é reutilizada pela indústria de bebidas e pelos consumidores, observa-se uma grande tendência para o crescimento do uso de vidro reciclado a partir da conscientização da população e dos programas de coleta seletiva (CAVALCANTI; CHAGAS, 2006).

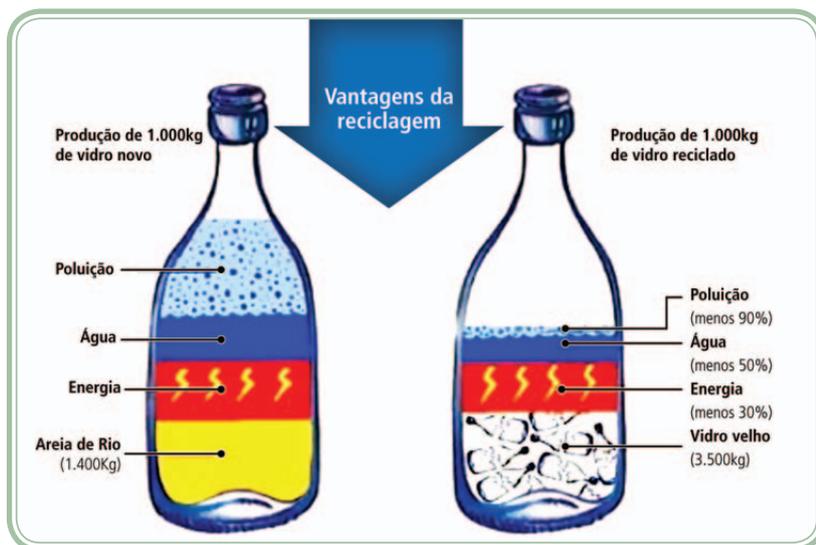


Figura 6.11: Vantagens da reciclagem de vidro comparado com a produção de vidro novo

Fonte: <http://1.bp.blogspot.com/_img_hiSm0Q4/SphnffgRNnI/AAAAAAAAAP4/VFk60444N14/s400/Vidro_OP.jpg>.

Acesso em: 25 jan. 2011.

Mas, como ocorre o processo de reciclagem do vidro? Como podemos observar na Figura 6.12, o processo da reciclagem inicia com: i) coleta seletiva, que pode ser identificada através do símbolo representativo; ii) seleção do material – na seleção ocorre a separação do material por cores (âmbar, verde, translúcido e azul) e por tipos (lisos, ondulados, vidros de janelas etc.); iii) em seguida, o material é lavado para retirada de resíduos de bebidas, alimentos ou outro tipo de contaminante – também nessa etapa a seleção é feita com o uso de ímãs, facilitando a separação de metais; iv) após a limpeza, o material é levado para a trituração, ocorrendo a formação dos cacos em tamanhos homogêneos – essa homogeneidade é garantida ao se passar o material triturado por uma peneira vibratória –, em seguida, são levados por outra esteira e submetidos a um novo ímã para retirada de metais remanescentes; v) os cacos são armazenados em silos ou tambores; vi) os cacos são distribuídos na indústria vidreira, sendo submetidos a temperaturas em torno de 1.500° C para a fabricação de novas embalagens. As novas embalagens são levadas para envasamento nas indústrias, logo após distribuídas e utilizadas pelos consumidores até retornarem às coletas seletivas, dando início novamente ao ciclo.



Figura 6.12: Esquema do processo de reciclagem do vidro

Fonte: <<http://static.infoescola.com/wp-content/uploads/2010/06/reciclagem-vidro.jpg>>. Acesso em: 4 out. 2010.

Como podemos ver, o vidro apresenta a grande vantagem de poder ser reciclado inúmeras vezes, ou infinitas vezes, sem perder as suas características. Então, qual o motivo desse material ocupar o terceiro lugar como o material mais reciclado no país? Qual seria o fator considerado como limitante ao processo? É um ponto interessante, não tão complicado de responder. Dois fatores são considerados quase cruciais na baixa reciclagem do vidro. O peso, considerando o custo do transporte da sucata: os sucateiros e as vidrarias estabelecem uma média de 10 toneladas para fazerem o transporte do material a uma distância não superior a 400 km. O outro fator é a separação, já que se manuseiam materiais como pedaços de cristais, espelhos, lâmpadas, vidros de automóveis. O processo de fabricação desses materiais utiliza químicas diferentes, impedindo assim a reciclagem (ABRE, 2010). Mas, apesar desses contratemplos, o mercado da reciclagem de vidro vem apresentando um crescimento real nos últimos anos, ajudado pela mudança da conscientização da população em relação às questões ambientais, o que exige mais embalagens recicladas.

Para finalizar o estudo sobre reciclagem de vidro, vamos discutir um pouco o mercado. No Brasil, o mercado das embalagens de vidro chega a 46%, o que corresponde a 390 mil ton/ano. É um dado interessante, mesmo não

sendo ainda ideal, se compararmos com os EUA, com 40%, correspondendo a 2,5 milhões de ton/ano, Suíça, com 92%, Finlândia, com 91%, e Noruega e Bélgica, com 88% (ABRELPE, 2011, extraído da Internet). Ainda assim, esses dados demonstram que a preocupação da população com a questão ambiental tenderá a fortalecer ainda mais o mercado da reciclagem.

1. Faça uma pesquisa e elabore uma lista de embalagens de vidros recicláveis e não recicláveis. Compare a lista com produtos existentes na sua casa.
2. Realize um estudo comparando a reciclagem de vidro no Brasil com outros países.
3. Cite exemplos de produtos alimentícios que fazem uso de embalagens cartonadas.
4. Exemplifique diferenças entre os dois tipos de reciclagem existentes de embalagens cartonadas.



6.6 Reciclagem de metal

Estamos quase finalizando o nosso estudo sobre reciclagem, e nada melhor do que falar sobre o material campeão em reciclagem: o metal (Figura 6.13). A importância da reciclagem de material metálico deve ser compreendida levando-se em consideração que o descarte desse tipo de embalagem e outros produtos fabricados com aço ou alumínio, as duas matérias-primas mais utilizadas, é extremamente danoso ao ambiente, pois o material demora de 200 a 500 anos para se degradar.



Figura 6.13: Simbologia da identificação da reciclagem metálica

Os metais (cobre, ferro e estanho) são tão antigos quanto a cerâmica e o barro. Se voltarmos um pouco na História, o uso de metais tem seu registro por volta do primeiro século depois de Cristo. No século XIX, a Marinha Inglesa utilizava latas de estanho, dando início aos enlatados de alumínio. Na Segunda Guerra Mundial, houve um grande desenvolvimento das latas de estanho e aço na conservação de alimentos, devido à necessidade de enviar, transportar alimentos. O surgimento das latas de alumínio está relacionado com a grande demanda das latas de estanho e aço, o que eleva o preço das folhas de flandres, forçando a indústria buscar novas alternativas, como o alumínio (ABRE, 2011, extraído da Internet). A partir daí, o crescimento de embalagens de alumínio cresceu significativamente. Nos dias atuais, verificamos a enorme aplicabilidade das embalagens de alumínio em diversos tipos de alimentos e bebidas, como por exemplo refrigerantes, sucos, molhos, conservas etc.



As primeiras latas de cerveja datam de 1935. Visite a página <<http://www.greenmon.com/canco/canco.htm>>, construída por um colecionador, para conhecer outras marcas antigas.



Figura 6.14: Alguns dos primeiros exemplares de latas de cerveja

Fonte: <<http://www.greenmon.com/canco/canco.1.jpg>>. Acesso em: 2 fev. 2011.

Todas essas embalagens (aço, alumínio), após consumido o alimento, são descartadas, ocasionando um problema de poluição ambiental em lagos, rios, solos, matas, já que a degradação do metal pode levar aproximadamente de 100 a 500 anos (veja o Quadro 6.1). É nesse momento que surge a reciclagem. No Brasil, as embalagens metálicas, mais precisamente o alumínio, atingiu um patamar de 91,5% em 2008 (Figura 6.4). Outro grande ponto a favor da reciclagem do alumínio está na utilização da matéria-prima reciclada na fabricação de novas embalagens. Um dado importante: no Brasil, 95,7% das latas de alumínio utilizadas para bebidas foram recicladas no ano de 2003. No ano de 2005, o Brasil reciclou aproximadamente 9,4 bilhões de latas de alumínio, o que corresponde a 127,6 mil toneladas. Para o aço,

47% do aço consumido no ano de 2003 foram originados de matéria-prima reciclada. O Brasil, em relação à reciclagem de metal, alumínio, é o país que mais recicla, superando países como Estados Unidos (52%), Japão (90,9%), Argentina (88,2%) (ABRE, 2011).

E o processo de reciclagem, como ocorre? Tudo inicia com a coleta do material descartado nos pontos de coletas por sucateiros, catadores etc. Em seguida, esse material é levado para as indústrias de reciclagem, onde será separado. Como já sabemos, existem vários tipos de matérias, cada uma delas com propriedades diferenciadas que necessitarão de processos de reciclagem diferentes. Sendo assim, a etapa de separação acaba se tornando uma das mais importantes.

Na Figura 6.15, apresentamos um esquema de reciclagem do alumínio. No caso da reciclagem do aço, a separação é realizada utilizando ímãs, o que facilita e muito o processo. É claro que, como todo processo, a reciclagem do metal (aço e alumínio) também apresenta suas limitações, no caso do aço, é importante que as latas estejam livres de impurezas (material orgânico ou qualquer outro tipo de material – terra e outros materiais metálicos – que irão prejudicar na eficiência e rendimento do processo). No alumínio, a contaminação por matéria orgânica, terra e o excesso de umidade interferem na eficiência e rendimento do processo, dificultando assim a recuperação satisfatória desses materiais (ABRE, 2011).



Figura 6.15: Esquema do processo de reciclagem de embalagem metálica de alumínio
Fonte: <http://www.recicloteca.org.br/images/metal_new.jpg>. Acesso em: 21 set. 2009.

Para finalizar, é importante destacar que os metais são 100% recicláveis. Um ponto a favor. Outra questão seria, no caso do alumínio, que o uso de material reciclado na fabricação de novas embalagens favorece uma redução de aproximadamente 95% de energia, sem esquecer na economia da bauxita, um recurso natural, não renovável, já que para obter 1 tonelada de alumínio são necessárias 5 toneladas de bauxita. O aço também é o outro metal 100% reciclável, sendo considerado a embalagem mais ecológica que existe, em função do baixo consumo de água e energia durante a sua produção, se comparado a qualquer outro tipo de embalagem. Como já citado anteriormente, na reciclagem desse material, a separação é realizada por ímãs, e o uso de matéria-prima reciclada para confecção de novas embalagens gera uma grande economia. Analisando o processo de obtenção do metal, na etapa de redução do minério, sua fabricação ocorre com um alto consumo de energia, sendo necessário transporte de grandes quantidades de minério de ferro, além do preço das instalações serem caras. Assim, para cada tonelada de aço reciclado, observa-se uma economia de 1.140 Kg de minério de ferro, 154 Kg de carvão e 18 Kg de cal (COMPAM, 2011).



1. Elabore uma lista com os tipos de materiais metálicos recicláveis e não recicláveis e compare com as embalagens existentes na sua casa.
2. Nos últimos anos, existe uma forte campanha para incentivar os consumidores a consumirem mais alimentos embalados em embalagens metálicas. Qual a sua opinião sobre o assunto? Faça uma pesquisa e colete opiniões sobre isso.

6.7 Reciclagem de plásticos

Antes de começarmos a estudar sobre a reciclagem dos plásticos, vamos dar uma volta no mundo dos polímeros para que possamos ter um bom entendimento e compreensão da importância da reciclagem.

Sobre os polímeros, já sabemos que são macromoléculas caracterizadas por seu tamanho, sua estrutura química e interações intra e intermoleculares. Possuem unidades químicas que são unidas por ligações covalentes, que se repetem ao longo da cadeia. Podem ser naturais (seda, celulose, fibras de algodão etc.) ou sintéticos (polipropileno – PP, politereftalato de etileno – PET, polietileno – PE, policloreto de vinila – PVC etc.). Em relação à classificação, podem ser: i) termofixos – representam cerca de 20% do total consumido no país, tendo a desvantagem de que uma vez moldados não podem

mais sofrer novos ciclos de processamento, pois não fundem novamente, o que impede uma nova moldagem; ii) termoplásticos: mais utilizados, tendo como uma grande vantagem o reprocessamento, isto é, mesmo depois de moldados, podem ser moldados novamente, mesmo que utilizem processos de moldagem diferentes do inicial, pois quando submetidos a temperaturas adequadas, amolecem, fundem. Os mais utilizados correspondem a 90% do consumo nacional, e são o PP, PE, OS, PVC e PET (SPINACÉ; DE PAOLI, 2005).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, através da norma NBR-13230, ficaram estabelecidos os seguintes símbolos, apresentados no Quadro 6.4, para identificação dos termoplásticos utilizados na fabricação de embalagens e outros produtos, facilitando o processo de reciclagem nas etapas de separação.

Quadro 6.4: Simbologia, aplicação e características dos termoplásticos			
Termoplástico	Símbolo	Propriedades	Aplicação
Polietileno Tereftalato – PET		Resistente ao ataque de substâncias, resistência a deformações, baixo nível de absorção de umidade e baixo custo.	Embalagens para bebidas, sucos, fibras sintéticas, produtos de limpeza etc.
Polietileno de Alta Densidade – PEAD		Alta resistência, rigidez etc.	Engradados para bebidas, garrafas de álcool, produtos químicos, tambores etc.
Polietileno de Baixa Densidade – PEBD		Flexibilidade e impermeabilidade.	Embalagens de alimentos, sacos industriais, sacos para lixos, filmes flexíveis etc.
Polipropileno – PP		Resistência a rupturas, impactos e químicas, boa propriedade elétrica. Conservam o aroma e mudanças de temperaturas.	Embalagens de massas alimentícias e biscoito, potes de margarina etc.
Policloreto de Vinila – PVC ou V		Rigidez e impermeabilidade	Garrafas de água mineral, tubos e conexões para água, lonas, esquadrias, revestimentos etc.
Poliestireno – PS		Impermeabilidade, rigidez, leveza e transparência.	Copos descartáveis, embalagens alimentícias, revestimentos de geladeira etc.
Outros • Policarbonato – PC • Poliuretano – PU • Acrilonitrilabutadienoestireno – ABS		PC – resistência a choque, flexível, transparência.	Mamadeiras, lentes de óculos, etc.
		PU – suas propriedades dependem do composto iniciador ou de partida usado na preparação	Batentes, rodas, etc.
		ABS – rigidez e resistência	Maçanetas.

De acordo com estudos apresentados pelo CEMPRE (Compromisso Empresarial para Reciclagem) a respeito dos resíduos sólidos urbanos, os polímeros mais encontrados são polietileno de baixa e alta densidade (PEBD e PEAD, PET, PVC e PP). Atualmente, as campanhas de consumo de embalagens plásticas vêm ganhando força, principalmente quando se referem às sacolas plásticas (CEMPRE, 2011).

A reciclagem do plástico é de extrema importância para o meio ambiente. Quando reciclamos ou compramos plástico reciclado, estamos contribuindo com o meio ambiente, pois esse material deixa de ir para os aterros sanitários ou para a natureza, poluindo rios, lagos, solo e matas. Não podemos esquecer, também, que a reciclagem de plástico gera renda para milhares de pessoas no Brasil que atuam, principalmente, em empresas e cooperativas de catadores e recicladores de materiais reciclados. Os pontos de coleta seletiva de material plástico são identificados pelo símbolo apresentado na Figura 6.16.



Figura 6.16: Símbolo representativo mundial da reciclagem do plástico

Chegamos ao ponto interessante do nosso estudo, a reciclagem do polêmico plástico. Quando se fala em poluição do meio ambiente, se você mora em Pernambuco, ou em qualquer outro estado, a imagem que sempre colocam é de uma enorme quantidade de plástico flutuando no rio Capibaribe, em Recife/PE, ou algum animal marinho que sofreu com a poluição provocada por esse material. Mesmo tendo conhecimento de que esse material não é o único causador da poluição ambiental, a mídia apresenta sempre as sacolas plásticas como a vilã, o que não deixa de ser verdade. Então, o que está sendo feito para minimizar ou eliminar esse poluente?

O processo da reciclagem do plástico é dividido em quatro categorias, descritas a seguir.

- 1. Reciclagem primária:** consiste na utilização dos resíduos da indústria, como, por exemplo, as aparas, peças defeituosas da linha de montagem. Esses materiais são convertidos em novos produtos com características equivalentes aos produtos originais produzidos pelos polímeros denominados virgens; esse tipo de reciclagem também é conhecido como mecânica ou física.
- 2. Reciclagem secundária:** também denominada de reciclagem mecânica ou física, entretanto, diferencia-se da primária pelo tipo de material utilizado na reciclagem. Nesse tipo, a matéria-prima utilizada é proveniente dos resíduos sólidos existente no lixo urbano. Realizada normalmente nas usinas de compostagem e reciclagem ou através da coleta seletiva. O inconveniente desse tipo de reciclagem está na baixa qualidade da matéria-prima, assim, os novos produtos originados por esse tipo de reciclagem terão sempre uma qualidade inferior, devido à presença de diversos tipos de plásticos.
- 3. Reciclagem terciária:** neste tipo, a reciclagem consiste na transformação dos resíduos poliméricos em monômeros e em outros produtos químicos. Esse processo pode ser realizado através de processos químicos ou térmicos, e o produto obtido poderá ser polimerizado novamente para fabricar novas resinas plásticas. Porém, o grande inconveniente é a necessidade de purificação, que consiste em um tratamento caro. A reciclagem terciária só é recomendada quando existe um alto valor agregado para o produto final.
- 4. Reciclagem quaternária:** a reciclagem consiste na queima do plástico em incineradores, o processo irá gerar calor que pode ser transformado em energia térmica ou elétrica devido ao alto poder calorífico do plástico. O grande problema é a liberação de gases, no processo de incineração, de alta toxicidade, o que provocará uma grande contaminação ao meio ambiente. Para minimizar, utilizam-se filtros especiais, que são caros e ainda assim não tão eficientes.

De uma forma bem generalizada, podemos dizer que a reciclagem do plástico envolve as etapas ilustradas na Figura 6.17.



Figura 6.17: Esquema do processo de reciclagem do plástico

Fonte: <http://blog.ecobrindes.com.br/wp-content/uploads/2010/11/recicla_plastico.jpg>. Acesso em: 1 out. 2010.



Para informações detalhadas, recomendamos a leitura do artigo: A Tecnologia da Reciclagem de Polímeros, publicada na revista Química Nova, v. 28, n. 1, 2005, dos autores Márcia Aparecida da Silva Spinace e Marco Aurélio de Paoli. Os autores não só exploram a questão dos processos da reciclagem do plástico como também fazem uma abordagem sobre os aspectos econômicos da reciclagem, é uma excelente leitura.

O que é importantíssimo lembrar é que os plásticos são obtidos de diferentes fontes, por processos diferenciados e reações químicas. A reciclagem de material plástico necessita de tecnologias diferenciadas para cada tipo de plástico, sendo assim, a separação acaba se tornando um gargalo na eficiência do processo. Para melhorar a eficiência do processo de separação, existem técnicas, como, por exemplo, processo de separação por diferenças de densidades, que é realizado utilizando tanques com água e/ou soluções alcoólicas ou salinas.

De todos os tipos de plásticos que temos conhecimento, o que mais chama a nossa atenção são as embalagens em PET. Parece que só esse tipo de plástico provoca a contaminação. Bem, se paramos para pensar um pouco, para qualquer lugar que olhemos existe sempre uma garrafinha jogada no chão. Não importa quanto tempo passe, a garrafinha vai continuar esperando que alguma atitude seja tomada. Ou a levaremos para um posto de coleta, ou jogaremos em um lixo comum ou... as possibilidades são muitas e poucas são executadas – ou será que podemos dizer “**eram executadas**”?

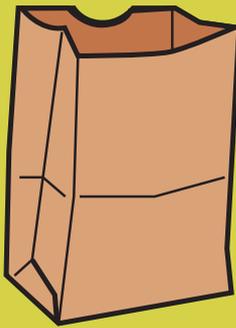
Uma coisa é certa: nas últimas décadas, observamos uma mudança de comportamento da sociedade, a garrafinha está incomodando muito, levando e desafiando a uma mudança de atitude. E pensando nesta atitude vamos dar um destaque especial ao processo de reciclagem das embalagens em PET, que em 2010 recebeu autorização para serem utilizadas na embalagem de alimentos.

Um avanço bastante significativo veio através da Resolução RDC n. 20, de 26 de março de 2008. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) exige que, para que essas embalagens possam ser utilizadas em alimentos, o produto deve ser registrado, e seu rótulo deverá conter: **nome do produtor, número do lote** e a **expressão polietilenotereftalo reciclado pós-consumo (PET-PCR)**. Essa resolução é de grande importância, pois impulsionou e fortaleceu ainda mais o mercado das embalagens recicladas de PET, que, no ano de 2007, teve um volume de 187 mil toneladas sem serem recicladas.

Lembra-se da garrafinha parada? Agora, ela está esperando uma atitude: ser recolhida e transformada ou esperar outras garrafinhas para colaborar com a poluição ambiental. Decida!

1. Analise a figura abaixo, elabore um programa de reciclagem e faça sugestões sobre substituições.



	
1 ton. de sacos= 11 barris de petróleo	1 ton. de sacos= 17 árvores
1% é reciclado	20% são reciclados
materia-prima: gás natural e petróleo	materia-prima: madeira, petróleo e carvão
de 5 a 1.000 anos para se decompor	em um mês é biodegradável, mas em aterros de lixo mal projetados pode demorar o mesmo que o plástico para decompor
cada saco gera 0,5 kg de poluição aérea	cada saco gera 2,6 kg de poluição aérea
40% menos energia para ser fabricado e 91% menos de energia para ser reciclado comparando ao papel	a mesma quantidade de resíduo sólido que o plástico
mais de 3% dos sacos plásticos do mundo tornam-se lixo flutuante	o peso e o volume resulta em mais consumo ao ser transportado para as lojas
facilmente levado para o mar, onde, muitas vezes é confundido com algas por baleias e tartarugas que acabam ingerindo-o e obstruindo o estômago.	produz 50 vezes mais poluição na água na fabricação que o plástico

Fonte: <<http://poliuretano.files.wordpress.com/2008/03/plasticoxpapel.jpg>>. Acesso em: 12 nov. 2010.

2. Sabemos que as embalagens plásticas são as mais consumidas e também as que geram maior preocupação. Na sua opinião, quais fatores contribuem para o plástico ser o mocinho e vilão com a mesma intensidade?
3. Elabore uma lista de material plástico reciclável e não reciclável e compare com produtos encontrados na sua residência.
4. Descreva o processo de separação de plástico por diferença de densidades (utilize o artigo citado no texto: “SPINACÉ, Márcia Aparecida da Silva; PAOLI, Marco Aurélio de. A Tecnologia da Reciclagem de Polímeros, publicada na revista **Química Nova**, v. 28, n. 1, 2005, como referência).

6.8 Sustentabilidade

A sustentabilidade tem a seguinte definição, dada pela ONU em 1991: “Desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as próprias necessidades.”

Para maiores informações sobre as novas diretrizes da sustentabilidade no setor de embalagem, leia o material disponível na página: <http://www.abre.org.br/downloads/cartilha_diretrizes.pdf>.



Figura 6.18: Pilares da sustentabilidade

Fonte: <<http://rfmalucom.blogspot.com/2010/05/sustentabilidade.html>>. Acesso em: 13 jun. 2011.

Um ponto interessante no caso da sustentabilidade é o conceito da minimização de resíduos, que consiste na aplicação de três regras básicas, denominada de 3R (**Reduzir, Reaproveitar e Reciclar**).

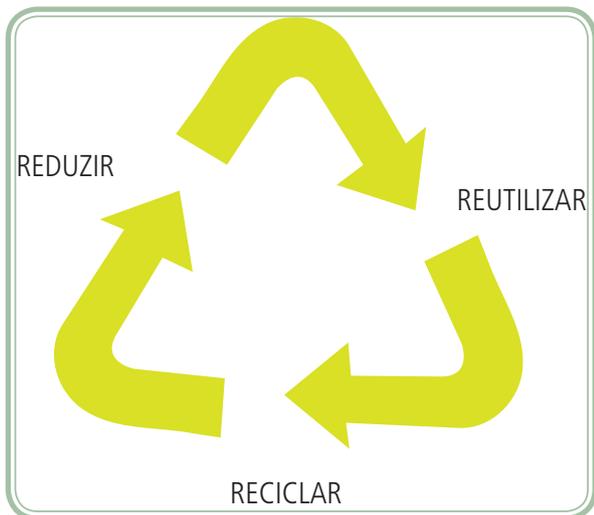


Figura 6.19: 3R da sustentabilidade

Para uma melhor compreensão, as definições de cada R utilizado nessa regra estão apresentadas a seguir.

- 1. Reduzir:** minimizar ao máximo o lixo produzido e descartado. Isto é, economizar de todas as formas possíveis o descarte de embalagens. Nessa sociedade que vivemos, observa-se que a maioria das embalagens é descartável, sendo assim é importante repensar nas diversas maneiras de combater esse desperdício.
- 2. Reaproveitar:** reutilizar tudo o for possível. Nada mais é do que uma forma de evitar que vá para o lixo o que não é lixo. É quando deve existir a criatividade, inovação, tentar usar um produto de várias maneiras.
- 3. Reciclar:** como já foi definido anteriormente, é a transformação de embalagens que seriam jogadas no lixo em novos materiais. Por exemplo, vidros se transformam em novas garrafas ou frascos, plásticos se transformam em novos plásticos que atualmente podem até ser utilizados em embalagens de alimentos.

Como uma forma de melhorar o conceito dos 3R, foram incorporados mais dois R, sendo agora o conceito da sustentabilidade dos 5R (**Repensar, Recusar, Reduzir, Reutilizar e Reciclar**). A inclusão desses dois R tem como objetivo levar o consumidor a criar um pensamento crítico. Repensar consiste em avaliar se o fabricante tem uma preocupação com o meio ambiente, como, por exemplo, a utilização de embalagens recicláveis ou recicladas, ou embalagens biodegradáveis. É importante também verificar se o local de compra adota políticas de sustentabilidade, caso contrário, o Recusar entra em ação.



Figura 6.20: 5R da sustentabilidade

Fonte: <http://1.bp.blogspot.com/_P8fjxPMeriA/TQZ0CV7T5MI/AAAAAAAAADI/lDyRaV0tu7k/s1600/5_RS.gif>. Acesso em: 17 jan. 2011.

6.9 Coleta seletiva

Para entender de uma forma clara e simples, vamos utilizar a definição de coleta seletiva encontrada na página da Metalúrgica Pajeú (2011, extraído da Internet):

A coleta seletiva é um sistema de recolhimento de materiais recicláveis, tais como, papéis, plásticos, vidros, metais e orgânicos, previamente separados na fonte geradora. Esses materiais são vendidos às indústrias recicladoras ou aos sucateiros.



Figura 6.21: Coleta seletiva doméstica

Fonte: <http://1.bp.blogspot.com/_BSjc0WpjJQc/ScwKxn7MjII/AAAAAAB74/qBm6_Q1GS9Q/s400/Reciclagem+-+catador+de+pet.jpg>. Acesso em: 10 nov. 2010.

Sendo assim, podemos dizer que a coleta seletiva consiste na separação do lixo, já que os principais tipos de materiais encontrados no lixo são: vidro, papel, plásticos, metal e orgânicos. Esses materiais, como já sabemos, apresentam uma grande capacidade de reaproveitamento.

São diversos os tipos de coleta seletiva que podemos encontrar: domiciliar, em postos de entrega, voluntária, em postos de troca e por catadores. A coleta seletiva ideal consiste na separação dos resíduos em não recicláveis e recicláveis, como demonstrado na Figura 6.22 a seguir.



Figura 6.22: Sistema de coleta seletiva

Realizar a coleta seletiva não é uma tarefa árdua, mas, exige um bom planejamento. Antes de iniciar o processo de coleta seletiva em casa, no trabalho, nos condomínios, nas escolas etc., deve-se ter em mente qual o destino que deve dar aos materiais coletados. Outro ponto importante: temos que lembrar que a coleta seletiva não surge como uma solução para a questão da poluição ambiental ocasionada pela grande quantidade de embalagens descartadas, mas como uma possibilidade de minimizar os problemas ocasionados pela grande quantidade de lixo gerada diariamente. Temos que ter em mente que o lixo que jogamos apresenta uma grande quantidade de matérias que tem um enorme potencial de reaproveitamento. Assim, é importante não só incentivar a coleta seletiva como também praticá-la.

Resumo

Nesta aula, você reconheceu o contexto atual da reciclagem no Brasil. Você definiu, também, os conceitos de reciclagem, coleta seletiva e sustentabilidade. Por fim, você diferenciou a reciclagem em embalagens plásticas, de papel, de vidro e metálicas.

Atividade de aprendizagem

O empresário percebeu que o consumidor está ficando mais exigente, está mais preocupado com os resíduos que estão sendo jogados no lixo e os efeitos que vêm causando ao ambiente. E, uma vez que está entrando no mercado de embalagens, ele gostaria que sua empresa atuasse dentro dos programas de reciclagem. Por isso, um dos itens que solicitou aos consultores é um estudo estratégico sobre a reciclagem para cada tipo de matéria-prima que poderia ser utilizada na sua empresa (vidro, papel, metal e plástico). Além disso, gostaria de obter maiores informações sobre coleta seletiva e sustentabilidade.

Aula 7 – Nanotecnologia, *nanofood* e nanoalimentos

Objetivos

Definir o conceito de nanotecnologia.

Aplicar as técnicas da nanotecnologia na indústria de alimentos.

Avaliar as vantagens e desvantagens do uso/aplicação da nanotecnologia no setor de embalagens.

Reconhecer os investimentos feitos em nanotecnologia no Brasil.

7.1 Nanotecnologia, *nanofood*, nanoalimentos

Começaremos esta aula de uma forma diferente: com um texto do filme *Sociedade dos Poetas Mortos*, que explora o desafio, como sair da mesmice, arriscar, ter um senso crítico, criar suas próprias opiniões.

“Lembre-se sempre de olhar as coisas de uma outra maneira, o mundo parecerá diferente. Se não acreditar; VEJA. Quando pensar que sabe algo, olhe de outra forma mesmo que pareça tolo ou errado, deve tentar. Nunca considere só o que pensa o autor do escrito, considere o que você pensa. Tente encontrar a sua própria voz. Quanto mais demorar para procurar, mais improvável será que encontre. Não se resigne. Liberte-se. Não fique num canto, olhe a sua volta. Ouse ir buscar novos campos.”

(Do filme: Sociedade dos Poetas Mortos)

Iniciando nosso estudo sobre a aplicação da nanotecnologia no setor de embalagens, vou começar com uma frase: **Think big, think NANO (Pense grande, pense NANO)**. A primeira vez que me deparei com essa frase foi em 2007, em um **artigo** que transcrevia a entrevista do Professor Niels Christian Nielsen. Achei interessante e ao mesmo tempo observei o quanto representava esta simples frase para as inovações e as barreiras que necessitavam ser quebradas no desenvolvimento de novos produtos, como por exemplo, os **NANOALIMENTOS**.

A-Z

Disponível em: <http://media.wiley.com/product_data/excerpt/53/07803108/0780310853.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2011.

Neste momento, sugiro a você que abra sua mente, pois a técnica da nanofabricação pode ser considerada ainda uma criança – afinal, para a comunidade científica mundial o seu “nascimento”, por assim dizer, ocorreu em 1959, quando Richard Feynman (1918-1988) ministrou a famosa palestra, muito referenciada por todos que trabalham com nanotecnologia: ***There's plenty of room at the bottom***. Traduzindo o título, “Há bastante espaço vazio lá embaixo”. Com isso, o autor revela que ainda tem muita coisa a ser feita quando se trabalha em uma escala muito pequena. É imaginar um apartamento de 4 (quatro) quartos, sem paredes, e uma formiguinha morando ali, ou seja, existe espaço suficiente a ser preenchido.

É importante relatar que nessa palestra a palavra NANOTECNOLOGIA nunca foi proferida – só foi usada pela primeira vez em 1974, pelo Prof. Norio Taniguchi, da Universidade Científica de Tóquio. A popularização da palavra nanotecnologia aconteceu nos anos de 1980, quando o cientista e engenheiro Eric Drexler referiu-se à construção de máquinas e escala molecular como motor e braços de robô, por exemplo.



Figura 7.1: Prof. Richard Feynman, Prof. Norio Taniguchi e o Engenheiro Eric Drexler.

Fonte: <http://www.nanoproducts.de/images/feynman_norio_drexler.jpg>. Acesso em: 10 jun. 2011.

Qual a definição para **NANOTECNOLOGIA**? A palavra NANOTECNOLOGIA é composta do prefixo grego *nannos*, que significa algo extremamente minúsculo, e a palavra *tecnologia*, que significa um conjunto das técnicas, processos e métodos específicos de uma ciência, ofício, indústria etc. Assim, podemos dizer que nanotecnologia é toda aplicação que utiliza partículas minúsculas no desenvolvimento de tecnologias.

Na literatura, encontramos centenas de trabalhos definindo a nanotecnologia. Então, vamos utilizar nesta aula a definição dada por Mattoso et al., 2005, p. 38:

Nanotecnologia é claramente uma área de pesquisa e desenvolvimento muito ampla e interdisciplinar [Figura 7.2)], uma vez que pode interferir nos mais diversificados tipos de materiais (naturais e sintéticos) estruturados em escala manométrica – nanoestruturados – de modo a formar blocos de construção (*building blocks*) na nanoescala.

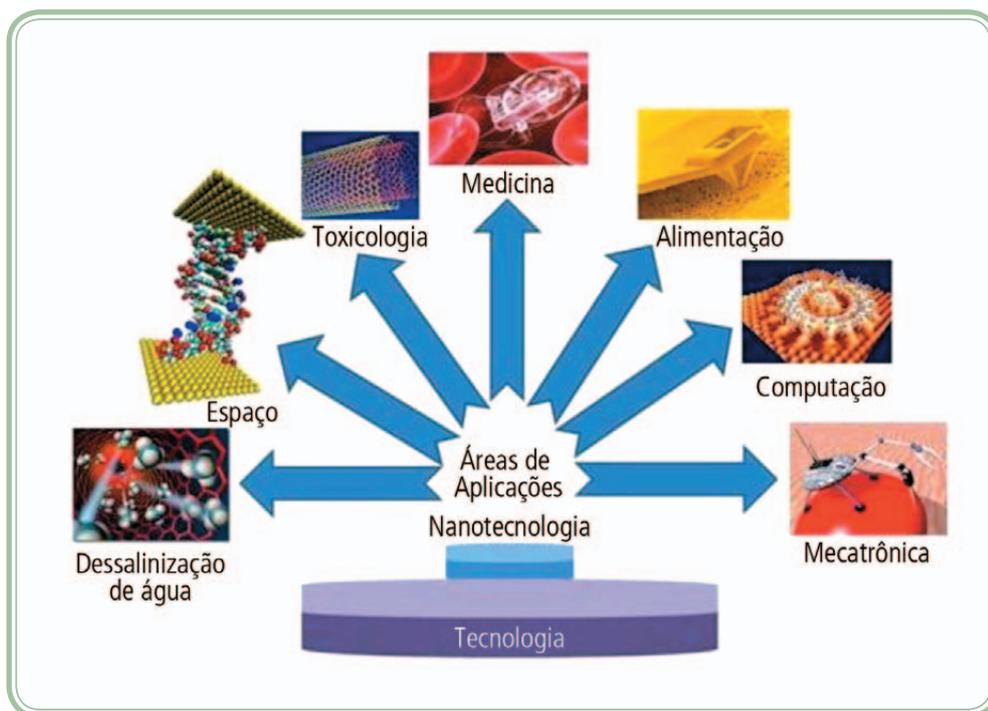


Figura 7.2: Áreas de aplicação da nanotecnologia – multidisciplinaridade

Fonte: <http://www.cq.ufam.edu.br/Areas/Nanotecnologia/figura/areas_nanotecnologia.JPG>. Acesso em: 1. fev. 2011.

Que tal? Deu um nó na cabeça? Então, vamos definir de maneira diferente. Desta vez, vou referenciar a explicação dada por Graham Moore (2010, p. XIX), em seu livro *Nanotecnologia em Embalagens*, que diz o seguinte: “A nanotecnologia é a manipulação de átomos e moléculas a fim de criar estruturas com aplicação no mundo real”, sendo esta manipulação na escala de 0,1 a 100 nm. A tecnologia é realizada em escala nanométrica, na qual 1 nanômetro (1 nm) corresponde ao bilionésimo de metro (1 nm = 1/1.000.000.000 m) ou, aproximadamente, à distância ocupada por cerca de 10 a 50 átomos, empilhados de maneira que formem uma linha. Simples, não achou? Consegue visualizar ou imaginar? Concordo com você quando fica pensando: mas como visualizar esta medida? Como entender uma nanoestrutura? Como atua?



Para complementar a compreensão sobre nanotecnologia, acesse o portal <www.youtube.com.br> e digite no campo de buscas a palavra-chave "nanotecnologia". Você irá encontrar uma grande quantidade de vídeos sobre o assunto.

Bem, para entender um pouquinho mais, tem um exemplo que uso bastante, que na verdade utilizei para explicar a nanotecnologia para um grupo de alunos. Gosto muito dele: "Imagine uma cobra grande, por exemplo, uma sucuri. Agora, pense no piolho (1) do piolho (2) do piolho (3) do piolho (4) do piolho (5) do piolho (6) desta cobra. O piolho 1 será perturbado pelo 2 e assim sucessivamente, até o 5. No final, só conseguiremos observar/sentir a ação da cobra (macro). O piolho (5), que inicia a perturbação, não pode ser visível, apenas se tornará visível se utilizarmos equipamentos especiais, como por exemplo, o microscópio eletrônico.



Figura 7.3: Imagem ilustrativa da aplicação da nanotecnologia na produção de alimentos

Fonte: Adaptado de <http://4.bp.blogspot.com/_OCmvGmXheGk/TJNicGUua-I/AAAAAAAAAN0/-XWCTzul-hw/s1600/NANOALIMENTOS++LAMINA.jpg>. Acesso em: 10 jun. 2011.

Como você pode observar na Figura 7.3, o objetivo do uso da nanotecnologia na indústria de alimentos seria na elaboração de produtos com alta qualidade, custo reduzido e maior quantidade. As nanofazendas, por exemplo.

É importante ter em mente que o objetivo do uso da tecnologia na escala nano é desenvolver novos materiais, novos produtos e processos. Atualmente, é uma área que vem apresentando um crescimento significativo em pesquisas. Os investimentos ficaram em torno de bilhões de dólares em 2002, estimando-se chegar, de 2010 a 2015, a um trilhão de dólares (LÊDO et al, 2007).

Acredito que, com essas ilustrações, você conseguiu obter uma boa visualização do que seria a tecnologia nano, ou melhor, a nanotecnologia. Agora, vamos ao objetivo desta aula, a nanotecnologia na indústria de alimentos. Como funciona? Vamos descobrir!

7.2 Nanotecnologia e a indústria de alimentos

No caso dos alimentos, a nanotecnologia poderá ser utilizada para **liberação controlada** de um aditivo pela variação do pH ou temperatura ou umidade. Mas, como ocorre? No trabalho publicado pelo ETC Group intitulado *A Invasão Invisível do Campo – O Impacto das Nanotecnologias na Alimentação e na Agricultura* (2004) existe um texto bastante explicativo sobre o significado dos diversos tipos de liberação controlada. A seguir, um resumo dessas classificações.

- Liberação lenta: quando o produto encapsulado é liberado lentamente por um período mais prolongado.
- Liberação rápida: assim que a nanocápsula entra em contato com a superfície alvo, ocorre o rompimento e a liberação do produto encapsulado.
- Liberação específica: a nanocápsula é projetada para se abrir quando um receptor molecular se ligar a um químico específico.
- Liberação por umidade: quando a nanocápsula se decompõe e libera o conteúdo em presença de água.
- Liberação pelo calor: o produto encapsulado é liberado quando o ambiente aquece acima de uma determinada temperatura.
- Liberação pelo pH: o rompimento da nanocápsula ocorre em um ambiente de pH específico (alcalino ou ácido).
- Liberação por ultrassom: a nanocápsula é rompida quando o ambiente externo é submetido a uma frequência de ultrassom.
- Liberação magnética: uma partícula magnética presente na nanocápsula força o rompimento quando exposta a um campo magnético.
- Nanocápsula de DNA: a nanocápsula “contrabandeia” uma sequência curta de DNA estranho para dentro da célula viva, que uma vez liberada, sequestra mecanismos da célula para expressar uma proteína específica.

Um artigo publicado em 2005 na Revista da Política Agrícola sobre *A revolução nanotecnológica e o potencial para o agronegócio* (MATTOSO et al,

2005) explora bem a inclusão da nanotecnologia neste setor. Mesmo exigindo altos investimentos com pesquisas, a posição do Brasil em relação ao mundo como líder mundial em agronegócio é uma forte justificativa para acelerar inovações no ramo.

7.2.1 Nanotecnologia e o setor agrícola – primeira etapa para indústria de alimentos

O uso da nanotecnologia no setor agrícola tem seu início no plantio, contribuindo para um aumento da qualidade, desempenho e eficiência com o desenvolvimento de nanopartículas e nanoencapsulação para liberação controlada de fertilizantes e pesticidas em solos, além de fármacos para o uso veterinário (Mattoso et al, 2005).

Citando ainda Mattoso et al (2005, p. 41):

Há uma demanda crescente por fertilizantes que apresentem maior absorção pelas plantas e não sofram segregação durante a etapa de formulação e transporte, e que sejam mais fáceis de manusear e aplicar. Pesticidas com eficácia na aplicação cada vez maior também são desejáveis não apenas pela vantagem econômica, mas, sobretudo, pela redução do impacto ambiental, diminuindo a toxidez para o homem durante a sua aplicação. Assim, a aplicação da nanotecnologia no setor de insumos agropecuários tem a finalidade de melhorar a eficiência funcional de produtos como nutrientes, pesticidas sintetizados quimicamente (herbicidas, inseticidas e parasiticidas) ou de natureza biológica (microrganismos com atividade específica contra praga-alvo).

Atualmente, verificamos grandes indústrias com pesquisas em nanoagrotóxicos. A seguir, encontram-se listadas algumas destas indústrias que estão pesquisando e desenvolvendo novos produtos aplicando a nanotecnologia, citadas no artigo: **Nanotecnologia – A manipulação do invisível.**

A-Z

Disponível em: <<http://www.boell-latinoamerica.org/downloads/RevistaNanotecnologia.pdf>>.
Acesso em: 6 jul. 2011.

- 1.** BASF: patente para uma formulação de agrotóxico com nanopartículas.
- 2.** BAYER: patente na Alemanha para um agroquímico na forma de emulsão, em que o ingrediente ativo são gotas em nanoescala.
- 3.** MONSANTO: em associação com companhia FLAMEL NANOTECHNOLOGY, pesquisou ROUNDUP em nanocápsulas.

4. PFIZER/PHARMACIA: tem patentes de nanocápsulas de lenta liberação para serem usadas em fármacos, agrotóxicos e fertilizantes.
5. SYNGENTA: desenvolveu a tecnologia ZEON, com nanocápsulas que liberam agrotóxicos contidos nelas quando em contato com as folhas.

Não podemos esquecer ainda, no setor do agronegócio, a aplicação da nanotecnologia na pecuária como desenvolvimento de nanobiossensores e nanodispositivos eletrônicos que podem ser utilizados na rastreabilidade e certificação de produtos e a segurança alimentar.

7.2.2 Nanoalimentos

Chegamos agora ao setor alimentício. Quando se discute a questão da manipulação nos alimentos, os consumidores começam a pensar nos alimentos transgênicos, que de certa forma os deixaram temerosos devido à falta de informações. Assim, gerou-se muita especulação. No caso da nanotecnologia aplicada aos alimentos, observa-se um grande número de discussões, palestras, debates e programas sendo apresentados.

Antes de qualquer discussão sobre o assunto, gostaria de voltar um pouco no tempo e dizer que a relação da nanotecnologia com a indústria de alimentos não é uma história nova. Fazendo uma pesquisa sobre o tema para escrever esta aula, um artigo chamou a atenção quando demonstrou que a nanotecnologia foi utilizada com certo sucesso e de uma forma bastante divertida em um filme de 1971 – veja bem o ano – e este foi baseado em um livro de Roald Dajhl escrito em 1964. O filme é intitulado *A Fantástica Fábrica De Chocolate – Willy Wonka & the Chocolate Factory*, refilmado em 2005 com o título *Charlie and the Chocolate Factory* (Waner Bros.). Recomendo que assistam, principalmente do ano 1971.

O filme está recheado com produtos desenvolvidos através da nanotecnologia, mas ela não é citada em nenhum momento, afinal, era 1971, e a nanotecnologia apareceu para os meios científicos em 1958. Voltando ao filme, um dos grandes momentos nanotecnológicos é a fabricação do chiclete que substitui três refeições (café da manhã, almoço e jantar) mais a sobremesa. A novidade anima e a curiosidade empolga a todos até o instante em que a menina, ansiosa para experimentá-lo e sem ouvir a recomendação do inventor/dono da fábrica, masca o referido chiclete e em seguida vai narrando os sabores que vai sentindo. A magia perde o encanto quando ela começa a mudar de cor e inflar. É o que podemos caracterizar como as consequências do uso de uma tecnologia quando não se tem grandes conhecimentos. Como disse Andrew Maynard, em



Para ampliar mais os conhecimentos sobre os NANOALIMENTOS ou NANOFOOD, recomendo o vídeo Nanotecnologia e os Alimentos, que está disponível na internet em três partes.

Parte 1: <<http://www.youtube.com/watch?v=OjfhodbPPY>>

Parte 2: <<http://www.youtube.com/watch?v=JzxaCsMm9U>>

Parte 3: <<http://www.youtube.com/watch?v=rLuNPx4lcG4>>

abril de 2008, no seu depoimento ao Congresso dos Estados Unidos, “Entrar em um futuro de nanotecnologia sem entender claramente quais os possíveis riscos e como se deve lidar com eles é como dirigir um automóvel com os olhos fechados”, citação publicada na Revista Novas Tecnologias: Nanotecnologia.

Os efeitos colaterais que surgiram na garotinha não deixam de ser, de certa forma, os medos dos consumidores ao consumir alimentos que foram manipulados em nível atômico ou molecular. Fazendo uma análise crítica ao trecho do filme, visualizamos dois grandes momentos da nanotecnologia. O primeiro pode ser caracterizado pelo desenvolvimento de um novo produto alimentício, nutritivo; este momento demonstra os benefícios da nanotecnologia aplicada aos alimentos. O segundo pode ser caracterizado como um exemplo dos malefícios no uso de uma ferramenta que merece ser mais estudada para que se possam entender as características, efeitos que um produto tem quando desenvolvido através desta técnica.

Agora pergunto a você: O que imagina quando ouve falar sobre a nanotecnologia sendo aplicada na produção de alimentos? Que tipos de alimentos poderiam ser elaborados e desenvolvidos? Bem, para verificar o ponto de vista de algumas pessoas para esta mesma pergunta e sem grandes compromissos de estudos estatísticos, as sugestões dos futuros consumidores não ficaram tão longe do desejo dos pesquisadores e indústrias. Compare e chegue as suas conclusões: de acordo com as pessoas entrevistadas, os alimentos com nanotecnologia não engordariam, poderiam comer sem culpa; gostariam de um sorvete que modificasse seu sabor (seria ótimo, assim não ficaríamos tanto em dúvida na escolha), doces para pessoas com diabetes sem aquele sabor deixado pelos adoçantes, comer pouco e ter a sensação completa de satisfação, suco que muda de cor, e assim por diante.

Agora observe o que vem sendo pesquisado/desenvolvido na área de nanotecnologia pelas grandes indústrias do setor alimentício bem conhecidas por você – Nestlé, Unilever, Kraft, Cargil, Pepsi Co., Mars: Nestlé e Unilever desenvolvem emulsões em nanopartículas para modificar a textura dos sorvetes. A Kraft desenvolve pesquisas de bebidas “interativas” que mudam de cor e sabor, um líquido com átomos suspensos que se converte na bebida desejada (café, suco de laranja, leite e outros). Então, pergunto: O filme *A Fantástica Fábrica de Chocolate* não é mais tão ficção assim, concorda?

Como já sabemos, todo conhecimento, para ser bem aplicado, deve partir de base sólida de entendimento sobre as definições. Nanotecnologia aplicada à indústria de alimentos não significa que os alimentos serão produzidos por

nanorrobôs ou utilizando nanofábricas e nanofazendas, como esclarece bem Mattoso et al (2005). Os autores definem, de uma forma bastante clara, a questão dos *nanofoods* ou nanoalimentos. Esse processo é nada mais nada menos do que a aplicação da nanotecnologia nas etapas de cultivo, processamento e embalagem dos alimentos. No cultivo, consiste em utilizar nanocápsulas para encapsulamento de fertilizantes ou para liberação de nutrientes no solo. Na etapa de processamento, obtém-se alimentos mais elaborados, como por exemplo, alimentos cujo sabor, cor, aroma sejam determinados a partir da forma de preparo. A aplicação da nanotecnologia no setor de embalagens será abordada mais à frente, num tópico específico.

A produção de alimentos a partir da nanotecnologia ainda está longe para acontecer. Necessita de mais debates, mais informações para que a sociedade se sinta segura em consumir alimentos que são produzidos com essa tecnologia. Apesar de existir opiniões contrárias ao uso deste processo, não podemos negar que encontramos uma variedade de benefícios no uso da nanotecnologia nas indústrias de alimentos.

Listamos, a seguir, dez maneiras de se aplicar a nanotecnologia na indústria de alimentos de acordo com a indicação sugerida.

1. Sensor de contaminação: acende uma lâmpada ao revelar a presença da bactéria *Escherichia coli*.
2. Embalagem antimicrobiana: filmes comestíveis feitos de óleo de canela ou de orégano, ou nanopartículas de zinco, cálcio, ou outros materiais bactericidas.
3. Melhoras no estoque de alimentos: barreiras nanorreforçadas mantêm alimentos sensíveis a oxigênio, frescos por mais tempo.
4. Potencialização de nutrientes: o nanoencapsulamento melhora a solubilidade de vitaminas, antioxidantes, óleos ômega e outros “nutracêuticos”.
5. Embalagens ecológicas: nanofibras feitas de carapaças de lagostas ou de milho orgânico são ao mesmo tempo antimicrobianas e biodegradáveis.
6. Redução do uso de pesticidas: uma cobertura saturada com nanofibras libera pesticidas lentamente, eliminando a necessidade de aplicações extras e reduzindo o vazamento de elementos químicos nas fontes de água.



Um trabalho publicado sobre a sustentabilidade lista dez maneiras de aplicar a nanotecnologia na indústria de alimentos. O texto completo encontra-se disponível no endereço
<<http://reeducalimentar.blogspot.com/2010/07/nanotecnologia-e-alimentacao.html>>
Também recomendo a página
<<http://www.hkc22.com/nanofood.html>>
de um dos grupos mais respeitados em consultoria na área.

7. Rastreamento, localização e proteção da marca: nanocódigos de barra podem ser criados para identificar produtos individualmente e rastrear defeitos.
8. Textura: a duração e estabilidade dos alimentos podem ser aumentadas por nanocristais e lipídios para melhores alimentos de baixo teor de gordura.
9. Sabor: engana o paladar com bloqueadores de amargor ou ampliadores de doce ou sal.
10. Identificação e eliminação de bactérias: nanopartículas de carboidratos ligam-se às bactérias para que sejam detectadas e eliminadas.

É um consenso geral por parte dos pesquisadores que a produção de alimentos usando nanotecnologia ainda vai demorar a chegar ao mercado, pois ainda existem muitas barreiras que precisam ser ultrapassadas. Mas a nanotecnologia já vem tendo sua entrada no setor alimentício através das embalagens, então, vamos falar sobre elas.

7.3 Nanotecnologia e as embalagens

O setor de embalagens é um dos que estão em constante mudança e inovação, sendo também um dos setores mais competitivos do ramo alimentício, como você sabe muito bem! Afinal, está estudando sobre o assunto há algum tempo.

Analisando o que foi abordado nesta aula, você irá concordar que o processo para o desenvolvimento de uma embalagem sempre está relacionado com a proteção do produto, aumento da vida de prateleira, melhora na distribuição e disponibilidade, segurança, informação cada vez mais clara em relação à escolha da matéria-prima que esteja de acordo com as novas exigências do mercado ou soluções ambientais como, por exemplo, biodegradabilidade.

Nesse contexto, temos as inovações no setor, como embalagens inteligentes que podem monitorar o produto desde a indústria até a reciclagem, podendo também indicar a qualidade do produto – o que significa segurança alimentar. Ainda em relação às inovações, você estudou as embalagens ativas, que têm como função alterar as condições do produto com o aumento da vida de prateleira, segurança e qualidade, e também acentuar/melhorar suas características sensoriais. Existem, ainda, estudos para o desenvolvimento de embalagens antimicrobianas, que incorporam agentes antimicrobianos na matriz polimérica; as

embalagens antioxidantes, que agem na preservação de alimentos sensíveis à oxidação; embalagens aromáticas, que ajudam na aceitabilidade dos produtos embalados com o uso de aromas voláteis incorporados na matriz polimérica, e os revestimentos à base de biopolímeros, como, por exemplo, polissacarídeos, proteínas e materiais lipídicos. Estes revestimentos podem atuar como barreira de proteção, podendo também ser incorporados na sua matriz: agentes antioxidantes, agentes antimicrobianos, indicadores de pH, temperatura, umidade, indicadores de toxinas e patógenos etc.

Todas essas inovações estão sendo estudadas e pesquisadas utilizando-se a nanotecnologia. Como citado anteriormente, a grande vantagem do uso da nanotecnologia no desenvolvimento de embalagens está na melhoria das propriedades, tais como a estabilidade e as propriedades de barreira, aumentando a proteção do produto. A aplicação desse conhecimento permite a elaboração de produtos de qualidade cada vez melhor. Com as novas embalagens para produtos alimentícios, as indústrias de alimentos pretendem:

1. acentuar o sabor;
2. aumentar a qualidade nutricional do alimento;
3. disfarçar o cheiro desagradável da comida estragada;
4. identificar alteração/degradação do produto através de indicadores sensíveis à modificação de temperatura, pH, umidade, composição etc.

Nanopartículas têm sido incorporadas em materiais poliméricos de embalagens (termo denominado nanocompósitos) visando melhorar propriedades mecânicas e de barreira. Para entendermos melhor, a incorporação de nanocompósitos de argila melhora substancialmente propriedades de barreira a gases em polímeros, usando pequenas concentrações. Esse material tem grande potencial para ser usado em embalagens de alimentos como carnes processadas, queijos, cereais, bebidas carbonatadas e outros.

Um exemplo é uma embalagem plástica que tem uma estrutura parecida com um sanduíche, ou seja, entre duas camadas de PET há uma camada de um outro polímero contendo nanocompósitos de argila (Figura 7.4).

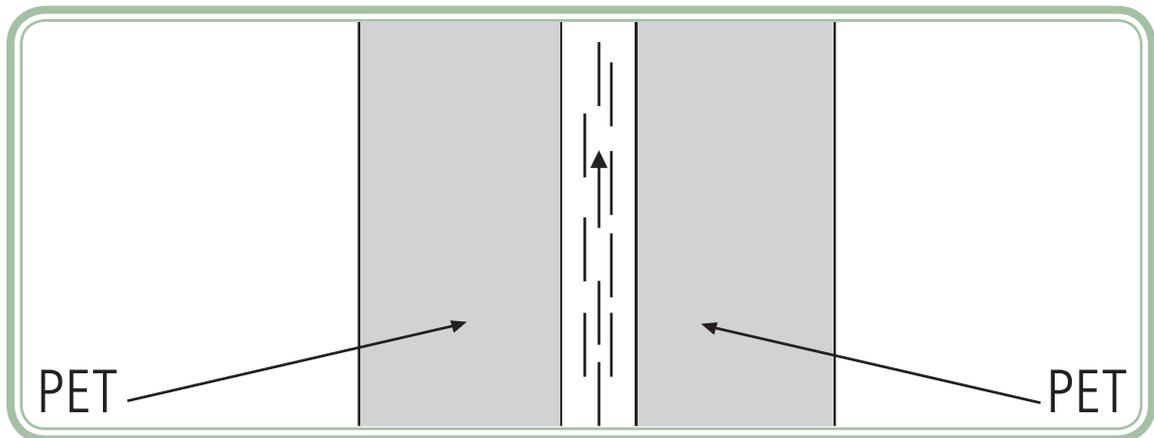


Figura 7.4: Estrutura típica de um material PET contendo no meio poliamida com nanocompósitos de argila

Fonte: Smolander e Chaudhry (2010).

Os nanocompósitos de argila estão sendo aplicados em garrafas de bebidas e cervejas e, como minimizam a perda de CO₂ da bebida, aumentam a vida de prateleira para mais 6 meses.



Figura 7.5: Garrafas que utilizam nanocompósitos de argila em sua composição

Fonte: <<http://www.nanocor.com/Cases/img/bottles2.jpg>>. Acesso em: 12 jul. 2011.

No trabalho disponível na internet com o título *Nanotecnologia – A manipulação do invisível*, fácil de achar utilizando qualquer *site* de busca, encontra-se a lista completa na página 32 (*Aplicações potenciais da nanotecnologia no processamento, em embalagens e no monitoramento de alimentos*) e, na página 33, uma relação das características de nanoembalagens já usadas para alimentos ou em desenvolvimento, uma leitura que recomendo.

É importante que você tenha em mente que a nanotecnologia vem crescendo muito, com altos investimentos, e a cada instante o número de pesquisadores e indústrias envolvidas com o tema cresce quase linearmente. Apesar das discussões terem se iniciado em 1959, com a famosa palestra do Prof. Richard Feynman, o avanço só ocorreu na década de 1980 com o surgimento dos microscópios eletrônicos de varredura e os de força atômica que tornaram possível visualizar a escala nano. A partir desta década só observamos o aumento no interesse pelo tema, o crescimento de palestras, debates, grupos de discussões, redes de pesquisas, investimentos governamentais etc.

Existe uma discussão ética sobre o que a nanotecnologia pode realmente trazer de benefícios e malefícios, pois ainda existe um grande receio da população com os efeitos da manipulação atômica ou molecular dos alimentos. Como exemplos, temos as seguintes questões: O que estes nanoalimentos podem realmente fazer quando estiverem dentro do nosso organismo? Ou, o que acontece com as nanocápsulas quando não forem utilizadas?

Apenas para que se tenha uma ideia, segue uma lista de algumas empresas que investem em pesquisas e/ou utilizam nanotecnologia em seus produtos em diversas áreas industriais: Ajinomoto, Alcan Alumínio, BASF, BMW, Campbell Soup, Cargill, Kraft Foods, Monsanto, Syngenta, Unilever, Nestlé, Mars etc. (GUAZZELLI; PEREZ, 2004).

7.4 Brasil e os investimentos em nanotecnologia

Os investimentos em pesquisas relacionadas à nanotecnologia no Brasil tiveram início no ano de 2001, com o lançamento do primeiro edital, e a partir daí a tendência só foi crescer. Com o Programa de Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia, sem esquecer o *Plano Plurianual* – PPA – de 2004-2007, observou-se uma série de investimentos distribuídos da seguinte forma: a) implantação de novos laboratórios e reformas dos existentes; b) implantação de redes de pesquisas; c) apoio às redes e laboratórios; c) gestão programa e d) P&D (Pesquisa e Desenvolvimento), com investimentos em torno de 500 milhões (LÊDO et al, 2007).

De acordo com um artigo sobre a nanotecnologia brasileira, o Brasil produz 0,03% da tecnologia mundial, e o mercado brasileiro de produtos com base em nanotecnologias desenvolvidas originalmente no país somou, em 2010, 115 milhões de reais (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2011, extraído da internet).

Se formos comparar o mercado brasileiro com o mundial em relação aos investimentos em produtos nanotecnológicos, que giram em torno de US\$ 383 bilhões, ele ainda é pequeno. Entretanto, a capacidade de desenvolvimento do Brasil neste setor é enorme, o que pode ser observado pelo grande crescimento de instituições de ensino e pesquisa envolvidas de 2001 a 2010. É importante também a formação de pessoal qualificado, com investimentos em cursos e treinamentos. Isto de certa forma já vem acontecendo com a criação de cursos de especialização, projetos, simpósios e o curso de Engenharia em Nanotecnologia, no Rio de Janeiro.

Apesar dos receios e debates sobre os benefícios e malefícios na manipulação de átomos e moléculas para desenvolver novos produtos e materiais, devemos lembrar que a História da Humanidade é recheada de momentos de luta contra as inovações até o instante em que as pessoas começam a dominá-las. Foi assim com o surgimento do fogo e com a Revolução Industrial. Devemos sim, buscar sempre o maior número de informações para que possamos criar as nossas opiniões e expectativas, sem esquecer o senso crítico. Devemos procurar as vantagens no uso da nanotecnologia em todos os setores, principalmente, no setor alimentício, já que é o nosso campo de trabalho. Não podemos negar que a busca por novas tecnologias que minimizem as perdas no setor alimentício é bem-vinda. Pelos dados disponibilizados pela FAO, “Cerca de um terço dos alimentos produzidos todos os anos no mundo para consumo humano, aproximadamente 1,3 bilhão de toneladas, são perdidos ou desperdiçados” (FAO..., 2011, extraído da Internet).

Assim, para finalizar este pequeno passeio pelo mundo da nanotecnologia, deixo para você a frase do Professor Niels Christian mencionada no início da aula:

“THINK BIG, THINK NANO!”

(Pense grande, pense nano!)

Resumo

Nesta aula, você conheceu conceitos como nanotecnologia e nanoalimentos. Viu, também, como o conceito de nanotecnologia pode ser aplicado na indústria de alimentos, desde o setor agrícola até o mercado de embalagens, analisando vantagens e desvantagens em seu uso. Por fim, você pôde ter uma ideia de como andam os investimentos em nanotecnologia no Brasil.

Atividade de aprendizagem

Um empresário leu, em uma revista especializada em embalagens, que “a nanotecnologia poderá ser o futuro no setor de embalagens”. Você, como consultor, deverá explicar essa frase, indicando se isso realmente é viável, evidenciando as vantagens e desvantagens, ou melhor, todas as informações necessárias para que o empresário possa decidir se irá investir ou não nessa tecnologia.

Referências

AGÊNCIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. **[Legislação: alimentos]**. Disponível em: <<https://www.anvisa.gov.br/alimentos/legis/especifica/embalagens.htm>>. Acesso em: 21 jul. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGENS – ABRE. **Dados de mercado**. Disponível em: <http://www.abre.org.br/centro_dados.php>. Acesso em: 10 out. 2010.

_____. **Diretrizes de Sustentabilidade para a Cadeia Produtiva de Embalagens e Bens de Consumo**. Disponível em: <http://www.abre.org.br/downloads/cartilha_diretrizes.pdf>. Acesso em: 5 maio 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. Disponível em: <www.abrelpe.org.br>. Acesso em: 27 jul. 2011.

AHVENAINEN, R. Active and Intelligent Packaging: an Introduction. In: R. AHVENAINEN (Ed.). **Novel food packaging techniques**. Finland: CRC Press, 2003. p. 5-21.

BRASILTRENDSFOODS2020. Disponível em: <<http://www.brazilfoodtrends.com.br/>>. Acesso em: 6 jul. 2010.

BRODY, A. L.; STRUPINSKY, E. R.; KLINE, L. R. **Active packaging for food applications**. Lancaster: Technomic Publishing, 2001. 236 p.

CAMPOS, Heloísa C. M.; NANTES, José F. D. **Embalagens convenientes**: uma estratégia na diferenciação de produtos. Disponível em: <www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1999_A0041.PDF>. Acesso em: 5 out. 2010.

CARVALHO, M. A. **Engenharia de embalagens**. São Paulo: Novatec Editora, 2008.

CAVALCANTI, P.; CHAGAS, C. **História da embalagem no Brasil**. São Paulo: Grifo Projetos Históricos e Editoriais, 2006.

CHAU, Chi-Fai; WU, Shiu-an-huei; YEN, Gow-Chin. The development of regulations for food nanotechnology. **Trends in Food Science & Technology**, n. 18, p. 269-280, 2007.

COMPAM. Disponível em: <http://www.compam.com.br/re_metal.htm>. Acesso em: 27 jul. 2011.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM – CEMPRE. Disponível em: <<http://www.cempre.org.br>>. Acesso em: 27 jan. 2011.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. São Paulo: Editora Atheneu, 2001.

_____. **Tecnologia de alimentos**. São Paulo: Editora Atheneu, 2003. 652p.

FAO pede fim do desperdício de alimentos. Disponível em: <<http://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/afp/2011/05/11/fao-pede-fim-do-desperdicio-de-alimentos.jhtm>>. Acesso em: 11 jul. 2011.

FECHINE, G. J. M. et al. **Efeito da Radiação UV e de Pró-Oxidante em Biodegradabilidade PP**. Disponível em: <www.inp.org.br/pt/downloads/oxi_efeito_radiacao_UV.pdf>. Acesso 18 nov. 2010.

FELLOWS, P. **Tecnologia del Procesado de los Alimentos**: principios y prácticas. 1. ed. Zaragoza: Acribia, 1994. 549 p.

FIGUEREDO, F. **A contribuição da reciclagem de latas e alumínio para o meio ambiente brasileiro**. Disponível em: <www.ub.es/geocrit/ aracne/ aracne_127.htm>. Acesso em: 18 out. 2010.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Editora Nobel, 1984.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B. da; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos**: princípios e aplicações. São Paulo: Editora Nobel, 2008.

GUAZZELLI, Maria José; PEREZ, Julian. **Nanotecnologia**: novas tecnologias. [s.l.]: Centro Ecológico, 2004.

HENRIETTE, H. H.C. **Fundamentos da estabilidade de alimentos**. [s. l.]: Embrapa/ Banco do Nordeste, 2004. cap. 4.

HISTÓRIA da embalagem. Disponível em: <www.furg.br/portaldeembalagens>. Acesso em: 2 ago. 2010.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. Brasil produz 0,03% da nanotecnologia mundial. 21 fev. 2011. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=nanotecnologia-no-brasil>>. Acesso em: 25 maio 2011.

KERRY, J. P.; O'GRADY, M. N.; HOGAN, S. A. Past, current and potential utilization of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: a review. **Meat Science**, v. 74, p. 113-30, 2006.

MARTINS, P. R. et al. **Nanotecnologia na Indústria de Alimentos**. Disponível em: <http://www.pucsp.br/eitt/downloads/vi_ciclo_paulomartins_marisabarbosa_nano_puc.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2011.

MATTOSO, L. H. C.; MEDEIROS, E. S.; NETO, L. Martin A revolução nanotecnológica e o potencial para o agronegócio. **Revista Política Agrícola**, ano XIV, n. 04, out./dez. 2005.

METALÚRGICA PAJEÚ. **Reciclagem e coleta seletiva**. Disponível em: <www.pajeu.com.br/seletiva_p.htm>. Acesso em: 17 jan. 2011.

MOORE, G. **Nanotecnologia em embalagens**. Rio de Janeiro: Blucher, 2010. (Quattor, Coleção Embalagem, 2).

NASSIF, D. et al. **Aspectos gerais e históricos do processamento de alimentos:** revolução industrial. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/19664303/Food-Technology-and-the-Industrial-Revolution>>. Acesso em: 14 out. 2010.

NORMAS ANALÍTICAS DO INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-químicos**. 4. ed. 2009.

NOVAS TECNOLOGIAS. **Nanotecnologia:** a manipulação do invisível. Disponível em: <http://www.centroecologico.org.br/novastecnologias/novastecnologias_1.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2011.

OLIVEIRA, E.; SOLANGE, M. A. D. **Parecer Técnico:** avaliação do desempenho de embalagens plásticas ambientalmente desagradáveis e de utensílios plásticos descartáveis para alimentos. Disponível em: <www.inp.org.br/pt/downloads>. Acesso em: 18 nov. 2010.

ORDÓÑEZ, J. A. P. et al. **Tecnologia de alimentos:** componentes dos alimentos e processos. São Paulo: Artmed, 2005. 294p. v 1.

POLIURETANO CLIPPING. **A importância do plástico na nossa vida**. 26 mar. 2008. Disponível em: <<http://poliuretano.wordpress.com/2008/03/26/a-importancia-do-plastico-na-nossa-vida/>>. Acesso em: 12 nov. 2010.

PRADELLA, J. G. da C. **Biopolímeros e intermediário químico**. São Paulo: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2006. Disponível em: <www.anbio.org.br/pdf/2/tr06_biopolimeros.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2011.

RABELO, D. **Parecer técnico:** utilização de aditivos pró-oxidantes em sacolas plásticas. Disponível em: <www.inp.org.br/pt/downloads>. Acesso em: 18 nov. 2010.

RIJK, R. Proceedings of a Conference on active and intelligent packaging development. In: INTERNATIONAL CONFERENCE: PLASTICS & POLYMERS IN CONTACT WITH FOODSTUFFS, 9., 2002, Edinburgh, Scotland. **Anais...** Edinburgh, Scotland: Pira Intl, 2002.

ROBERTSON, G. L. **Food Packaging:** principles and practice. New York: Marcel Dekker Inc., 1993.

SANGUANSRI, P.; AUGUSTIN, M. A. Nanoscale materials development: A Food Industry Perspective. **Trends in Food Science & Technology**, n. 17, p. 545-556, 2006.

SETOR de embalagens. Disponível em: <<http://www.spdesign.sp.gov.br/embala/embala3.htm>>. Acesso em: 13 out. 2010.

SINGH, R. P.; WELLS, J. H. Scientific principles of shelf-life evaluation. In: MAN, D.; JONES, A.(Ed.). **Shelf-life evaluation of food**. 2. ed. Gaithersburg: Aspen Publishers, 2000. p. 3-22.

SMOLANDER, M.; CHAUDHRY, Q. Nanotechnologies in Food Packaging. In: CHAUDHRY, Qasim; CASTLE, Laurence; WATKINS, Richard (Ed.). **Nanotechnologies in Food**. Royal Society of Chemistry, 2010.

SÓ BIOLOGIA. **Importância e vantagens da reciclagem**. Disponível em: <<http://www.sobiologia.com.br/conteudos/reciclagem/reciclagem2.php>>. Acesso em: 8 out. 2010.

SOARES, N. de F. F. et al. Novos desenvolvimentos e aplicações em embalagens de alimentos. **Revista Ceres**, p. 370-378, jul./ago. 2009.

SOZER, N.; KOKINI, J. L. Nanotechnology and its applications in the food sector. **Trends in Biotechnology**, v. 27, n. 02, p. 82-85, 2009.

SPINACÉ, M. A.; DE PAOLI, M. A. da Silva. A Tecnologia de Reciclagem de Polímeros. **Química Nova**, v. 28, n. 1, p. 65-72, 2005.

TOP 10 reasons for Using nanotech in food. Disponível em: <<http://www.nanotech-now.com/news.cgi?story id=32231>>. Acesso em: 27 abr. 2011.

WILSON, C. L. **Intelligent and active packaging for fruits and vegetables**. [s.l]: Taylor & Francis Group, 2008.

Currículo dos professores-autores e colaborador

Andreina Maria Pinheiro Santos

Formada em Engenharia Química pela Universidade Federal de Sergipe. Possui Mestrado e Doutorado em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Atualmente é professora do Curso de Engenharia de Alimentos na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), nas disciplinas Tecnologia das Embalagens e Tecnologia dos Alimentos. Atua nas seguintes linhas de pesquisa: nanofabricação, bioprocessos (processos fermentativos, enzimáticos), processos de separação e purificação de biomoléculas e otimização de bioprocessos.



Cristiana Maria Pedroso Yoshida

Formada em Engenharia Química pelo Instituto Mauá de Tecnologia (1994), com Mestrado em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas (1997) e Doutorado em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas (2002). Atualmente é professora adjunta na UNIFESP - Universidade Federal de São Paulo/Campus Diadema, e como pesquisadora colaboradora com a Faculdade de Engenharia Química da UNICAMP. Trabalha na área de embalagens biodegradáveis ativas e inteligentes utilizando polímeros de fonte renovável com ênfase na aplicação em embalagens de alimentos.



Colaborador:

Rodrigo Barbosa Acioli de Oliveira

Formado em Medicina Veterinária, com Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Desenvolve atividades na área de processamento e controle de qualidade de alimentos e leciona a disciplina de Embalagens de Alimentos no Curso Técnico de Alimentos do Colégio Agrícola Dom Agostinho Ikas – Universidade Federal Rural de Pernambuco.



