

**ALEXANDRA MARA SCHRAMM**

**INOVAÇÕES NO SISTEMA DE EMBALAGENS NAS ÁREAS DE  
NANOTECNOLOGIA, RADIOFREQUÊNCIA, *DESIGN* E SEGURANÇA**

SÃO CAETANO DO SUL  
2012

**ALEXANDRA MARA SCHRAMM**

**INOVAÇÕES NO SISTEMA DE EMBALAGENS NAS ÁREAS DE  
NANOTECNOLOGIA, RADIOFREQUÊNCIA, DESIGN E SEGURANÇA**

Monografia apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia de Processos Industriais – Ênfase em Engenharia de Embalagem do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia para a obtenção do título de Especialista

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Dantas Cabral

SÃO CAETANO DO SUL

2012

Schramm, Alexandra Mara

Inovações no sistema de embalagens nas áreas de nanotecnologia,  
radiofrequência, *design* e segurança/

Alexandra Mara Schramm – São Caetano do Sul, SP: IMT-CEUN,  
2012.

85 p.

Monografia— Pós-Graduação em Engenharia de Embalagem. Centro  
Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, SP,  
2012.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Dantas Cabral

1. Sistema de embalagens 2. Inovações 3. Nanotecnologia 4.  
Radiofrequência 5. Design de Embalagens 6. Segurança de  
Embalagem. I. Cabral, Antonio Carlos Dantas II. Instituto Mauá de  
Tecnologia. Centro Universitário. Escola de Engenharia de Mauá. III.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais Nelson Schramm (*in memoriam*) e Lili Maria Schramm que sempre deixaram claro que a melhor herança que eles poderiam me dar era a educação. Ao meu companheiro, amigo e marido Willian, que contribuiu para realização deste trabalho.

## **RESUMO**

O presente estudo foi baseado em uma revisão bibliográfica e teve como objetivo descrever algumas das inovações no sistema de embalagens nas áreas de nanotecnologia, radiofrequência, design de embalagens e segurança de embalagem identificando se são inovações de ruptura ou incremental, apresentando o histórico, conceitos e a aplicabilidade destas áreas em embalagens. A nanotecnologia é uma ciência nova, onde estão sendo feitas várias pesquisas, porém há necessidade de tirá-las do laboratório e produzir em larga escala. A viabilidade econômica dos insumos e equipamentos não está de acordo com o mercado, porém à medida que se consegue produzir estes produtos em larga escala, as inovações são de ruptura pois são criados produtos que até então não existiam e os produtos de inovação incremental melhoram significativamente o produto. A tecnologia de radiofrequência está sendo utilizada para rastreabilidade, visa reduzir a falsificação em indústrias e viabilizar a logística. O *design* de embalagens vem como ferramenta para conquistar consumidores como adultos de terceira idade, crianças e pessoas portadoras de necessidades especiais. A segurança de embalagens surgiu com as falsificações no mercado e as violações de produtos. Cada uma destas áreas pode ter inovações tanto incremental como de ruptura dependendo do caso. As áreas de nanotecnologia, radiofrequência, *design* e segurança são promissoras nas inovações para o sistema de embalagens.

Palavras-chave: Sistema de Embalagens. Inovações. Nanotecnologia. Radiofrequência. *Design* de Embalagens. Segurança de Embalagens.

## **ABSTRACT**

This study is based on a literature review and aims to describe some of the innovations in packaging in the areas of nanotechnology, RF, packaging design and packaging security by identifying whether they are incremental or breakthrough innovations. It will be presented the history, concepts and applicability of these areas. Nanotechnology is a new science, where several studies are being done, but still not able to take research from laboratory to production scale and economic viability of supplies and equipment are not in accordance with the market. But the measure that can produce these products in large-scale innovations are breakthrough products that are created because until then there were none and the products of incremental innovation frighteningly improve the product. The RF technology is being used for traceability, aims to reduce counterfeiting in industries and enable logistics. Design packaging comes as a tool to win over consumers as adults for the elderly, children and people with special needs are. The security packages came up with the counterfeits in the market, violations of products. Then each of these areas can have innovations in incremental burst as the case may be. The areas of Nanotechnology, RF, packaging design and safety innovations in packaging are promising for the packaging system.

**Keywords:** Packaging System. Innovations. Nanotechnology. Radiofrequency. Packaging Design. Security Packaging.

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

FIGURA 1	REPRESENTAÇÃO DO SISTEMA DE EMBALAGENS .....	16
FIGURA 2	CAMPOS DE AÇÃO DA INOVAÇÃO .....	19
FIGURA 3	IMPACTO DA INOVAÇÃO .....	20
FIGURA 4	NANOCOMPÓSITO .....	32
FIGURA 5	NANOARGILAS PARA MELHORAR BARREIRA DE O <sub>2</sub> EM GARRAFAS PET DE CERVEJAS .....	34
FIGURA 6	NANOFIBRAS DE CELULOSE, NANOARGILAS .....	34
FIGURA 7	BANDEJAS PLÁSTICAS COM NANOESFERAS DE PRATA ..	34
FIGURA 8	ETAPAS DE DETERIORAÇÃO DE BEBIDAS .....	35
FIGURA 9	LIBERAÇÃO DE CONSERVANTES CONTROLADOS POR CHAVE BIOLÓGICA NANOESTRUTURA .....	41
FIGURA 10	INDICADOR NANOCRISTALINO .....	46
FIGURA 11	DESIGN DE EMBALAGENS – LEITE MOÇA .....	56
FIGURA 12	AS RELAÇÕES DO DESIGN DE EMBALAGENS .....	58
FIGURA 13	OS FUNDAMENTOS DA EMBALAGEM .....	58
FIGURA 14	SACOLAS BIODEGRADÁVEIS DE SUPERMERCADO .....	61
FIGURA 15	LEITURA DE DADOS .....	62
FIGURA 16	EMBALAGENS COMO FUNÇÃO DE TRANSPORTE .....	63
FIGURA 17	EMBALAGENS AUTOMODELÁVEIS .....	64
FIGURA 18	MARMITA NANOTECNOLÓGICA .....	65

## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1	INOVAÇÃO RADICAL VS. INOVAÇÃO INCREMENTAL DIFERENÇAS TRADICIONALMENTE DESCritAS NA LITERATURA SOBRE INOVAÇÃO .....	22
TABELA 2	CONCEITOS DE INOVAÇÃO INCREMENTAL E DISRUPTIVA .....	23
TABELA 3	CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS NANOESCALARES .....	29
TABELA 4	APLICAÇÕES DE NANOCOMPÓSITOS PARA EMBALAGENS .....	38

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO .....</b>	<b>13</b>
2.1	OBJETIVO PRINCIPAL .....	13
2.2	JUSTIFICATIVA .....	13
2.3	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA .....	14
2.4	QUESTÃO CENTRAL .....	14
2.5	CONTRIBUIÇÃO DO TRABALHO .....	14
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>15</b>
3.1	SISTEMAS DE EMBALAGENS .....	15
3.2	INOVAÇÃO .....	18
3.2.1	<b>Inovação Radical ou de Ruptura .....</b>	<b>25</b>
3.2.2	<b>Inovação Incremental .....</b>	<b>26</b>
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>28</b>
4.1	NANOTECNOLOGIA .....	28
4.1.1	<b>Histórico da Nanotecnologia .....</b>	<b>28</b>
4.1.2	<b>Conceitos da Nanotecnologia .....</b>	<b>29</b>
4.1.3	<b>Vocabulário da Nanotecnologia .....</b>	<b>30</b>
4.1.4	<b>Áreas da Nanotecnologia .....</b>	<b>31</b>
4.1.5	<b>Ciência dos Materiais .....</b>	<b>31</b>
4.1.6	<b>A Nanotecnologia e as Embalagens .....</b>	<b>33</b>
4.1.7	<b>Aplicações de Nanocompósitos .....</b>	<b>35</b>
4.1.8	<b>Relato de Casos .....</b>	<b>37</b>
4.1.8.1	Bayer .....	37
4.1.8.2	Honeywell Engineering .....	39
4.1.8.3	Triton .....	40
4.1.8.4	Nanocor .....	42
4.1.8.5	Clemson University .....	42
4.1.9	<b>Aplicação para Alimentos .....</b>	<b>43</b>
4.1.10	<b>Aplicação em Etiquetas e Traçadores .....</b>	<b>44</b>
4.1.11	<b>Embalagens e Nanossensores .....</b>	<b>46</b>
4.1.12	<b>Inovação de Ruptura ou Incremental .....</b>	<b>48</b>
4.2	RADIOREQÜÊNCIA – ERA DA ETIQUETA INTELIGENTE .....	48
4.2.1	<b>Histórico da Radiofreqüência.....</b>	<b>48</b>
4.2.2	<b>Conceito da Radiofreqüência.....</b>	<b>49</b>
4.2.3	<b>Aplicações da Radiofreqüência .....</b>	<b>50</b>
4.2.3.1	Supermercados.....	50
4.2.3.2	Maquinários .....	51
4.2.3.3	Etiquetagem Individual .....	52
4.1.13	<b>Inovação de Ruptura ou Incremental .....</b>	<b>54</b>
4.3	DESIGN DE EMBALAGENS .....	54
4.3.1	<b>Histórico das Embalagens .....</b>	<b>54</b>
4.3.2	<b>Conceito das Embalagens .....</b>	<b>55</b>
4.3.3	<b>Fundamentos do <i>Design</i> de Embalagens .....</b>	<b>57</b>
4.3.4	<b>Aplicação – Desenhando o Futuro das Embalagens .....</b>	<b>59</b>
4.3.5	<b>Inovação de Ruptura ou Incremental .....</b>	<b>68</b>
4.4	SEGURANÇA DE EMBALAGENS .....	68
4.4.1	<b>Histórico da Segurança de Embalagens .....</b>	<b>68</b>

<b>4.4.2</b>	<b>Conceitos de Segurança de Embalagens .....</b>	<b>69</b>
<b>4.4.3</b>	<b>Aplicações de Segurança de Embalagens .....</b>	<b>69</b>
<b>4.4.4</b>	<b>Inovações de Ruptura e Incremental .....</b>	<b>73</b>
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>75</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>77</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>79</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Devido ao grande desenvolvimento do mundo e com o intuito de manter um mercado competitivo, pesquisas estão sendo feitas para tornar as embalagens mais sustentáveis, econômicas, ergonômicas, criativas e que quebrem paradigmas.

A vida das pessoas hoje é muito dinâmica, comparada com alguns anos atrás. A rapidez das mudanças faz com que o ser humano seja ágil e que esteja sempre atualizado. Para acompanhar o ritmo desta massa evolutiva, a inovação é o ponto chave para não se perder nesta jornada. Muitas pesquisas estão sendo desenvolvidas no sistema de embalagens. Não só na produção das embalagens, mas em toda a cadeia.

A nanotecnologia está desenvolvendo várias pesquisas para melhorar as propriedades dos materiais para que os produtos desacelerem a deterioração. E mais, desenvolvendo materiais para que as embalagens avisem quando os produtos como alimentos ou bebidas estejam em deterioração. Mas até o momento, o maior desafio é produzir em escala industrial e minimizar os custos com matéria-prima. Quando estes estudos saírem do laboratório para escala industrial serão inovações de ruptura, ou seja, quebrarão paradigmas do mercado, mudando até comportamentos.

A logística no sistema de embalagem já está sendo beneficiada e poderá se tornar melhor com rastreabilidade através da radiofrequência, por exemplo. Outro benefício é o sistema de leitura de códigos de barras que poderão diminuir as filas em supermercados. Sempre trazendo inovações tanto de ruptura quanto incremental, dependendo do caso.

O *design* é importantíssimo para que se dê forma aos produtos nas embalagens. Este é um ramo que trabalha muito com a inovação incremental, pois há sempre melhoria nos produtos que já existem. Há também inovações de ruptura, porém para este tipo de desenvolvimento requer um investimento bem forte e sem garantias de retorno.

A segurança de embalagens para evitar fraudes, principalmente no ramo farmacêutico tão afetado com esse tipo de delito. A segurança de embalagens traz inovações tanto de ruptura como incremental.

Estas tecnologias irão trazer inovações tanto de ruptura como incremental, dependendo do caso, porém o importante é se ter um desenho do futuro.

## 2 OBJETIVO

### 2.1 OBJETIVO PRINCIPAL

Descrever o histórico, conceitos, aplicação nas áreas de nanotecnologia, radiofrequência, *design* e segurança e que tipo de inovação, incremental ou de ruptura, estão no sistema de embalagens.

### 2.2 JUSTIFICATIVA

O setor de embalagens movimenta anualmente 500 bilhões de dólares no mundo, segundo Gasparin (2010) e a estimativa de investimentos em pesquisa nas áreas de tecnologia como a nanotecnologia movimenta 385 milhões de dólares, Moore (2009). Com estes investimentos a evolução da tecnologia vem oferecendo novas opções de materiais de embalagens. Em 2015, estima-se que os investimentos na área da nanotecnologia ficarão em torno de 1 trilhão de dólares, Moore (2009).

Em 2010, a radiofrequência (RFID) movimentou 3 bilhões de dólares no mundo, segundo Stamford (2012) e tem sido impulsionada pela logística e por novas aplicações em vários setores, como saúde, indústria alimentícia, entretenimento, transportes, varejo, agronegócio, petróleo, gás etc.

Com estes investimentos, nas áreas de nanotecnologia e radiofrequência que são tecnologias que fazem parte da inovação de ruptura, o retorno é garantido. Já o *design* de embalagens pode trabalhar tanto com a inovação de ruptura como incremental, assim como segurança em embalagens.

Com este estudo pode-se saber quais as pesquisas estão em andamento e se são inovações de ruptura ou incremental.

### 2.3 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

As tecnologias são importantes para o desenvolvimento de novos produtos, que movimentam o mercado de embalagens. Descrever as pesquisas e as inovações, sendo de ruptura ou incremental, dá uma visão ampla de como estará o mercado em médio e longo prazo.

### 2.4 QUESTÃO CENTRAL

Quando se reconhece o tipo de inovação, radical ou incremental, isto pode gerar consequências competitivas grandes ou requerem diferentes focos para que sejam introduzidas?

### 2.5 CONTRIBUIÇÃO DO TRABALHO

A contribuição deste trabalho foi demonstrar algumas pesquisas e como elas irão inovar as quatro tecnologias apresentadas.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 SISTEMAS DE EMBALAGENS**

Desde os mais remotos tempos, o homem teve necessidade de proteger e transportar os produtos. As primeiras embalagens surgiram há mais de 10.000 anos e serviam como simples recipientes para beber ou estocar (ABRE, 2004). Depois veio a comercialização, onde foi agregado o transporte e assim começou o ciclo que se chama sistema de embalagens (SE).

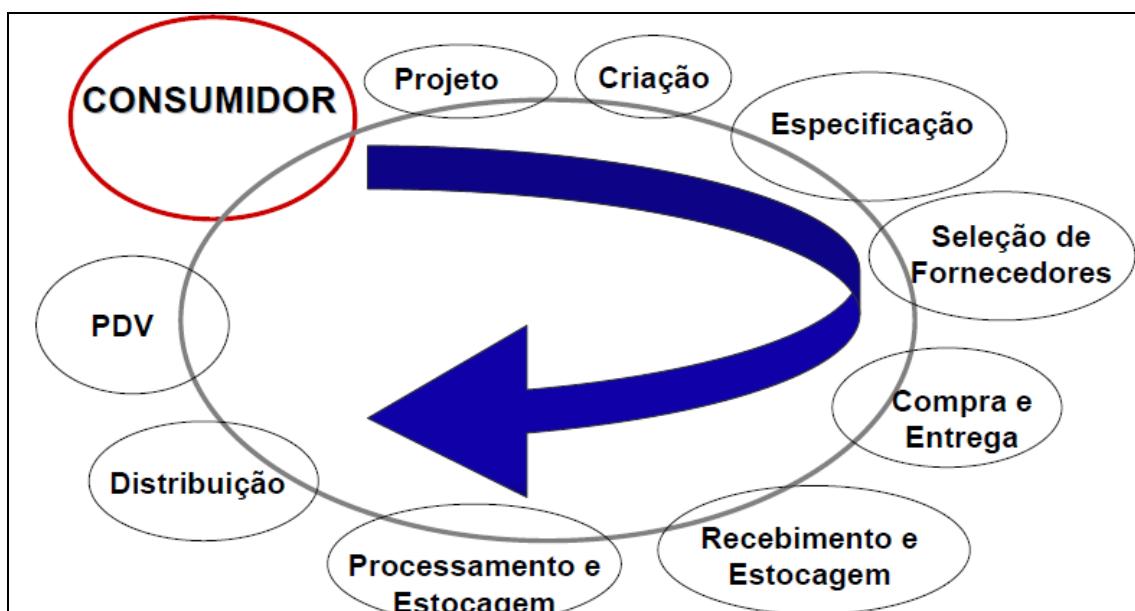
Após a Segunda Guerra Mundial, os produtos já eram comercializados nos supermercados, onde o comportamento das pessoas também abria espaço para tal evento. À medida que as cidades expandiam, as embalagens também se posicionavam de forma a acompanhar o comportamento das pessoas. A evolução dos meios transportes, da comunicação, a expansão das cidades e o êxodo rural foram cruciais para o aumento do consumo de alimentos industrializados, (CAVALCANTI e CHAGAS, 2006).

O sistema de embalagens além da rápida evolução teve inovações, reengenharias, adaptações e foi ganhando cada vez mais espaço e importância no mercado, pois é alimentado pelas necessidades do mercado/consumidor, inovações tecnológicas e incertezas econômicas.

As embalagens apresentam uma ampla variedade de formas, modelos e materiais, e fazem parte de nossa vida diária de diversas maneiras, algumas reconhecidas coincidentemente, outras de influência bem sutil, todas, porém, proporcionando benefícios que justificam a sua existência. O produto e a embalagem estão se tornando tão inter-relacionados que já não podemos considerar um sem o outro. O produto não pode ser planejado separado da embalagem, marketing, comunicação, legislação e economia. Além de evitar falhas, o planejamento permite à empresa a se beneficiar de fatores de redução de custos, através da adequação da embalagem quanto a tarifas de frete, dimensionamento apropriado para o manuseio, movimentação e trans porte. (MOURA E BANZATO, 1990, vol II).

O sistema de embalagens (SE) é um sistema complexo e multidisciplinar (MESTRINER, 2007) onde vários processos são incorporados a um produto. A embalagem não é apenas um item, mas sim parte de um sistema; um conjunto de fatores que reunidos e se interpolando, sobrepondo, interagindo, partindo do entendimento das demandas do consumidor e visando entregar a ele o produto que mais se adeque estética, funcional e economicamente às suas necessidades e respeitando a ética e o meio ambiente (CABRAL, 2007). Em resumo, o objetivo de um SE é focar no que é, o que faz movimentar o SE e disponibilizar produtos condizentes com esse entendimento, conforme esquematizado na Figura 1.

FIGURA 1 – REPRESENTAÇÃO DO SISTEMA DE EMBALAGENS



FONTE – CABRAL, 2007

Segundo Mestriner (2007), a Gestão Estratégica da Embalagem é entendida desde a extração da matéria-prima até sua estratégia de mercado, e para ser enxuto, o sistema deve fazer mais com menos, ou seja, deve ser um sistema com baixo custo, o mais otimizado possível. (MORGAN & LIKER, 2008).

Então é possível afirmar que o ambiente externo relevante da organização do SE envolve o mercado consumidor e as empresas chamadas concorrentes, às quais se propõe atender o mesmo mercado com o mesmo tipo de embalagem e/ou produto.

A indústria de embalagens é muito dinâmica e com o avanço tecnológico, novos materiais, melhorias em processo e desenvolvimento de máquinas mais eficientes desenham um futuro promissor para esta área, salientando que o dinamismo é impulsionado pelas mudanças demográficas, mudanças no gosto do consumidor, mudanças no mercado e novas tecnologias.

Algumas mudanças demográficas que estão promovendo o uso de novos tipos de embalagens são:

- Menos filhos nas famílias;
- Constituição de famílias nucleares (de uma só pessoa);
- Refeição solitária;
- Casais que ambos trabalham;
- Menos tempo para preparar alimentos;
- Consumo de alimentos saudáveis;
- Consumidores de terceira idade com um potencial.

Para este perfil de mercado, os convertedores estão desenvolvendo embalagens que oferecem vantagens adequadas aos novos estilos de vida, como:

- Porções Menores – embalagens que contêm quantidade para consumo unitário. Isso reflete nas porções que encontramos à venda nos supermercados, e na indústria de cuidado pessoal e de cosméticos. Na indústria farmacêutica, surge a dose exata do medicamento a ser consumido;
- Embalagens que podem ser fechadas novamente – permitem que o produto possa ser conservado e consumido quando o consumidor o queira novamente;

- Facilidade de abertura e instruções claras – produtos para todas as idades, como as embalagens de fácil abertura tanto por crianças como por adultos da terceira idade. Instruções de uso devem facilitar o uso do produto para as pessoas com limitações físicas também;
- Segurança – embalagens que evidenciam a abertura ou a violação de fechamento e etiquetas que indicam a validade do produto.

Com todas estas mudanças comportamentais, logísticas e econômicas o sistema de embalagens vive de novas tecnologias. Por este motivo a pesquisa em áreas como a nanotecnologia, radiofrequência, *design* e segurança de embalagens são tão importantes.

### 3.2 INOVAÇÃO

A inovação, hoje, no âmbito das organizações empresariais tornou-se mais que necessária, é uma questão de sobrevivência. No atual cenário econômico, onde a competitividade é um dos fatores que mais impulsiona a inovação, os investimentos em novas tecnologias é ponto forte.

A palavra inovação se refere a fazer algo novo, porém é diferente de termos como invenção ou criatividade. Diferentemente da invenção, a inovação deve necessariamente gerar algum impacto econômico (SCHUMPETER, 1985). Ainda pode-se dizer que é novidade ou renovação. Atualmente, inovação é uma palavra que significa ideias, invenções, quebra de paradigmas, melhorias, enfim tudo que agregue valor.

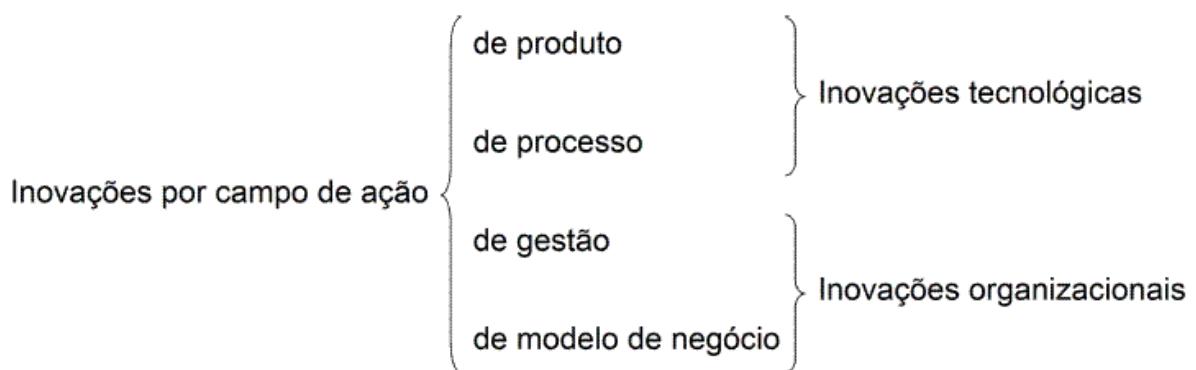
Inovação não é apenas fazer coisas diferentes, mas, também, fazer as mesmas coisas de formas diferentes, criando, como refere Drucker (2002, p. 211), novos potenciais de satisfação. Em embalagens, as inovações são ferramentas poderosas de marketing. Essas inovações podem sair de pesquisas avançadas ou de ideias e soluções simples.

A inovação vem sendo classificada sob dois diferentes aspectos: dimensão e o impacto, onde o primeiro aspecto está relacionado a uma visão mais holística do

termo inovação, podendo acontecer em diferentes áreas da organização, com diferentes perspectivas. Costuma se pensar em inovação apenas no desenvolvimento de um novo produto, porém esta pode surgir dentro de diferentes campos de ação (KNOP, 2008).

A Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 1992) define a inovação dentro de quatro campos de ação: produto, processo, gestão e modelo de negócios. Estas quatro dimensões podem ser agrupadas em duas: inovações tecnológicas e inovações organizacionais, conforme demonstrado na Figura 2.

FIGURA 2 – CAMPOS DE AÇÃO DA INOVAÇÃO

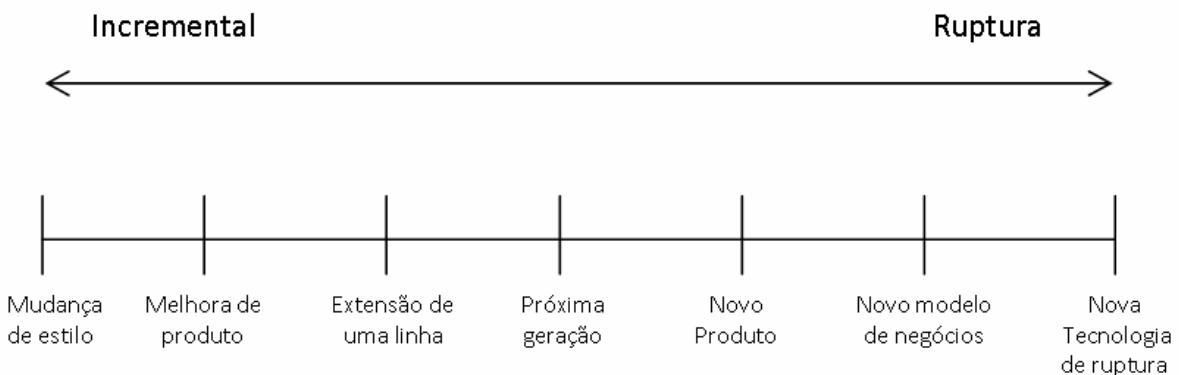


FONTE - KNOP, 2008

Gopalakrishnan e Damanpour (1997) descrevem que dependendo do grau de inovação, esta pode ser radical ou incremental.

Existem dois extremos da inovação. A incremental, evolucionária ou contínua fica de um lado e do outro lado fica a inovação de ruptura, revolucionária ou descontínua, representada pela Figura 3.

FIGURA 3 – IMPACTO DA INOVAÇÃO



FONTE - GALBRAITH, 1992

À medida que se desloca neste eixo de classificação da inovação, em direção à inovação de ruptura, esta está associada à exploração para investigação. Já naque se encontra na outra extremidade, as características vão se tornando opostas. Inovações incrementais estão associadas à exploração para se tirar proveito.

A inovação de ruptura visa grandes esforços e melhoria de desempenho sem precedentes. Está ligada à investigação que gera variação e divergência de ideias, onde o retorno é incerto.

A inovação incremental é um pouco mais fácil, pois utiliza uma estrutura já montada, com conhecimentos consolidados e mercados já existentes. Não haverá mudança no escopo do negócio, na estratégia da organização ou na infraestrutura da indústria.

Segundo Christensen (2001), ainda existe a inovação de disruptura, que se refere ao impacto da inovação e refere-se ao nível de mudança causada pela inovação.

Para Simantob (2003), há dois tipos de inovação, a inovação radical que busca a ruptura e quebra paradigmas e a inovação incremental ou melhoria contínua: busca o aperfeiçoamento constante e gradual.

Essas são as conceituações de inovação incremental e inovação de ruptura utilizadas no desenvolvimento teórico do trabalho. A atividade de inovação tem uma participação primordial na área funcional de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) de qualquer organização, tendo diferentes papéis, dependendo de cada fase de desenvolvimento da nova tecnologia.

Essas inovações são importantes para o mercado, pois os produtos e serviços disponibilizados para os consumidores devem constantemente estar em evolução para torná-los cada vez mais atrativos. O que faz mover o mercado são as oportunidades de melhoria e produtos cada vez mais inovadores do mercado.

As diferenças podem ser vistas na Tabela 1, onde o que distingue uma inovação radical de uma inovação incremental, em relação à trajetória, ao grau de incerteza, risco e retorno potencial em longo prazo; aos recursos humanos e financeiros, à base de conhecimento, aos desafios gerenciais e mercadológicos enfrentados pelas empresas, impacto na estrutura da indústria, entre outras perspectivas, que apresentam maior complexidade quando se tratam de inovações radicais.

TABELA 1 - INOVAÇÃO RADICAL VS. INOVAÇÃO INCREMENTAL DIFERENÇAS  
TRADICIONALMENTE DESCRITAS NA LITERATURA SOBRE INOVAÇÃO

INOVAÇÃO RADICAL	INOVAÇÃO INCREMENTAL
Trajetória descontínua	Trajetória contínua
Alto grau de incerteza – tecnológico, mercadológico, organizacional, de recursos;	Baixo grau de incerteza – tecnológico, mercadológico, organizacional, de recursos;
Investiga tecnologias novas;	Utiliza tecnologias existentes;
Foco em produtos, processos e serviços com características de desempenho sem precedentes;	Foco em custo ou melhoria nas características de produtos, processos e serviços já existentes;
Cria mudança drástica que transforma mercados ou indústrias existentes ou cria novos mercados ou indústrias;	Melhora a posição competitiva da organização no âmbito de mercados ou indústrias em que já atua;
Projeto de longo prazo – mais de 10 anos;	Projeto de curto prazo – até 2 anos;
Requer a existência de capacidades tecnológicas superiores, baseadas na aprendizagem;	Prescinde da existência de capacidades tecnológicas superiores, baseadas na aprendizagem;
Decorrente de atividades formais de P&D.	Decorrente de atividades de diferentes unidades organizacionais, com ou sem envolvimento de P&D.

FONTE - VIEGAS, 2011

Um exemplo de inovação, segundo Comissão Européia (1996), foi a do Relógio *Swatch*, que teve quatro inovações simultâneas:

- A concepção – redução de peças;
- A produção – montagem da caixa numa só peça;
- O design – novo conceito de apresentação dos relógios;
- A distribuição – pontos de venda não especializados.

Este exemplo pode levar à conclusão que conforme descrito na Tabela 1: a redução de peças e a produção estão com foco em custo ou melhoria nas características de produtos e processos; novo conceito de apresentação dos relógios leva a dois caminhos, ou novos investimentos em equipamentos ou a melhoria dos já existentes que é mais provável e os pontos de venda não

especializados podem ser decorrentes de atividades de diferentes unidades organizacionais, com ou sem envolvimento de P&D, levando ao desfecho de ser uma inovação incremental, porém é apenas uma reflexão, pois não há informações suficientes para uma conclusão definitiva.

Christensen (2001) estuda as razões das dificuldades de grandes empresas sobreviverem ao longo do tempo. O autor afirma que, quando as melhores empresas obtêm sucesso, foi porque estabeleceram um canal de comunicação eficiente com seus clientes e investiram fortemente em tecnologia, e que, normalmente, quando essas empresas fracassam posteriormente, são pelas mesmas razões. Por trás desse aparente paradoxo, estão os conceitos de inovação disruptiva, (termo foi criado por Clayton M. Christensen e introduzido em seu artigo de 1995, "Disruptive Technologies: Catching the Wave", que possui co-autoria com Joseph Bower) e inovação incremental. As diferenças entre a inovação incremental e disruptiva estão indicadas na Tabela 2.

TABELA 2 – CONCEITOS DE INOVAÇÃO INCREMENTAL E DISRUPTIVA

Inovação incremental	Inovação disruptiva
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Melhora a performance de um produto.</li> <li>- É o tipo de inovação com as quais as grandes empresas têm mais contato.</li> <li>- Envolve melhorar um produto com uma posição de mercado já estabelecida.</li> <li>- As estratégias de inovação das grandes empresas normalmente são balizadas pelos desafios em realizar inovações incrementais. A maioria dos recursos de P&amp;D são alocados no desenvolvimento desse tipo de inovação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redefine os paradigmas de um setor, não depende necessariamente da complexidade tecnológica envolvida.</li> <li>- Grandes empresas costumam ter dificuldades em lidar com ela. Normalmente são menosprezadas, pois apresentam uma performance inferior e um custo superior no início do seu desenvolvimento.</li> <li>- Ocorre mais raramente em um determinado setor, mas quando ocorre, pode derrubar grandes corporações de sucesso que se preocupam apenas com inovações incrementais.</li> <li>- Costuma favorecer novos entrantes em uma determinada indústria em detrimento dos players já estabelecidos.</li> </ul>

FONTE - CHRISTENSEN (2001)

Conforme Christensen (2001), as principais razões para o fracasso de grandes empresas normalmente se relaciona com a ocorrência de uma inovação disruptiva no mercado em que atuam. Esse tipo de inovação, muitas vezes, é introduzido por um novo entrante no mercado, tornando obsoleta toda a estrutura que sustentava a liderança da empresa dominante até aquele momento.

As principais razões para que grandes empresas tenham dificuldade a se adequarem ao aparecimento de inovações disruptivas em seus mercados são:

- Relação custo/benefício pouco atraente, no princípio, por isso são restritas a nichos bastante específicos;
- Processos e procedimentos há necessidade de flexibilidade de adaptação a tecnologias disruptivas é comprometida;
- Traçar as diretrizes de P&D apenas a partir de consultas à sua base estabelecida de clientes. Os atuais clientes de uma empresa frequentemente demandam novas versões e melhorias dos produtos que usam e conhecem, e não tecnologias completamente novas;
- Grandes empresas tomam decisões estratégicas baseadas na sua posição na cadeia de valor, ou seja, analisam apenas o mercado no qual estão inseridas em seu contexto atual. Sendo que este pode ser radicalmente alterado com o aparecimento de uma inovação disruptiva;
- Algumas ferramentas de análise financeira descartam iniciativas por conta de seus prováveis resultados. Comparam, frequentemente, a taxa interna de retorno (TIR) de novos investimentos com a manutenção do atual nível de atividade, o que quase sempre resulta no engavetamento de projetos mais ousados.

Pode se concluir que a inovação é um processo estratégico da mais alta importância e que para gerar os resultados a que se propõe, pode exigir que a organização assuma novos e diferentes formatos, não apenas físicos, mas principalmente, conceituais.

A inovação de produto e de processo são diferentes, pois a de produto traz benefícios para os clientes e a de processo auxilia na criação ou na produção.

No sistema de embalagens pode se dizer que mecanismos de abertura e fechamento, desenvolvimento de materiais, pigmentos, texturas, linguagens, abordagens visuais, leitura de código de barras, etiquetas, identificação de mudanças em alimentos apontando a deterioração, embalagens ativas, inteligentes, tudo isso e muito mais estão dentro do universo das embalagens como inovações.

### **3.2.1 Inovação Radical ou de Ruptura**

Grandes impactos na economia e na sociedade ocorrem com a chegada de uma inovação radical, por exemplo, máquina a vapor no século XVIII ou a microeletrônica, a partir da década de 1950. Estas e algumas outras inovações radicais impulsionaram a formação de padrões de crescimento, com a conformação de paradigmas tecno-econômicos. Freeman, (1988).

GARCIA E CALANTONE (2002) definem “inovação radical ou ruptura como uma inovação que se baseia em uma novidade tecnológica ou mercadológica, uma quebra de paradigma, que leva à criação de um novo mercado, podendo ou não acarretar a descontinuidade do mercado existente”.

A inovação radical produz mudanças fundamentais, onde exige um esforço alto e visa uma melhoria de desempenho sem precedentes. Esta inovação está ligada à investigação, que gera variação e divergência de ideias. As tarefas a serem executadas para alcançar esta inovação são imprevisíveis e a forma de implementação é ainda desconhecida. Assim, fica extremamente difícil estimar o esforço e tempo necessários, tornando-se improvável um rápido retorno dos investimentos. O investimento para a geração de inovação de ruptura está associado a um risco, o qual é muito maior do que o risco associado ao investimento em inovação incremental. Isto se dá, devido ao caráter imprevisível e incerto das atividades relacionadas à investigação e busca.

Tipicamente, os princípios que regem as tecnologias de rupturas são os seguintes, segundo Christensen (2001):

- As empresas dependem de clientes e investidores para obter recursos;

- Pequenos mercados não resolvem as necessidades de crescimento de grandes empresas;
- Mercados que não existem não podem ser analisados;
- Fornecimento de tecnologia pode não se igualar à procura do mercado.

Assim, este autor orienta os executivos que enfrentam as tecnologias de ruptura a seguirem os seguintes conselhos:

- Dar a responsabilidade das tecnologias de ruptura às organizações cujos clientes necessitam delas para fazer fluir os recursos;
- Criar uma organização diferente, pequena o bastante para entusiasmar-se com ganhos modestos;
- Planejar considerando a possibilidade de fracasso. Pensar sobre os esforços iniciais em comercializar uma nova tecnologia de ruptura como oportunidade de aprendizagem e garantir que esse aprendizado seja assimilado pela base de conhecimento da empresa.

A inovação de ruptura ocorre com uma disruptura de um ciclo de convergências criada pela inovação incremental (ABERNATHY; UTTERBACK, 1988). Os pressupostos adquiridos até o momento perdem sua validade e uma onda nova de tecnologia, conhecimentos e produtos/serviços é iniciada. O sucesso é difícil de ser obtido nas inovações radicais por consistir em uma mudança profunda, sistemática e fundamental, necessitando uma reestruturação organizacional, da indústria e nos consumidores. Apesar do elevado risco, essa é uma atividade indispensável para uma organização de alta tecnologia e que pode oferecer uma importante vantagem competitiva.

### **3.2.2 Inovação Incremental**

Inovação incremental ou inovação por processo de melhoria contínua caracteriza-se por uma busca de aperfeiçoamento constante e gradual. Geralmente, as empresas bem geridas são excelentes no desenvolvimento das tecnologias incrementais, melhorando o desempenho dos seus produtos fazendo a diferença junto aos seus clientes. Este fato, habitualmente, ocorre porque suas práticas de

gestão estão baseadas em alguns princípios, que segundo Christensen (2001): “Empresas bem administradas são excelentes no desenvolvimento das tecnologias incrementais, que melhoram o desempenho de seus produtos nas formas que importam aos seus clientes.” Isso ocorre porque suas práticas administrativas estão baseadas em:

- "Ouvir" os clientes;
- Investir agressivamente em tecnologias que ofereçam àqueles clientes real satisfação das suas necessidades;
- Procurar margens mais altas;
- Focalizar os mercados maiores ao invés dos menores.

Este tipo de estratégia empresarial baseada na inovação incremental ou de melhoria contínua permite às empresas que a praticam, relativamente aos seus pares, praticar margens mais elevadas, pois o novo produto incorpora alguns novos elementos em relação ao anterior, sem que, no entanto, sejam alteradas as funções básicas do produto. É uma mudança que exige um esforço relativamente baixo, visando uma pequena melhoria de desempenho. Este tipo de inovação está relacionado a um refinamento e convergência de ideias, devido ao resultado e à forma de implementação desta inovação ser relativamente previsível, é possível estimar o esforço e tempo necessários para executá-la. Desta forma, fica viável pensar em resultados rápidos e eficiência.

As inovações incrementais são aquelas construídas sobre a infraestrutura já estabelecida. Nessas inovações são utilizados os conhecimentos já existentes, normalmente conhecimentos explícitos, e em mercados já existentes. Não há, portanto, a tentativa de mudança no escopo do negócio, na estratégia da organização ou na estrutura da indústria, pois os pressupostos já estabelecidos continuam os mesmos após a inovação.

Inovação incremental poderia ser definida como a inovação que incorpora melhoramentos, seja em incrementar as características técnicas, *design* diferente, melhoria de custos, novas utilizações a produtos e processos preexistentes.

## 4 DESENVOLVIMENTO

### 4.1 NANOTECNOLOGIA

#### 4.1.1 Histórico da Nanotecnologia

A nanotecnologia irá revolucionar a fabricação de embalagens plásticas. É a ciência que manipula átomos e moléculas, e que levará o mundo à nanoera. A nanotecnologia é um ramo de pesquisa tecnológica muito nova, apesar de pesquisas já estarem em andamento por mais de 20 anos, principalmente no meio acadêmico.

As realizações comerciais são poucas e o desafio é grande. Algumas transferências do laboratório para o mercado já aconteceram, porém os nano produtos disponíveis no mercado são utilizados por pesquisadores em projetos de nanotecnologia. Uma das principais barreiras é tirar do laboratório e colocar em escala produtiva, sem contar com o custo dos materiais, porém à medida que as pesquisas a tendência é a de custo decrescente.

Dominar a nanotecnologia é o principal desafio devido ao comportamento das partículas em escala nanométrica que é o diferencial. O físico Richard Feynmann, em 1959, começou a discutir a nanotecnologia, mas os avanços em aplicações só começaram na década de 80 com microscópios especiais (MOORE, 2009).

A 11<sup>a</sup> Conferência Internacional de Pesos e Medidas deliberou, em 1960, chamar nano ao milésimo do milionésimo. Assim o nanômetro é um milésimo do milionésimo do metro, que por sua vez é um micrómetro (antigamente, chamado “mícron”). (FIOLHAIS, 2007).

Segundo MOORE (2009), “No momento, o mercado da nanotecnologia é pequeno, porém está crescendo com rapidez. Estimativas de US\$385 milhões por ano nos EUA e em 2015, de US\$ 1 trilhão”.

As áreas de atuação da nanotecnologia abrangem a eletrônica e a tecnologia da informação, meio ambiente e energia, materiais avançados, ferramentas de Pesquisa e Desenvolvimento de embalagens. Em embalagens para alimentos ainda é embrionária. As principais preocupações vêm da falta de conhecimento sobre as interações entre os materiais que empregam a nanotecnologia nos níveis molecular ou fisiológico e seus possíveis efeitos e impactos sobre a saúde do consumidor e o meio ambiente.

#### **4.1.2 Conceitos da Nanotecnologia**

A nanotecnologia é a nanociência aplicada, avançada à medida que a Física, Química, Computação e Biologia aplicam os desenvolvimentos nesta área. “Nano” significa “anão”, palavra de origem grega. Logo, a nanotecnologia desenvolve materiais de escalas nanométricas entre 0,1 a 100 nanômetros.

Segundo MOORE (2009), Albert Franks, promotor das aplicações industriais da nanotecnologia define “área da ciência e da tecnologia em que dimensões e tolerâncias no intervalo de 0,1 nm até 100 nm têm papel crítico” e para Paul Holister “controle de propriedades físicas a partir da definição da matéria com precisão molecular”.

As características dos materiais nanoescalares estão descritos na Tabela 3:

TABELA 3 - CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS NANOESCALARES

Tamanho	$10^{-8}$ m
Área	$10^{-16}$ m <sup>2</sup>
Volume	$10^{-24}$ m <sup>2</sup>
Massa	$10^{-21}$ m <sup>2</sup>
Área Superficial Específica	$10^{-5}$ m <sup>2</sup>
% Sítios quimicamente ligantes na superfície	20-50%
Energia Livre de Gibbs Grande	Fácil sintetização/fácil dissolução
Possíveis efeitos quânticos de tamanho	

A nanociência é uma convergência da física, da química e da biologia que trata da manipulação e da caracterização da matéria com dimensões entre a escala molecular e a microescala. Segundo MOORE (2009), “A nanotecnologia é uma engenharia emergente que aplica métodos da nanociência para criar produtos.”

A meta da nanociência e da nanotecnologia é dominar parte, pequena que seja, do virtuosismo da natureza na organização da matéria, átomo por átomo, molécula por molécula. Esses dois neologismos derivam de nano, prefixo usado na ciência para designar um bilionésimo. (CHAVES, 2002).

#### 4.1.3 Vocabulário da Nanotecnologia

As técnicas para criação de nanoestruturas com vários níveis de qualidade, velocidade e custos são conhecidos com nanotecnologia *bottom-up* (de baixo para cima) e nanotecnologia *top-down* (de cima para baixo).

A nanotecnologia *bottom-up* (de baixo para cima) indica procedimentos que se iniciam com pequenos componentes – quase sempre moléculas individuais – montados para produzir a estrutura desejada, por exemplo, automontagem. Essa técnica, “*bottom-up*”, proporciona a construção de estruturas átomo por átomo ou molécula por molécula mediante as alternativas:

- Síntese química (*chemical synthesis*), em geral utilizada para produzir matérias-primas, nas quais são utilizadas moléculas ou partículas nano;
- Auto-organização (*self assembly*), técnica na qual os átomos ou moléculas organizam-se de forma autônoma por meio de interações físicas ou químicas construindo assim nanoestruturas ordenadas. Diversos sais em formas de cristais são obtidos por esta técnica;
- Organização determinada (*positional assembly*). Neste caso, átomos e moléculas são deliberadamente manipulados e colocados em determinada ordem, um a um.

Nanotecnologia *top-down* (de cima para baixo), ou miniaturização, é o oposto. Estruturas são criadas por técnicas mecânicas e de gravação, tem como objetivo reproduzir algo, porém em menor escala que o original e com maior capacidade de processamento de informações, como em um chip por exemplo.

Segundo MOORE (2009), “Isso é uma extensão natural dos métodos atuais da microeletrônica, em que estruturas com dimensões limitadas são criadas por deposição de filmes muito finos de material, retirados quimicamente das regiões não desejadas.”

#### 4.1.4 Áreas da Nanotecnologia

Conforme Moore (2009), as principais áreas da nanotecnologia são:

- Biotecnologia: trabalho com replicação de ácido desoxirribonucleico (DNA); síntese de proteínas (efeito Merrifield); complexos organolépticos (citocromos, hemoglobina, clorofila);
- Química dos Polímeros: engenharia molecular de copolímeros (processo Lipacryl da Du Pont para incorporação de nonômeros hidrofóbicos em acrílico usando carregadores de ciclodextrina);
- Pigmentos: mudanças superficiais (modificação de dióxido de titânio, por exemplo, dióxido de alumínio para reduzir a degradação de pintura por luz ultravioleta);
- Microeletrônica: projeto de *chips* e montagem.

#### 4.1.5 Ciência dos Materiais

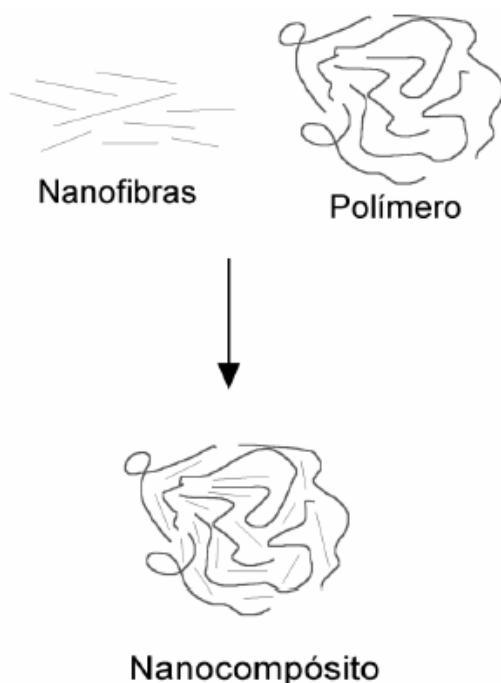
A nanociência está contribuindo com a ciência dos materiais para Moore (2009). As novas formas de carbono descobertas, em 1985, fornecem, hoje, alicerces promissores para a nanotecnologia, pois essas novas formas de carbono são estruturas ordenadas em nanoeescalas.

As nanopartículas possuem grande potencial de aplicação comercial e já influenciam produtos e serviços. Desenvolvimentos ocasionaram a redução das

quantidades de material para a produção de produtos, como, por exemplo, com a melhoria na eficiência de combustíveis para automóveis e aviões.

A introdução de materiais compósitos - nanocompósito, como vidros e plásticos reforçados com carbono, têm contribuído para a melhoria de novos materiais na relação resistência-peso, se comparados aos materiais convencionais. O reforço dado por um dos materiais supre a rigidez e a resistência, enquanto o material matriz, meno rígido, suporta a tensão e reduz o peso. O uso de argilas (quando delaminadas e esfoliadas) como material de reforço já foi desenvolvida e tem aplicações no setor automotivo e na indústria de embalagens. Desenvolvimentos adicionais provavelmente produzirão mais materiais compósitos com funcionalidades novas e otimizadas. Uma aplicação-alvo é em revestimentos impermeáveis para papel e papelão.

FIGURA 4 - NANOCOMPÓSITO



FONTE - MOORE, 2009

#### 4.1.6 A Nanotecnologia e as Embalagens

As embalagens estão mudando constantemente devido à demanda, pois, hoje em dia, o mercado é muito dinâmico e quanto mais praticidade, funcionalidade, melhorias econômicas, atendimento a medidas legislativas e meio ambiente, a embalagem se destaca mais para a venda do produto. A aplicação da nanotecnologia e da nanociência estão auxiliando no desenvolvimento de novas matérias-primas e novas tecnologias em embalagens, que podem ser:

- Utilidade: aumento nas aplicações de embalagens em novas áreas devido a característica/tecnologia melhoradas para embalagens.
- Durabilidade: aumento da durabilidade de materiais e da vida dos produtos.
- Marca Registrada: incorporação de características especiais à embalagem para promover a marca.
- Valor agregado: desenvolvimento de materiais melhores com novas características, produzindo embalagens de melhor valor.

Além destas melhorias, outras melhorias serão trazidas pelo desenvolvimento e pelas aplicações de materiais:

- Melhoria nas propriedades estruturais e térmicas, barreiras e resistência a fogo de muitos plásticos, devido a compósito de nanoargila;
- Melhoria nas propriedades de barreira a oxigênio pelo uso de nanopartículas em polipropileno.

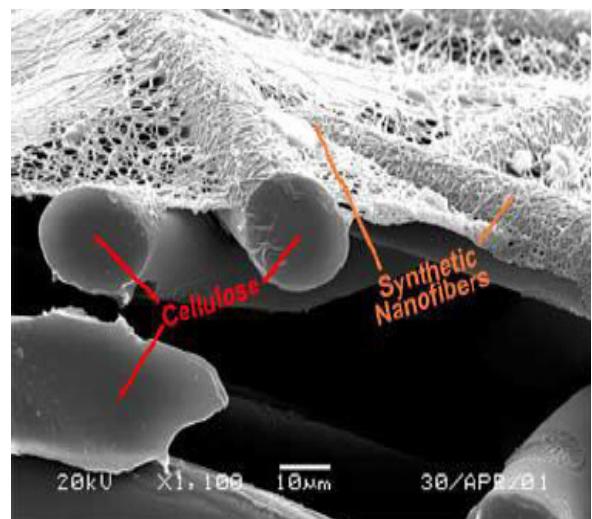
Um dos objetivos da nanotecnologia, também é reduzir o custo de produção, exemplificando, nanofibras de carbono, que necessitam somente de 25% de preenchimento das fibras de carbono para a obtenção da mesma resistência e de 10% para obtenção das mesmas propriedades eletrostáticas.

Algumas nanopartículas são usadas para aumentar a resistência da matriz (polímero), melhorando as propriedades mecânicas e de barreira, melhorando a função de proteção da embalagem.

FIGURA 5 – NANOARGILAS PARA MELHORAR BARREIRA DE O<sub>2</sub> EM GARRAFAS PET DE CERVEJAS



FIGURA 6 – NANOFIBRAS DE CELULOSE, NANOARGILAS



FONTE - NANOTECNOLOGIA APLICADA A EMBALAGENS DE ALIMENTOS, 2011

Algumas nanopartículas podem incorporar à embalagem propriedades ativas (exemplo: antimicrobianas), ajudando assim a proteger o alimento. Ex: nanoesferas de prata, nanopartículas de quitosana.

FIGURA 7 – BANDEJAS PLÁSTICAS COM NANOESFERAS DE PRATA



Sem nanoprata



Com nanoprata

FONTE - NANOTECNOLOGIA APLICADA A EMBALAGENS DE ALIMENTOS, 2011

Algumas nanoestruturas podem reagir com compostos químicos, produzindo, por exemplo, uma mudança de cor, que indica o grau de exposição do alimento a um determinado fator deteriorante. Sensores de níveis de oxigênio: maiores níveis de O<sub>2</sub> produzem cor azul intensificada. Se o produto for oxidável, ele poderá estar deteriorado se a embalagem estiver azul escura, conforme Figura 8.

FIGURA 8 – ETAPAS DE DETERIORAÇÃO DE BEBIDAS



FONTE - NANOTECNOLOGIA APLICADA A EMBALAGENS DE ALIMENTOS, 2011

#### 4.1.7 Aplicações de Nanocompósitos

A geração atual de materiais nanocompósitos demonstra o aumento das características de desempenho de produto, como estabilidade térmica, resistência mecânica, propriedades de barreira ou impermeabilidade.

Segundo MOORE (2009) “Filmes de Poliamidas já foram comercializados com propriedades de barreira a gás devido a aditivos em nanoescala.”

Historicamente, materiais poliméricos eram caracterizados somente por suas propriedades macroscópicas, incluindo módulo de elasticidade, elongação, permeabilidade a gás. Tais polímeros eram homogêneos e não requeriam

caracterização de subestrutura. Avanços em métodos de caracterização de polímeros em nano e microestrutura significaram um avanço na ciência de polímeros.

Materiais nanocompósitos poliméricos são criados por agregados, lamelas e redes de materiais em nanoescala combinados com um polímero. Esses materiais como nanocompósitos de poliamida-6/argilas, podem ter propriedades como alto módulo e baixa permeabilidade. Idealmente, materiais nanocompósitos poliméricos apresentam acentuado aumento em propriedades físicas, com pequenas quantidades do aditivo nanoparticulado.

Nanocompósitos poliméricos têm aspecto único na área de contato que ocorre na interface polímero/nanopartícula, que é o oposto dos tradicionais compósitos poliméricos. As propriedades físicas e químicas dessas interfaces produzem propriedades únicas, muitas vezes desejáveis, dos materiais nanocompósitos poliméricos.

Com a necessidade de substituir materiais plásticos por alumínio em aplicações como embalagens, nanocompósitos novos com barreiras ultra-altas estão sendo desenvolvidas. A poliamida MXD6, da Mitsubishi Gas&Chemical Co Inc. em resina semicristalina exibe boas propriedades de barreira e estas têm se mostrado úteis, funcionando mesmo em situação de umidade. A conversão do MXD6 a um nanocompósito melhora as características de barreira e torna esse material melhor que o EVOH, a resina comumente usada.

As propriedades do MXD6 são melhoradas com a tecnologia de nanocompósitos preservando processamento e transparência. As partículas de argila de tamanho nanométrico na poliamida são dispersadas, criando caminhos tortuosos para a passagem do gás e consequentemente, melhorando a vida do produto.

As vantagens nas propriedades que nano materiais aditivos proporcionam em comparação aos filtros convencionais à base de polímeros incluem:

- Propriedades mecânicas, isto é, módulo de elasticidade e estabilidade dimensional;
- Permeabilidade reduzida para gases, água e hidrocarbonetos;
- Estabilidade térmica e temperatura de distorção térmica;
- Retardantes de chamas;
- Resistência química;
- Aparência superficial;
- Condutividade elétrica;
- Claridade ótica em comparação aos polímeros convencionais.

#### **4.1.8 Relato de Casos**

##### **4.1.8.1 Bayer**

A geração atual de materiais nanocompósitos demonstra o aumento das características de desempenho de produto, como estabilidade térmica, resistência mecânica, propriedades de barreira ou impermeabilidade. Como a finalidade de filmes para embalagens de alimentos é proteger seu conteúdo de umidade, ressecamento e oxigênio, a Bayer está produzindo embalagens plásticas muito mais resistentes ao ar por meio de tecnologia de nanopartículas. Foi desenvolvido um filme chamado “sistema híbrido”, que é enriquecido com um número enorme de nanopartículas de silicato. Quando processados em filmes, os plásticos têm uma melhor atuação na prevenção da deterioração dos alimentos disponíveis na prateleira.

O oxigênio é o grande precursor na deterioração das gorduras da carne e queijos, tornando-os rançosos. Os filmes disponíveis encontrados são de poliamida-6, mais barata, porém, permeável, utilizada para alimentos menos sensíveis e o copolímero de etileno e álcool vinílico (EVOH), mais caro, porém mais impermeável, utilizado em produtos altamente sensíveis.

O novo material de filmes com nanopartículas une as vantagens desses dois plásticos mais comuns; é barato e bastante impermeável ao ar; não tanto quanto o

EVOH, porém muito melhor que a poliamida-6 simples. As partículas dispersas – que têm espessura de poucos nanômetros – impedem a penetração de gases no filme e bloqueiam a perda de umidade do produto. Com arranjo tipo labirinto no plástico, atuam como barreiras, tornando difícil a passagem pela embalagem de substâncias indesejadas, como o oxigênio. Elas aumentam a distância que as moléculas normalmente percorrem em seu caminho no filme – as moléculas de oxigênio fazem um percurso em ziguezague pelas lamelas de silicato.

Fornecedores de nanocompósitos focados em aplicações para embalagens são mostrados na Tabela 4.

TABELA 4 - APLICAÇÕES DE NANOCOMPÓSITOS PARA EMBALAGENS

<b>Fornecedor</b>	<b>Matriz de resina</b>	<b>Nanopartícula</b>	<b>Uso</b>
Bayer AG	Poliamida-6	Organoargila	Filme impermeável
Clariant	PP	Organoargila	Embalagem
Nanocor	Poliamida-MDX6	Organoargila	Embalagem

FONTE - PIRA INTERNATIONAL LTD., 2011

Um filme com barreira a gases pode ser produzido com a incorporação de pequenas quantidades de nanoargila que podem melhorar a sua *performance*. As características de barreira resultam em interesse considerável em compósitos de nanoargilas e suas aplicações em embalagens para carnes processadas, queijos, doces, cereais, para comidas em embalagens para cozimento, bem como, em aplicações de extrusão/revestimento para sucos de frutas e laticínios, e processos de coextrusão para manufatura de garrafas de cerveja e refrigerantes. O uso dessas formulações de nanocompósitos visa aumentar a vida dos alimentos nas prateleiras.

A empresa Avery Dennison desenvolveu uma patente (em processo de depósito), sobre revestimento com altíssima propriedade de barreira a gás para filmes usando nanopartículas. Diferentemente de outras técnicas que dispersam nanopartículas na resina do filme, esse processo reveste o substrato do filme com nanopartículas, o que fornece revestimentos altamente controlados e consistentes, que proporcionam altas barreiras a gás, resistência de flexibilidade e quebra,

claridade e um revestimento muito fino, com menos de 1 mícron de espessura. Existem, no entanto, limitações a esse revestimento. Ele não é tão efetivo como barreira à umidade e suas propriedades de barreira a gás decrescem com a umidade relativa. Tal sensibilidade à umidade é reversível e suas propriedades de barreira melhoram, enquanto a umidade é reduzida. O produto é considerado ideal para embalagens flexíveis que requerem barreira a gás, resistência com flexibilidade e claridade.

Para barreira ao oxigênio, os desenvolvimentos de barreira ativa/passiva para materiais de poliamida-6 estão sendo realizados. Características de barreira passiva são proporcionadas pelas partículas de nanoargilas incorporadas via técnicas de processamento de fundição, enquanto a contribuição ativa vem de um composto que age como sequestrante de oxigênio. Resultados de transmissão de oxigênio revelam benefícios substanciais pela incorporação de nanoargila em comparação ao polímero-base.

#### 4.1.8.2 Honeywell Engineering

A geração atual de materiais nanocompósitos demonstra o aumento das características de desempenho de produto, como estabilidade térmica, resistência mecânica, propriedades de barreira ou impermeabilidade.

A capacidade das lamelas de argila como barreira nanométrica ao oxigênio com um componente reativo ao oxigênio foi combinada por pesquisadores da Honeywell Engineering Applications and Solutions em Morristown, New Jersey, nos EUA, para produção de embalagens altamente impermeáveis. As lamelas de argila sintética Nanômero (fornecidas pela Nanocor, Arlington Hts, IL) são incorporadas em caprolactama, um monômero da poliamida-6, por meio de polimerização *in situ*. As lamelas são esfoliadas e dispersas como as intumescidas com monômero fundido. Um agente sequestrante de oxigênio é então adicionado.

As nanoargilas aumentam em 4 vezes a barreira a gás e a adição do sequestrante de oxigênio diminui a permeabilidade por 100-1.000 vezes em relação ao material matriz. A Honeywell usou o compósito Aegis como barreira entre

camadas de PET para garrafas de bebidas. O Aegis e os jatos de PET são extrudados separadamente. A camada de barreira corresponde a 5% e 8% em peso da garrafa e limita a permeabilidade ao oxigênio em níveis abaixo de 1ppm por quatro a seis meses. Isso satisfaz requisitos para recipientes de cervejas e sucos.

#### 4.1.8.3 Triton

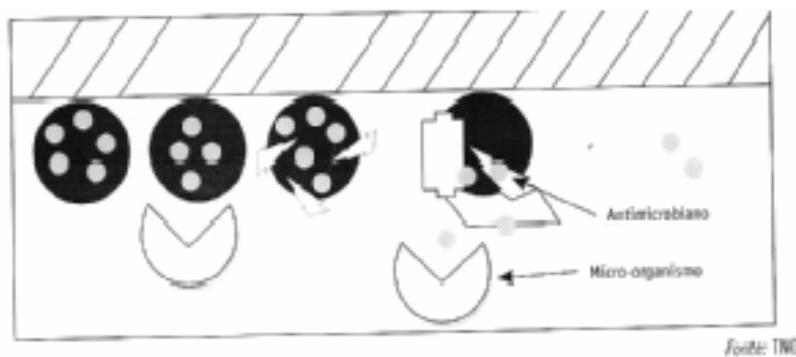
O maior desafio em alimentos não refrigerados é mantê-los frescos, por três anos como no estudo da Triton Systems e da U.S. Army (Exército dos EUA). Compósitos de polímeros e nanoargilas possuem considerável possibilidade de serem utilizados no futuro para essa aplicação. Provavelmente, as propriedades excelentes de barreira exibidas pelos sistemas nanocompósitos poliméricos resultarão em seu uso substancial como materiais para embalagem em anos futuros.

Os polímeros de barreira ORMLAS se baseiam em materiais dispersáveis “*nanofiller*”, na forma de lamelas, cada um com 1 nm de espessura, em plásticos comuns. Esses preenchedores se orientam em camadas nos plásticos. Pelo controle do espaço entre as camadas, um caminho tortuoso é criado para reduzir a transmissão de gases pelo polímero. Componentes protótipos de uso potencial para embalagens farmacêuticas, biométricas e para alimentos líquidos e sólidos estão em vários estágios de desenvolvimento.

Outra oportunidade viável para nanopartículas é representada por aplicações em segurança de alimentos. Pesquisadores investigam a habilidade de aplicações de nanopartículas de adesão – específica para se ligar irreversivelmente a certos tipos de bactérias-alvo, inibindo-as de se ligarem e infectarem o hospedeiro. A pesquisa tem o objetivo de reduzir a capacidade de infecção humana por alimentos com esteropatógenos em produtos de aves, usando dois tipos de nanopartículas. Um tipo se baseia em automontagem de polímeros orgânicos (isto é, poliestireno), e o outro, em nanopartículas inorgânicas funcionalizadas com polissacarídeos e polipeptídeos, que promovem a adesão das células bacterianas-alvo. Há na Holanda, um estudo de desenvolvimento de embalagem em que o conservante somente é liberado quando a presença de micro-organismo é detectada. Essa

liberação é induzida por um chaveamento biológico desenvolvido por meio da nanotecnologia, conforme Figura 9.

FIGURA 9 – LIBERAÇÃO DE CONSERVANTES CONTROLADOS POR CHAVE BIOLÓGICA NANOESTRUTURA



FONTE – TNO, 2011

As vantagens da embalagem como conservante “liberado por comando” são:

- O conservante só é liberado quando a deterioração ocorre;
- O conservante é confinado somente a área local e, portanto, fica contido em menor quantidade no alimento;
- O conservante inicia sua atividade quando necessário, proporcionando um maior tempo de vida;
- Torna-se possível estabelecer uma matriz seletiva de certos produtos, isto é, aplicações farmacêuticas/produto fermentado.

A pesquisa ainda está em fase de desenvolvimento e a patente está em processo de depósito. O trabalho visa o desenvolvimento de método de aplicação à superfície de embalagens e a técnica precisará de aprovação para a comercialização do material de embalagens para alimentos. No entanto, ela oferece muitas oportunidades. Suas aplicações potenciais incluem:

- Revestimento de cobertura para inibir crescimento de fungos/bactérias;
- Folha metálica para produtos embalados a vácuo;

- Cobertura para garrafas/invólucro multicamada;
- Material de empacotamento/revestimento para produtos fermentados;
- Aplicações em produtos cosméticos/farmacêuticos.

#### 4.1.8.4 Nanocor

A incorporação de nanoargila em filmes convencionais de polímeros, aumentou a transparência e a redução de opacidade. Nos compósitos baseados em poliamida, esse efeito foi associado a modificações no comportamento da cristalização causada pelas partículas de nanoargila. A Nanocor, que desenvolve nanoargila para plásticos, desenvolveu um nanocompósito que permitiu a um cliente melhorar o nível de barreira do filme de revestimento para caixas de papelão de sucos. Esse cliente desejava uma barreira similar à proporcionada pelo EVOH, porém com menor custo. Um aumento na rigidez geral do filme era também requerido para reduzir deformações. O uso de nanocompósito de poliamida Durethan da Bayer foi escolhido. Tal fato proporcionou a barreira desejada e um aumento da rigidez do filme em 30%. A utilização de um produto à base de poliamida melhorou a adesão ao substrato de papel e ao revestimento final de polietileno.

#### 4.1.8.5 Clemson University

Um projeto foi iniciado pelo departamento *Food Science and Human Nutrition* na Clemson University, nos EUA, para viabilizar o uso da nanotecnologia para o desenvolvimento de biossensores rápidos e simples para detecção de agentes tóxicos em alimentos e água. Adicionalmente, filmes ativos serão desenvolvidos, usando extrusão térmica contínua para produção em massa, o que vai reduzir o risco de agentes tóxicos em alimentos embalados com tal material.

Na Universidade de Scheffield, no Reino Unido, a pesquisa que está sendo desenvolvida é de filmes que respondem a solicitações do ambiente, abrindo e fechando válvulas para permitir a entrada ou saída de gases, ou até mesmo a liberação de agentes maturativos.

#### 4.1.9 Aplicação para Alimentos

As nanotecnologias têm sido inovações de uma nova revolução industrial tanto nos países desenvolvidos quanto nos em desenvolvimento, diante dos investimentos nesta tecnologia de modo a assegurar uma parcela do mercado.

Atualmente os Estados Unidos lideram esse *ranking* com um programa de 4 anos, com recursos de US\$ 3,7 bilhões, através da sua *National Nanotechnology Initiative* (NNI). Em seguida vem o Japão e a União Europeia, com substanciais recursos financeiros, respectivamente, de US\$ 750 milhões e US\$ 1,2 milhões anuais.

A União Europeia prevê os novos desafios determinados pela crescente demanda por alimentos saudáveis e seguros, assim como pelas ameaças à produção agrícola e pesqueira frente às mudanças nos padrões climáticos que induzem à criação de uma bioeconomia, num processo complexo e desafiador envolvendo a convergência de diversos ramos da ciência (COMISSÃO EUROPÉIA, 2004).

Nano alimento é a técnica ou ferramenta nanotecnológica usada durante o cultivo, produção, ou embalagem dos alimentos, mas que não significa que são alimentos atomicamente modificados ou alimentos produzidos por nanomáquinas.

No segmento da indústria processadora de alimentos, poderia se considerar a nanofábrica, que no limite dispensaria a mão-de-obra especializada e uma grande infra-estrutura, atualmente necessárias, mas que contasse com uma fonte química e uma fonte de energia capazes de produzir uma grande variedade de produtos. A aplicação das nanotecnologias poderia implicar, por hipótese, na eliminação das fábricas e dos demais elos que compõem as cadeias produção, uma vez que as matérias-primas poderiam ser transformadas diretamente de acordo com o produto final necessário.

#### 4.1.10 Aplicação em Etiquetas e Traçadores

Ao se falar em segurança da marca, de rastreamento de suprimento, o desenvolvimento de um nanocódigo de barras pode oferecer as seguintes vantagens:

- Número ilimitado e único de códigos;
- Baixo custo de manufatura e manutenção;
- Durabilidade;
- Dificuldade de ser fraudado.

De tamanho submicrométrico, etiquetas com partículas para nanocódigos podem ser produzidas em um número infinito de combinações, além de serem codificáveis e passíveis de leitura por máquinas duráveis. A realização de produtos de nanocódigos de barras foi conseguida por vários grupos de pesquisa.

Os códigos de barras podem ser impressos ou aplicados na embalagem dos produtos em artigos de alto valor, e rastreados. Os nanocódigos de barras são fabricados por chapeamento elétrico de metais inertes, como ouro, prata e platina em moldes que definem um diâmetro particular. As faixas de nanopartículas resultantes são retiradas dos moldes e têm 250-500 nm de largura e 235 mícrons de comprimento. A largura e a sequência das faixas podem ser alteradas e variadas para produzir os diferentes códigos de barras desejados. Quando aplicados a identidade é única, permitindo assim a rastreabilidade.

A Universidade de Durham, no Reino Unido e a *Ingenia Technology*, imprimem códigos de barras contendo partículas magnéticas de nanotamanho de *permalloy* em substratos plásticos de forma, similar ao processo de circuitos eletrônicos. Cada impressão resulta em partículas magnéticas colocadas em um padrão diferente.

Cada padrão único tem um campo magnético diferente que pode ser medido, gravado, e checado para confirmação da autenticidade do código de barras. Os diferentes campos magnéticos interagem com a luz de forma também diferente, e as

reflexões de luz polarizada de um código de barras revelam suas propriedades magnéticas, as quais são guardadas em um banco de dados ligado a cada número estabelecido pelo código de barras.

Outra aplicação de segurança é o uso de nanofósforo. Partículas nanofosforosas parecem brancas à luz do dia, mas fluorescem quando expostas à luz de certo comprimento de onda. Um exemplo é o Nanogreen. Trata-se de um pó que se dissolve em água, assim como em solventes inorgânicos. A solução resultante não tem cor e não espalha luz. No entanto, quando colocado sob luz ultravioleta, o substrato em solução ou em tinta brilha na cor verde. Os objetos marcados com nanofósforo obtêm uma proteção invisível e não removível contra falsificação. Exemplo comercial de tais nanopartículas autodispersíveis é a faixa de produtos REN-X (*Rare Earth Nano-X*), da *Nanosolutions GmbH*: REN-X vermelho 255-312, que fluoresce em vermelho, e REN-X verde 255, que fluoresce em verde.

Essas nanopartículas podem ser dispersadas em tinta, resultando em solução sem cor e transparente. A tinta pode ser aplicada usando-se o método de jato de tinta e não pode ser vista a olho nú quando impressa em papel, hologramas e fotografias, CDs, vidro e outros materiais. O *design* e a função da superfície marcados com nanopartículas não são afetados pela marcação.

A *Nanoventions*, da Georgia, nos EUA, desenvolveu uma tecnologia que permite marcar pastilhas, alimentos e outros comestíveis com etiquetas capazes de evitar a falsificação. O produto é conhecido como *SpyDust* que é uma substância composta de milhões de microetiquetas que podem ser feitas com polímeros inertes e são aptas a proteger qualquer produto contra falsificadores. As etiquetas podem ser incorporadas em um revestimento para embalagens à base de papel, ou adicionadas ao papel durante a sua confecção, de tal modo que o produto final fica protegido. Elas podem ser produzidas com gelatina, gordura, açúcar e outros biopolímeros, que são usados para o revestimento de pastilhas e outros medicamentos. Nenhum ingrediente adicional é necessário. Tais polímeros com base em biopolímeros podem ser selecionados entre os já aprovados pela *Food and Drug Administration* (FDA).

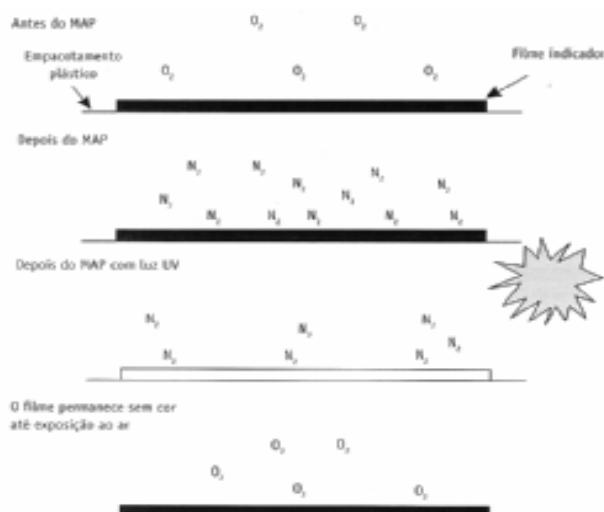
A próxima geração de etiquetas pode variar de poucos nanômetros a 200 mícrons, contendo textos, gráficos, códigos de barras ou informações digitais capazes de serem utilizadas para autenticar produtos, embalagens, documentos e cédulas de dinheiro, de forma forense ou com *scanners* e equipamentos de campo especiais.

Esta tecnologia seria inovação de ruptura, pois tem condições de evitar fraudes, muito comum desde épocas mais remotas.

#### 4.1.11 Embalagens e Nanossensores

A adulteração de embalagens é uma grande preocupação da indústria e comércio de alimentos. Uma solução é a aplicação de indicadores nanocrystalinos na forma de tinta inteligente de oxigênio, passíveis de serem impressos na maioria das superfícies. Essa tinta detectaria se o oxigênio esteve presente na embalagem. Tal solução se baseia no fato de que a maioria dos alimentos é embalada em atmosfera modificada (MAP), que usa nitrogênio e dióxido de carbono para retirar o ar da embalagem, conforme Figura 10.

FIGURA 10 - INDICADOR NANOCRISTALINO



FONTE - PIRA INTERNATIONAL LTD., 2012

Essa tinta poderia ser composta de:

- Partículas nanocristalinas de um semicondutor (usualmente dióxido de titânio) ativadas por luz ultravioleta;
- Corante de coloração “brilhante” e sensível à reação de oxirredução (tal como azul de metíleno) que, quando fotorreduzido pelo semicondutor, perde sua cor e se torna sensível ao oxigênio;
- Uma forma reduzida de corante que reage rapidamente com oxigênio para retornar à sua cor original brilhante;
- Um agente redutor suave para retornar o semicondutor à sua forma original;
- Um polímero para ligar esses ingredientes;
- Um solvente para dispersar os vários componentes e formar uma tinta para impressão.

Em torno desta tinta, poderia ser desenvolvido um sistema para identificar adulterações de embalagens de alimentos ou falha na vedação, que com o tempo lentamente deixaria o ar/oxigênio entrar. Além da indústria de embalagens para alimentos, poderia ser utilizado em embalagens seguras como instrumentação médica e documentos bancários.

O *Inter-University Microelectronics Center* (IMEC) da Bélgica está desenvolvendo uma pesquisa em substratos laminados ultrafinos para embalagens sensíveis, capazes de monitorar as condições de produtos farmacêuticos e alimentos afetados por mudanças de temperatura, umidade e impacto.

Esta seria uma inovação de ruptura, pois não há materiais no mercado que possam detectar estas variações do ambiente no produto.

#### 4.1.12 Inovação de Ruptura ou Incremental

A nanotecnologia é o exemplo mais forte de inovação radical, de ruptura. É possível que não haja outra técnica que quebre tantos paradigmas como esta tecnologia. Pode-se dizer que todas as pesquisas se colocadas em escala industrial, irão representar a inovação de ruptura que irá revolucionar o mercado das embalagens.

O uso da nanotecnologia em embalagens deixará os materiais mais leves, mais resistentes, menos suscetíveis à ação de elementos externos, mais duradouras e difíceis de serem falsificadas, resistentes ao fogo e aprimorando suas propriedades químicas e térmicas. A nanotecnologia pode oferecer diversos benefícios ao produto, como retardar a oxidação e prevenir a contaminação por bactérias e micróbios. Para embalagens de alimentos, ainda há de se fazer muitas pesquisas na área de nanotecnologia, pois se precisa explorar mais as interações entre os materiais que empregam a nanotecnologia nos níveis molecular ou fisiológico e seus possíveis efeitos e impactos sobre a saúde do consumidor e o meio ambiente.

### 4.2 RADIOFREQUENCIA – ERA DA ETIQUETA INTELIGENTE

#### 4.2.1 Histórico da Radiofreqüência

Na Segunda Guerra Mundial se utilizou um sistema de transmissão por radiofrequência, onde tinha sua base no sistema de radares. Os países envolvidos na grande guerra utilizavam radares inventados em 1935 pelo físico escocês Robert Alexander Watson-Watt, para avisá-los com antecedência de aviões enquanto eles ainda estavam bem distantes. Porém, os radares não identificavam aliados de inimigos. Foi aí que os alemães descobriram que se seu piloto fizesse uma determinada manobra ( $360^{\circ}$  ao longo do eixo de simetria) quando estivessem retornando à base iriam modificar o sinal de rádio que seria refletido de volta ao radar. Esse é, essencialmente, considerado o primeiro sistema de *Radio-Frequency Identification (RFID)*.

A Inglaterra, tendo o Sr. Watson-Watt ao seu lado, desenvolveu o primeiro identificador ativo de amigo ou inimigo (IFF – *Identify Friend or Foe*). Todo avião britânico recebeu um transmissor que, ao receber sinais das estações de radar, começava a transmitir um sinal de resposta. Os RFID de hoje funcionam pelo mesmo princípio: um sinal é enviado a uma etiqueta eletrônica, que é ativada e reflete de volta o sinal (sistema passivo) ou transmite seu próprio sinal (sistemas ativos).

Nas décadas de 50 e 60, cientistas de várias partes do mundo (Estados Unidos, Europa e Japão) divulgaram pesquisas a respeito de como a energia de radiofrequência poderia ser utilizada para identificar objetos em várias situações.

No setor comercial, a sua primeira utilização se deu em sistemas antifurto, que utilizavam ondas de rádio para determinar se um item havia sido roubado ou pago normalmente. Foi neste contexto que surgiram os *tags* (etiquetas eletrônicas), que fazem parte do sistema de RFID até hoje.

#### **4.2.2 Conceito da Radiofreqüência**

RFID é uma sigla de "*Radio-Frequency Identification*" originária da língua inglesa que em português significa Identificação por Rádio Frequência. Trata-se de um método de identificação automática através de sinais de rádio, recuperando e armazenando dados remotamente através de dispositivos denominados etiquetas RFID.

Essa tecnologia está se expandindo e se prevê que em 2016 esse mercado será de 585 bilhões de etiquetas. Essa tecnologia que conecta objetos à Internet para rastreabilidade e que as empresas possam intercambiar informações sobre eles. A iniciativa foi dos atacadistas como Wal-Mart e Departamento de Defesa dos EUA. O RFID se baseia no uso de etiquetas que contém um código eletrônico de produto que identifica cada item por intermédio de antenas que enviam o sinal a

leitores. Estes, por sua vez, traduzem a informação para uma linguagem que possa ser lida e processada por computadores e pela Internet. (REVISTA PACK, 2006).

As etiquetas RFID consistem em um *chip* que possui dados e uma antena para transmiti-los. Elas podem ser ativas ou passivas.

- Ativas: possuem fonte de energia para que a etiqueta possa transmitir informações continuamente ou em intervalos estabelecidos com antecipação;
- Passivas: usam a energia do campo eletromagnético para energizar-se e transmitir a informação.

Essa tecnologia permitirá reduzir a falsificação em indústrias, como as farmacêuticas, além de reduzir o tempo de entrega e recebimento de produtos, aumentar o nível de qualidade, a precisão na preparação dos pedidos, prevenir vazamentos, reduzir ou eliminar os níveis dos produtos faltantes e aumentar a capacidade de rastrear entregas de produtos.

#### **4.2.3 Aplicações da Radiofrequência**

##### **4.2.3.1 Supermercados**

Utilizando a tecnologia de radiofrequência nos produtos de um supermercado, por exemplo, o consumidor poderá encher o carrinho com compras e ao passar pelo caixa, o valor total da compra será concluído sem precisar passar produto por produto no leitor de código de barras. Este é um exemplo de inovação incremental, pois a leitura do código de barras *versus* leitura por radiofrequência irá viabilizar o tempo de passar as compras no caixa. A forma de cobrança é a mesma, será economia de tempo, tornando as filas menores.

#### 4.2.3.2 Maquinários

As tendências modificam também o *design* e o desenvolvimento das máquinas de envase e embalagens, melhorando o desempenho operativo que se reflete em máquinas que permitem o intercâmbio de informações e a conservação de energia e fazem uso de controles eletrônicos e serviços automatizados. Além disso, são compatíveis com os sistemas RFDI e possibilitam a integração digital.

Em tecnologia, o *design* de máquinas para embalagens incorpora desenvolvimentos, como controles “*touch screen*”, o uso de servos motores, o uso de mecatrônica, a miniaturização de peças e componentes, o *design* de montagens modulares e, mais recentemente, o *design* personalizado de máquinas ou de linhas completas de embalagem segundo os requerimentos específicos de cada empresa.

A implementação do código eletrônico de produto (EPC), de identificação via radiofrequência (RFID) Classe 1, Gen. 2, continua impulsionando a tecnologia. Esse sistema está despertando interesse na etiquetagem individual em virtude da demanda por cadeias de suprimentos mais protegidas contra a falsificação de produtos, furtos e desvios. A tecnologia cresce em ritmo forte. O estudo “A indústria do RFID: Previsões, *Players* e Oportunidades, 2006-2016) previa que o número de etiquetas no sistema de radiofreqüência chegaria a 1,3 bilhões em 2006, contemplando 500 milhões de unidades para caixas e *pallets*. Perto de 2006, o volume total de etiquetas deveria subir para 585 bilhões e a identificação de *pallets*, caixas e unidades diversas contribuiria substancialmente para esse crescimento. Durante os próximos dez anos, o valor de mercado de RFID, incluindo *hardware*, sistemas e serviços, aumentará dez vezes mais, saltando de US\$ 2,71 bilhões, em 2006, para US\$ 26,23 bilhões em 2016.

Com essa rápida expansão, a indústria de embalagens deverá conhecer essa tecnologia para saber como implementá-la.

#### 4.2.3.3 Etiquetagem Individual

Empresas que adotam essa tecnologia para atender exigências obrigatórias no varejo e do Departamento de Defesa dos Estados Unidos levam a vantagem de começar com o Gen 2 e a significativa base de conhecimentos referentes à etiquetagem de caixas e *pallets* desenvolvida nos últimos anos. Para ampliar a aplicação, as empresas estão pensando além dos requisitos legais, mas para abaixar custos e tornar eficientes as operações.

“Hoje, a etiquetagem individual com RFID é meta para várias empresas de produtos de consumo de grande porte”, diz Bill Arnold, chefe-estrategista da Omron RFID, empresa Omron Electronics LLC. O modelo de retorno sobre o investimento, amplamente perseguido é mais visível quando a empresa consegue utilizar dados da RFID para associar suas campanhas promocionais com seus resultados de vendas em tempo real”, explica Arnold. “Trata-se de um emprego poderoso dos recursos do RFID, que eu espero que venha a acontecer anos e anos à frente.”

“O RFID consegue resolver um dos maiores problemas da indústria de roupas: quando um item está fora do estoque, mas não na loja, ou em algum lugar do estabelecimento, impedindo que o cliente o encontre” diz Mischa Reis, Diretor de Marketing da *Avery Dennison Retail Information Services*.

O tipo de frequência será a primeira decisão da empresa, UHF ou HF ou até mesmo emprego de baixa frequência de 130 kHz.

A *Lemmi Fashion* e diversos laboratórios-piloto do setor fármaco adotaram a alta frequência pela sua extrema exatidão e grande compatibilidade com metais e líquidos.

Já há empresas que preferem o UHF devido à configuração por antena e outros atributos cujo desempenho será satisfatório.

A vantagem do UHF é que a etiqueta EPC para caixas e *pallets* usam essa frequência, e a infraestrutura para apoiá-las já está em evolução com parceiros da cadeia produtiva, principalmente o varejo.

O lançamento de leitoras de duas frequências, capazes de identificar qualquer frequência, e os módulos de leitura de baixo custo, que podem ser plugados em dispositivos celulares, PDAs ou terminal de ponto-de-venda, poderão reduzir as preocupações quanto à infraestrutura e aos investimentos. Ambos os tipos de hardware já são realidade hoje, graças à introdução das leitoras “universais” de duas frequências UHF/HF e os celulares preparados para a RFID. Também está comercialmente disponível um leitor móvel. O cartão de *plug-in* agrupa a função de *scanner* do RFID a dispositivos móveis, como computadores pessoais, *notebooks* e *palmtops*.

No RFID pode haver contaminantes no fluxo de descarte. O efeito ambiental dos rótulos, principalmente os rótulos ativos, incorporando baterias impressas, ainda não foi avaliado segundo Stweart, (2009). Descartar baterias está sob legislação da União Européia, mas as microbaterias ainda não têm cobertura da legislação. Em consequência, o descarte pode se tornar um grande empecilho na introdução do RFID. Segundo a Pira International (Active and Intelligent Pack News, Vol 2, n.º 2, 28 de novembro de 2003), as organizações civis americanas e europeias identificaram cinco ameaças à privacidade e às liberdades civis:

- A colocação escondida dos rótulos;
- Identificadores únicos para objetos de todo mundo;
- Agregação maciça de dados;
- Leitores ocultos;
- Acompanhamento e lucro individual.

Estes são itens que podem causar lentidão na introdução do RFID.

#### **4.1.13 Inovação de Ruptura ou Incremental**

As inovações nesta área pode-se dizer que são de ruptura, pois é uma tecnologia que não era utilizada até então e hoje se pode dizer que o sistema desperta interesse, pois protege a cadeia de suprimentos contra a falsificação de produtos, furtos e desvios. A tecnologia está crescendo num ritmo forte, pois se sabe que para inovações de ruptura os investimentos são altos.

### **4.3 DESIGN DE EMBALAGENS**

#### **4.3.1 Histórico das Embalagens**

Segundo Camargo e Negrão (2007), a evolução da embalagem acontece com a evolução tecnológica. Durante muito tempo, a fabricação das embalagens era artesanal, somente no século XVIII, com a Revolução Industrial, começou a surgir a produção em série. Então, a partir disso, os objetos começaram a ser produzidos em máquinas, logo houve a necessidade de se criar esses objetos para produção em série, o que obrigou os desenhistas a projetarem sob um ponto de vista diferente. O sistema de embalagens foi evoluindo junto com essa ruptura na forma de fazer os produtos. Segundo Camargo e Negrão (2007):

[...] foi particularmente com a Revolução Industrial, após a invenção da máquina a vapor, que a embalagem adquiriu complexidade. Mais do que as distâncias, foi a velocidade de circulação das mercadorias que mais exigiu proteção e cuidado no transporte e na distribuição de alimentos, tecidos, máquinas, bens de uso [...] (p. 24; *apud* TOGA, 1985, p.25).

Na Alemanha, a Escola Bauhaus, reuniu profissionais da área e sintetizou o que se conhece hoje por *design* de embalagens, segundo Mestriner (2001).

#### 4.3.2 Conceito das Embalagens

Segundo Mestriner (2001), o *design* pode ser compreendido como uma atividade de desenhar para a indústria, levando em consideração uma metodologia de projeto em que o objetivo final é o consumidor.

O *design* de embalagem é uma especialidade do *design* voltada exclusivamente ao projeto tanto gráfico como estrutural, com uma abordagem de projeto complexa que deve atender requisitos técnicos, estéticos (ergonômicos) e mercadológicos, tendências do mercado, expectativas do consumidor, conhecimento de oportunidade, restrições técnicas, habilidade criativa. Habilidades técnicas e analíticas são desafios que o *design* de embalagens tem para chegar ao seu objetivo.

Na Figura 11, é mostrado um exemplo onde a inovação foi incremental, pois trabalhou com a matéria-prima e o formato da embalagem. Um dos desafios do *design* é chegar ao ideal do aspecto estético do produto, pois agrega valor. A forma é o principal atributo diferencial de personalidade de um produto, por isso o *design* estrutural representa um papel importante no processo. A função foi de chamar a atenção do público, destacar-se dos concorrentes e contribuir para a consolidação da marca, com forma tridimensional do seu *layout*. É a embalagem de leite condensado Moça. Não se têm muitas informações para se analisar profundamente o tipo de inovação, mas o ponto principal foi a matéria-prima e o *design* da embalagem. No processo de formação da embalagem, estima-se que o processo de fabricação teve apenas algumas modificações e o produto em si teve uma leve modificação, porém fez toda diferença, onde deixou o produto com uma curvatura, deixando-o mais ergonômico e elegante.

FIGURA 11 - DESIGN DE EMBALAGENS – LEITE MOÇA



FONTE – NESTLÉ, 2011

Segundo STEWART (2009), pesquisa do Comitê de Estudos Estratégicos da Associação Brasileira de Embalagem (ABRE), estudos realizados com supermercadistas apontam que o consumidor trata o produto e a embalagem como um só. A maioria dos produtos dispostos nas gôndolas dos supermercados não possui apoio de *marketing*, promoção ou propaganda, dependendo então da embalagem para fazer este papel e ainda fazer o papel de competir. Lembrando que a marca e o produto é associado no momento da compra pelo consumidor, então a embalagem contribui para o “*branding*”.

O *design* de embalagens deve, dentro da inovação e da criatividade, buscar a metodologia de projeto, responder todas as premissas técnicas, estéticas e mercadológicas que um projeto de embalagem exige. Em contra-partida as embalagens são desenvolvidas através dos equipamentos e processos industriais existentes, ou seja, as inovações são estudadas a partir de meios já existentes de produção.

Concluindo, o *design* de embalagem é uma atividade que requer conhecimentos e habilidades multidisciplinares do *designer* que a pratica, pois envolve *design*, *marketing*, tecnologia, conhecimento do consumidor e comunicação

especializada. Funciona com base numa metodologia própria de projeto atendendo prioritariamente as diretrizes de *marketing* das empresas que atuam no segmento dos produtos de consumo. Um bom desempenho na comunicação e no *design* de embalagens, em prol de uma melhor visibilidade do produto diante dos concorrentes, uma comunicação bem desenvolvida nestes campos e a boa permeação em seu processo de fabricação fazendo com que se compreendam os conceitos obtidos em cada proposta de produto, torna-se uma tarefa mais funcional para os profissionais que trabalham na estratégia do produto.

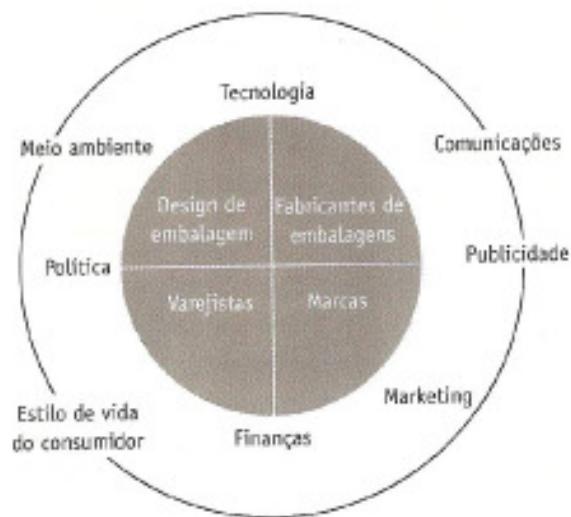
O *design* de embalagens tornou-se um diferencial nas gôndolas, pois qualidade se tornou um *commodity* e a variedade de produtos para o consumidor é bem diversificada. Então trabalhar para o destaque do produto é primordial.

#### **4.3.3 Fundamentos do *Design* de Embalagens**

O fato de que marcas de sucesso e varejistas de sucesso entendem o comportamento do consumidor e adaptam suas ofertas ao comportamento é um item histórico a ser levado em conta. Sendo assim, é um conceito chave para o *design* de embalagens. Mais do que nunca, o *design* de embalagens e o mercado têm uma forte relação, bem como varejistas, donos de marcas, fabricantes de embalagens, como ilustra a Figura 12, onde se pode constatar como são definidas as funções.

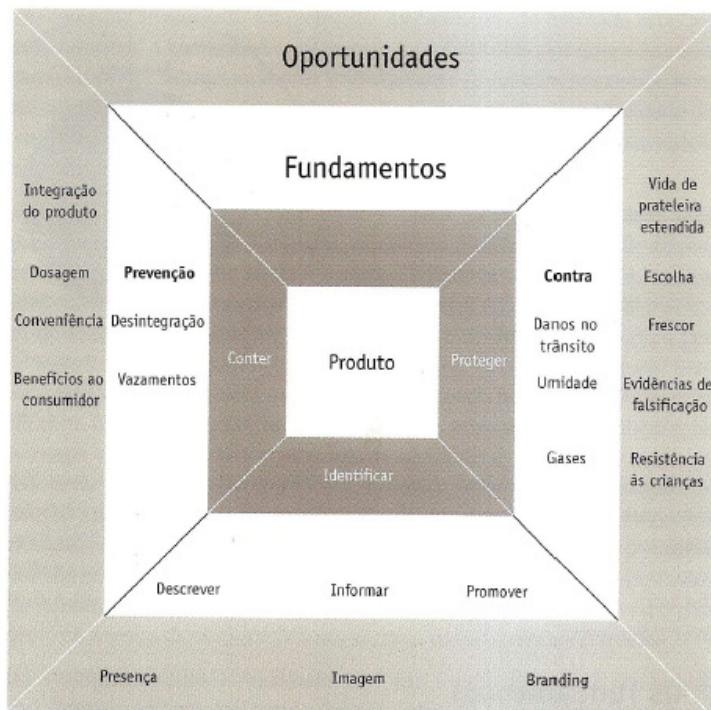
Em volta do núcleo estão os elementos-chave que afetam a forma de como se deve gerir os negócios. A relação mais significativa é a relação entre marcas e varejistas. As funções básicas das embalagens são: conter, proteger e identificar, porém muitas vezes encontram-se falhas em pelo menos uma delas.

FIGURA 12 – AS RELAÇÕES DO DESIGN DE EMBALAGENS



FONTE - PIRA INTERNATIONAL LTD., 2012

FIGURA 13 – OS FUNDAMENTOS DA EMBALAGEM



FONTE - PIRA INTERNATIONAL LTD., 2012

A Figura 13 mostra como as funções das embalagens são definidas. Conter o produto pode se entender como manter a integridade do mesmo, não deixando que ele perca as funções para as quais foi designado, como por exemplo, não vaziar. Proteger o produto é fazer com que não haja interferências externas como a luz, umidade, oxigênio, odores, radiação, infestação. A identificação tem o objetivo de descrever o produto, textos por exigência legal e pode também fazer o “branding” e diferenciação do produto.

Uma vez determinado o que a embalagem deve atingir, então se considera o que a embalagem pode atingir entrando, então, o trabalho dos *designers* e sua criatividade, porém quem vai determinar o caminho é o mercado e a necessidade dos consumidores.

#### **4.3.4 Aplicação – Desenhando o Futuro das Embalagens**

Não há como prever o que reserva o futuro ao *design* de embalagem. O *design* está presente no dia-dia, por toda parte, ao alcance dos nossos olhares. Do automóvel à embalagem, esta ferramenta não se limita. O *design* agrega valor, posiciona a marca, valoriza e informa os atributos da embalagem, ou seja, pode ser considerado a alma do negócio. Mas e o futuro da embalagem? Como será? Não há como prever ou responder esta questão, porém sabe-se das transformações que estão ocorrendo neste mercado tão dinâmico.

A Revista Pack, propôs a três agências de *design* que elaborassem uma criação de embalagem futurística, com o intuito de se ter uma ideia do que as pessoas estão esperando no futuro.

A metodologia utilizada para esta visão de futuro foi reunir todos os envolvidos nas áreas de *design* gráfico, de produto e comercial para uma dinâmica, onde o primeiro passo foi uma reflexão de como seria o futuro. Após a reflexão foram conseguidos três cenários de futuro em curto, médio e longo prazo, que

envolvem mercado, forma de consumo e materialidade, baseados nas tendências de mercado que são apresentadas a seguir:

- Tendências atuais;
- Esgotamento do espaço e recursos naturais;
- Crescente preocupação pelo desenvolvimento sustentável;
- Volume de consumo crescente;
- Produtos cada vez mais específicos e variados;
- Aumento da quantidade de dados informativos e promocionais do produto;
- Normas mais rígidas referentes à proteção do consumidor;
- Quebra dos tipos de embalagens por categoria;
- Multifuncionalidade

O cenário em curto prazo (três anos) consistia em que o desenvolvimento sustentável é valorizado pelas empresas como ferramentas de promoção. Exemplo: sacolas de supermercado fabricadas com plásticos biodegradáveis, previamente sinalizadas para seu uso específico na função de separação do lixo desenhada pela Equipe *Design Inverso*.

Este é um tema importante, pois com 7 bilhões de habitantes no mundo há necessidade de espaço, matéria-prima, sustentabilidade, e então jogar as embalagens no lixo e que sejam realmente biodegradáveis até ajuda o meio ambiente. O lixo não poderá ser considerado como um ponto indesejável do processo e sim um ponto a mais do processo. Para se conseguir um resultado considerável, neste exemplo, a inovação de ruptura seria na matéria prima, desenvolver resinas que se desintegrem, porém que não agredam o meio ambiente e sim interajam com ele.

FIGURA 14 – SACOLAS BIODEGRADÁVEIS DE SUPERMERCADO



FONTE - REVISTA PACK EMBALAGENS, 2006

O cenário em médio prazo (trinta anos): O mercado satura-se de informação, variedade de tipologias e quantidade de material que se converte em lixo. As entidades de controle determinam embalagens-padrão por categoria, como quantidade mínima de material e que apontam à reutilização e aos materiais biodegradáveis. Digitalizam-se os dados informativos e promocionais dos produtos. O desenvolvimento tecnológico permite embalagens multifuncionais que substituem outros produtos. Embalagens-padrão de alimentos, exemplo 1, redução do tamanho das embalagens que se voltam às funções primárias de proteção e conservação, não funcionando como suporte de informação. A informação digital permite escolher o momento de percebê-la, tanto no momento da compra como no de uso, somente com a aproximação da mão disparando a projeção.

FIGURA 15 – LEITURA DE DADOS



FONTE - REVISTA PACK EMBALAGENS, 2006

Embalagens-diagnóstico para produtos farmacêuticos, exemplo 2, regulagem de dosagem e composição dos produtos químicos por medição e diagnóstico das condições da pessoa na própria embalagem, por meio de microssensores e núcleo de mixagem de componentes.

O cenário em longo prazo (cento e cinqüenta anos): baseia-se nos comentários de Karamchand Gandhi (1869-1948). O mundo é uma confederação de vilarejos autossuficientes. Tudo o que é produzido ou fabricado em um vilarejo é prioritariamente utilizado pelos moradores; o comércio entre vilarejos é mínimo e limitado a produtos e serviços que não podem ser gerados dentro da comunidade. As embalagens são quase inexistentes. Não tem apelo comercial, as funções de transporte e conservação apresentam complexidade baixa pela diminuição das distâncias, desenhado pela Equipe Dform – *Designers Renato Prando e Frederico Hernandez, da Narita Design, Figura 16.*

Quando se imagina como será o futuro, qualquer *design* será como uma inovação de ruptura, pois estará muito ligado ao comportamento das pessoas e

como a natureza irá corresponder aos problemas da atualidade, como o aquecimento global.

FIGURA 16 – EMBALAGENS COMO FUNÇÃO DE TRANSPORTE



FONTE - REVISTA PACK EMBALAGENS, 2006

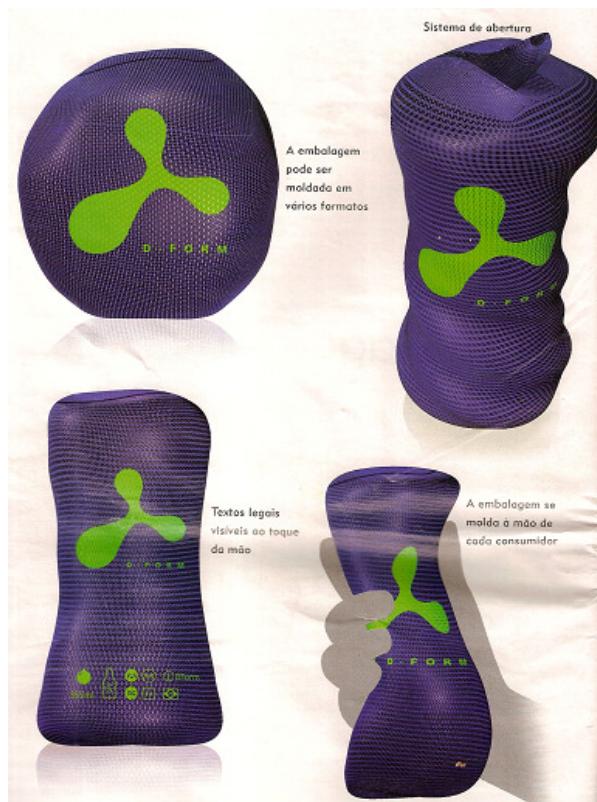
Para eles, um novo tipo de material, desenvolvido por meio dos avanços da nanotecnologia, será capaz de criar uma nova geração de embalagens automodeláveis. Este material vai poder sofrer deformações, se adaptando a diversas situações de transporte, armazenamento e consumo.

A forma da embalagem poderá ser personalizada de acordo com as necessidades e os desejos de cada consumidor, podendo ser modificada a qualquer momento sem perder sua flexibilidade. Este novo material poderá manter a temperatura de bebidas e alimentos por mais tempo e será derivado de substâncias biodegradáveis, decomposto em poucos meses.

Exemplo, o refrigerante do futuro atenderá expectativas individuais do consumidor de aliar sabor a produtos que suprem suas necessidades diárias. As marcas se tornarão cada vez mais importantes no futuro e serão reduzidas a

símbolos, cada vez mais simplificados para a rápida identificação. As informações legais serão visíveis ao toque da mão, conforme pode ser visualizado na Figura 17.

FIGURA 17 – EMBALAGENS AUTOMODELÁVEIS



FONTE - REVISTA PACK EMBALAGENS, 2006

Conceito da embalagem: no futuro o consumidor estará cada vez mais mobilizado, hiperconectado e executará múltiplas atividades. Por isso, vai precisar levar um *kit* alimentar que permita realizar refeições saudáveis e balanceadas em qualquer lugar. Para atender a essa necessidade, foi desenvolvida a “Nano Marmita Picnic 2010”, Figura 18.

A embalagem: será feita de materiais nanotecnológicos que oferecem estrutura rígida e ultra-resistente para o transporte, e com superbarreira para a proteção e a conservação dos alimentos.

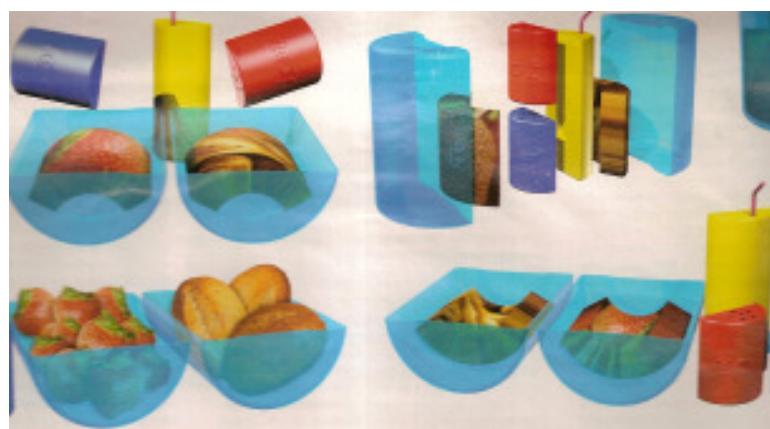
O *design* integra os vários componentes do *kit*, de forma a torná-los uma única unidade transportável.

Ao abrir a embalagem, o consumidor encontrará:

- Uma bebida com aminoácidos e proteínas;
- Uma fatia de refeição quente salgada;
- Uma fatia de sobremesa gelada;
- Dois aditivos performáticos: *hot* e *cool*.

Funcionamento: os aditivos são compostos por nanopartículas programadas para reagir com as partículas correlatas que se encontram nas fatias dos alimentos, aquecendo a refeição ou gelando a sobremesa. Essas partículas reagentes são produtos das últimas pesquisas sobre nanotecnologia. Os materiais e o funcionamento da embalagem permitem uma refeição complexa em qualquer hora ou lugar.

FIGURA 18 – MARMITA NANOTECNOLÓGICA



FONTE - REVISTA PACK EMBALAGENS, 2006

As embalagens devem ser desenvolvidas para atender as expectativas dos consumidores, então o formato e a combinação de cores devem ser estudados de forma a se diferenciar na gôndola, atender apelos regionais, informar, chamar a atenção do consumidor e despertar a vontade do consumidor. O recurso de mostrar o produto por filmes transparentes também pode ajudar.

Entre as funções desempenhadas pela embalagem, no que se refere à linha de produtos, Cobra (1992) destaca as responsáveis por estimular o *marketing* na venda, que são:

- Facilitar a armazenagem: os custos de armazenagem, na fábrica, nos postos intermediários de vendas e no ponto-de-venda, são crescentes; por essa razão, a embalagem deve ser adequada para reduzir custos de estocagem e facilitar o manuseio do produto no depósito. Assim, o tamanho e formato das embalagens são alterados para facilitar a paletização de volumes para cargas e descargas e lotes econômicos para transporte e armazenagem. Quanto menor a necessidade de manuseio, menores são os custos de distribuição de um produto;
- Proteger o produto: proteção contra vibrações, pressões, mudanças de temperatura e outros riscos durante o transporte do fabricante ao revendedor têm sugerido um sem-número de inovações em embalagens. A embalagem deve servir também para proteger o produto na prateleira do revendedor. A adoção de embalagens internas de papel alumínio e caixinhas externas de papelão tem procurado manter as propriedades do produto, além do sabor e paladar originais, preservando-o de impactos que possam acarretar danos ao mesmo;
- Posicionar o produto: posicionamento do produto no ponto-de-venda ou junto ao público consumidor pode ser um fator diferenciador para efeitos estratégicos em marketing. A diferenciação frente ao concorrente ocorre pelo uso adequado da embalagem. Os aspectos visuais e de formato podem posicionar melhor um produto em seus segmentos de mercado e até mesmo ajudar a descobrir novos nichos de mercado e oportunidades não exploradas;
- Facilitar o uso do produto: o uso crescente de embalagens descartáveis para bebidas (lata, plástico e vidro), lâminas de barbear e outros produtos prova a importância que a embalagem tem como facilitadora do uso do

produto. Efetivamente, a embalagem deve estar sempre adequada ao tipo de uso do produto;

- Ajudar a vender o produto: compras de impulso em supermercados ou em lojas de especialidades podem ser creditadas à embalagem. O estímulo é visual, e aí entra o papel de uma embalagem: atrair a atenção por meio de um design gráfico chamativo, combinação de cores, padronagens, formatos, estilos e ilustrações. O tipo de material utilizado também pode ser decisivo na escolha de um produto. Há muitos anos, geleias e requeijões são vendidos em copos de vidro. Certas alterações drásticas de embalagens, porém, podem vir a prejudicar as vendas, sobretudo quando não são atrativas e não oferecem nenhum tipo de facilidade de uso específico.

“Atiçar” o consumidor é o objetivo, segundo Victor Zanberras, da Chancela Programação Visual: “Toda embalagem deve seduzir o cliente, como um elo promocional que estabelece uma relação íntima e duradoura.” Deve-se saber onde expor as embalagens, saber quem são os concorrentes, destacar o produto na gôndola, o filme mais adequado para o produto e envolver a equipe de *marketing*, artes gráficas e desenvolvimento de embalagens para obter sucesso.

KOTLER (2006) descreveu vários fatores que contribuem para a crescente utilização de embalagens como ferramenta de *marketing*, que são reproduzidos a seguir:

- Self-service: um crescente número de produtos vem sendo vendido na base de self-service em supermercados e casas do ramo. A embalagem deve desempenhar muitas tarefas de venda, atrair a atenção, descrever as características do produto, passar confiança ao consumidor e gerar impressão favorável do mesmo;
- Anuência dos consumidores: isto indica que os consumidores estão dispostos a pagar um pouco mais pela conveniência, aparência,

confiabilidade e prestígio de embalagens melhores e, principalmente, práticas para o dia-a-dia;

- Imagem da empresa e da marca: as empresas estão cada vez mais reconhecendo o poder da embalagem com bons designs, no reconhecimento instantâneo do consumidor em relação à empresa ou à marca;
- Oportunidade de inovação: uma embalagem inovadora pode trazer amplos benefícios para os consumidores e bons lucros para seus fabricantes. A Kraft estudou embalagens de papelão forradas com plástico para substituir as latas. Já os fabricantes de vinho têm colocado o produto em embalagens longa vida, latas e papelão.

#### **4.3.5 Inovação de Ruptura ou Incremental**

O *design* de embalagens numa visão atual pode considerar que as inovações que estão nas gôndolas são incrementais. Esta é uma área da tecnologia do sistema de embalagens onde há muitas melhorias. Seria de ruptura se houvesse novos materiais como os dos exemplos das Figuras 17 e 18, como a nanomarmita, embalagens moldáveis aos produtos, mas no mercado, a nanotecnologia que é a tecnologia que pode trazer estes exemplos para a realidade não tem materiais que possam realizar estas ideias. Como já foi dito não há como prever o que reserva o futuro do *design* de embalagens.

### **4.4 SEGURANÇA DE EMBALAGENS**

#### **4.4.1 Histórico Segurança de Embalagens**

Delitos como pirataria, produtos falsificados, fraudes é mais antigo que se imagina. Aproximadamente em 1.700 a.C. já existia o Código de Hammurabi, onde se mencionava esses delitos. Hoje, esses delitos não têm fronteiras geográficas e

quase tudo é falsificado: alimentos, medicamentos, roupas, eletrônicos, músicas, filmes, acessórios, livros, enfim, tudo que se possa comercializar. Os produtos falsificados muitas vezes financiam outros crimes mais graves.

Na indústria farmacêutica, a falsificação representa um sério risco à saúde em todo o mundo. A Organização Mundial da Saúde (OMS) confirma que há motivo para preocupação, pois segundo a entidade, foi estimado em 2010 que 16% das vendas mundiais da indústria de medicamentos seriam de produtos adulterados. De 1992 a 1996, a entidade recebeu 719 notificações de fórmulas adulteradas.

#### **4.4.2 Conceitos de Segurança de Embalagens**

Os conceitos de sistemas de segurança de embalagens sugerem com as falsificações principalmente na indústria farmacêutica, porém pode ser utilizada em qualquer produto, principalmente produtos caros.

#### **4.4.3 Aplicações de Segurança de Embalagens**

A embalagem é o ponto chave para a proteção da cadeia de embalagens. Segundo Tadeu Lorenzi, da empresa Arjowiggins: "Por isso é necessário pensar por onde começa o ataque e a tentativa de adulteração de um produto e o que é copiado primeiro no ato de pirataria." Então, quando uma embalagem está protegida, dá condições ao consumidor de identificar o produto verdadeiro ou até mesmo evitar uma violação da embalagem.

Medicamentos e alimentos são campeões de adulteração. Deve haver soluções em embalagens que tenham elementos conhecidos apenas pelo próprio fabricante, além de dar condições para que ele e os escritórios de investigação e de

advocacia possam rastrear e comprovar a autenticidade do produto e, consequentemente, aplicar as penalidades devidas.

Ele defende que para proteger embalagens e produtos é preciso ter em mente dois conceitos básicos: qualquer produto deve ter pelo menos uma etiqueta ou identificação e qualquer produto pode ser falsificado ou adulterado. Sem contar que as embalagens podem ser usadas para outros fins e podem ter seu conteúdo trocado por outro de menor valor. Além disso, há a possibilidade dos canais de vendas burlarem as regras de comercialização e de quebra de exclusividade através da importação de itens similares.

Alguns exemplos de soluções para segurança de embalagens da Arjowiggins são:

- STES (substrato adesivo que evidencia tentativas de adulteração);
- *Spot-tag* (implantação de um elemento de altíssima segurança que cria um DNA do produto);
- *Securitrack* (adição de rastreabilidade ao produto através de um código de barras simples ou bidimensional).
- Securepack (um papel de segurança que não compromete a beleza da embalagem).

Uma outra forma de garantir a segurança das embalagens é através das cores, como mostrou Anderson Maia, da Cromex. Com o avanço na aplicação das cores, ele citou a tecnologia de marcação a *laser*, com foco em duas versões, a CO<sub>2</sub> e a Nd-YAG. As vantagens do sistema YAG são a alta produtividade, a melhor qualidade da marcação e a melhor flexibilidade de marcação, mudanças de formas e de fontes.

Hologramas e *hot stamping* também são recursos bastante interessantes na proteção de embalagens e produtos. Na apresentação do Grupo Bobst, Claudinei Padua e Eduardo Pereira, mostraram que aumentar a qualidade da impressão da embalagem é o primeiro passo para proteger a marca.

Hoje, a Bobst é líder em soluções para a aplicação de *hot foil stamping* com três tecnologias: *round/flat*, *round/round* e *flat/flat*. Estas tecnologias possibilitam a criação de algumas soluções como: aplicação de hologramas em registros, fitas em cédulas, aplicações de lamination difrativa, remoção da linha de emendas, aplicações de micro-relevos e *designs* personalizados.

Na área de papel cartão, a Suzano Papel e Celulose tem trabalhado intensamente para desenvolver soluções inovadoras contra a falsificação e a pirataria.

Cláudio Marques explica que os principais meios de combate à falsificação utilizada hoje - tinta reativa e lacre de segurança – são deficientes. A tinta porque não há exclusividade de produção e os lacres por serem facilmente copiáveis.

Por isso, a Suzano trabalha em um novo conceito: estabelecer controles na cadeia e aplicar cartão de segurança com base de controle; o alvo é a indústria farmacêutica. Segundo Marques, os principais atributos do conceito do cartão são: fácil verificação da autenticidade, confirmação na abertura e proteção contra ações indenizatórias.

Na área de flexíveis a preocupação é chegar a uma solução prática com um custo aceitável. A *Alcan Packaging* apresentou algumas soluções para inviolabilidade, entre elas a selagem por indução cujo selo não pode ser removido sem deixar evidências da abertura. Do ponto de vista de higiene, as soluções são ainda mais inovadoras como é o caso do sistema *pop up straw*, que libera um canudo apenas quando o *stand-up pouch* é aberto, ou do bico protegido na base do *pouch*; os *sachês* unidose também são vistos como uma opção.

Mas sem dúvida, a grande vedete da Alcan é a tecnologia N'Crypt, baseada em pigmentos fluorescentes ativados por ultravioleta. Os cilindros recebem uma microgravação onde a tinta fluorescente é depositada. Quando a impressão é exposta a uma luz normal ela é transparente; ela só aparece quando submetida à luz ultravioleta, esclarece a *Alcan Packaging*. Graças à complexidade do

gerenciamento de imagens, o sistema é extremamente difícil de ser reproduzido, Moraes (2011).

Para Mistretta (2007), a segurança das embalagens deve ir além e atingir os conceitos de autenticidade (ter a certeza de que o produto vem das fontes anunciadas) e rastreabilidade (capacidade de investigar a origem, o histórico ou a localização do item). Também é preciso levar em conta a segurança logística que é possível com fábricas e laboratórios de acesso controlado e restrito, armazenamento feito em locais monitorados e com rígido controle de estoque, comercialização através de vendas diretas e controladas e o transporte do material com fretes especiais.

Um dos *cases* de sucesso da 3M neste sentido foi o da Wabco que precisava acabar com os casos de falsificação, aumentar as vendas e eliminar as ações indenizatórias fruto dos problemas com peças piratas. A solução foi adotar selos construídos com filme com imagem oculta personalizada, papel frágil que impossibilita a reutilização das etiquetas e orientação nos pontos-de-venda. Já a Bayer, para evitar a falsificação de defensivos agrícolas, adotou selos construídos com filmes que mudam de cor e com número seqüencial que garantem a rastreabilidade do produto.

Nos sistemas de autenticidade e rastreabilidade, a falsificação está onde menos se espera e as consequências da pirataria são inúmeras, segundo Mistretta (2007):

- Perdas consideráveis de diversas (receitas de vendas, impostos e encargos trabalhistas);
- Danos irreversíveis à imagem da marca;
- Serviços de garantia em produtos falsificados;
- Ameaça ao emprego formal;
- Ações indenizatórias por perdas e danos;
- Constrangimento diplomático.

Para se combater a pirataria há de se fazer, investigação criminal, busca e

apreensão, garantia de autenticidade (dificuldades encontradas – consumidor conivente, contaminação varejo), orientação ao consumidor, ações legais, alcance das ações de combate à pirataria.

A garantia de autenticidade deverá estar na cadeia toda, onde fabricante, distribuidor e varejo (investigação – rede criminosa) e ações legais, no distribuidor e no varejo, busca e apreensão. O consumidor deverá ser orientado em diferentes níveis de segurança:

- Autenticidade - é a certeza de que um objeto provém de fontes anunciadas e que não foi alvo de alterações ao longo do processo.
- Inviolabilidade – garante que um objeto não foi aberto, violado e seu conteúdo não sofreu alteração.
- Rastreabilidade – capacidade de investigar a origem, o histórico ou a localização de um item ou de uma atividade por meio de informação devidamente registrada.

A aposta atualmente para a tecnologia de segurança no ramo farmacêutico tem sido no investimento realizado. Além de garantir a preservação do produto envasado em razão de suas características, como barreira à luz, gases e umidade, o alumínio também possibilita a impressão de efeitos 3D (*embossing*) nas embalagens. Os microtextos e as linhas *Guilloche*, encontradas em papel-moeda e outros tipos de documentos, são difíceis de copiar. Outro item de segurança que tem feito sucesso, principalmente em países do primeiro mundo é o sistema de *blisters* à prova de abertura por crianças, mas, ao mesmo tempo, amigável para idosos. O processo segue uma sequência que não é natural para a criança, explica Moreno.

#### **4.4.4 Inovações de Ruptura e Incremental**

Nesta área, as tecnologias aplicadas são de ruptura, pois o maior desafio é como tornar cada vez mais tornar os produtos unânimis. É sabido que as

falsificações sempre irão existir, por isso quanto mais desenvolvida for a tecnologia desta área, mais difícil de falsificar será.

## 5 METODOLOGIA

Para GIL (2002) a pesquisa é definida como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa é desenvolvida ao longo de um processo que envolve várias fases, desde a adequação da formulação do problema até a apresentação dos resultados.

Segundo Gil (2002) as pesquisas são classificadas de acordo com seus objetivos gerais, classificação baseada nos objetivos. A pesquisa exploratória tem como objetivo, por exemplo, proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou construir hipóteses. Busca o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições.

Gil (1999) complementa que este tipo de pesquisa é realizado especialmente quando o tema escolhido é pouco explorado e torna-se difícil sobre ele formular hipóteses precisas e operacionalizáveis. Além disso, o mesmo autor enfatiza que a pesquisa exploratória pode ser a primeira etapa de um projeto maior.

Pesquisa descritiva tem como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno, ou então o estabelecimento de relações entre variável.

Pesquisa explicativa é onde a preocupação central dessas pesquisas é identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos.

A classificação baseada nos procedimentos técnicos segundo SEVERINO (2010) é:

Pesquisa participante é aquela em que o pesquisador, para realizar a observação da pesquisa compartilha a vivência dos sujeitos pesquisados, participando de forma sistemática e permanente, ao longo do tempo da pesquisa e das atividades.

Pesquisa-ação visa compreender e intervir na situação até modificá-las caso for. Realiza um diagnóstico e análise de uma determinada situação.

Estudo de caso é a pesquisa que se concentra no estudo de um caso particular, considerado representativo de um conjunto de casos análogos, por ele significativamente representativo.

Pesquisa etnográfica visa compreender, na sua cotidianidade, os processos do dia a dia em suas diversas modalidades.

Análise de conteúdo é uma metodologia de tratamento e análise de informações constantes de um documento, sob a forma de discursos pronunciados em diferentes linguagens: escritos, orais, imagens, gestos. É um conjunto de técnicas de análise das comunicações.

Com base nos objetivos este trabalho pode ser classificado como pesquisa exploratória. O estudo exploratório auxilia o pesquisador a solucionar e/ou aumentar sua expectativa em função do problema determinado (TRIVINÓS, 1987). Richardson (1999) também afirma que quando não se tem informação sobre determinado tema e se deseja conhecer o fenômeno, este tipo de estudo é o exploratório.

## 6 CONCLUSÃO

Traçar um futuro para as embalagens não é muito difícil, desde que se saiba como andam as pesquisas tecnológicas nesta área. Mas o importante não é só a embalagem em si, mas o sistema de embalagens, pois nele poderemos ter diversas inovações sendo de ruptura ou incremental.

Como foi apresentado, a nanotecnologia, a radiofrequência, o *design* lagem e a segurança de embalagens estão com as pesquisas em estado acelerado. Quando estas pesquisas saírem do laboratório para a produção em escala e se o preço for competitivo fará o cotidiano do consumidor muito mais prático do que hoje. Não existe ainda tecnologia eficiente no sistema de embalagens capaz de assegurar a não deterioração dos alimentos e nem evitar roubos ou fraudes.

Há necessidade de muito estudo e de se acelerar os estudos que estão em andamento para se ter inovações de ruptura, que são de impacto para o mercado. As inovações incrementais são mais fáceis de se colocar em circulação, pois não dependem de investimentos tão grandes.

A nanotecnologia é a grande promessa para os próximos anos. Com tantas pesquisas e investimentos, trarão para o mercado uma verdadeira onda de produtos que irão quebrar os paradigmas atuais. Os alimentos são o foco principal, pois deterioraram com o tempo. Materiais que trazem barreiras às embalagens deixaram a logística destes produtos melhor.

A radiofrequência trará benefícios que poupará tempo do consumidor, redução de tempo em filas dos supermercados e rastreabilidade do sistema de embalagens.

O *design* de embalagens irá se desenvolver dependendo dos materiais e maquinários que estarão disponíveis. Neste ramo encontram-se muitas inovações incrementais, pois dependem mais de melhorias e de criatividade.

Segurança em embalagens vem para dificultar as fraudes e fazer com que o consumidor e o fabricante possam identificar se o produto é o original ou não.

Enfim, todas estas tecnologias, algumas no início do seu ciclo de vida, serão de ruptura e com o tempo se tornarão incrementais. Porém, as pesquisas deverão continuar para que haja cada vez mais inovações de ruptura para o mercado, tudo isso para que possa acompanhar o ritmo de vida dos consumidores.

## REFERÊNCIAS

ABERNATHY, W. J.; UTTERBACK, J. M. **Innovation over time and in historical context.** Readings in the Management of Innovation, 1988.

ABRE – Associação Brasileira de Embalagem. **Apresentação do setor – Histórico.** Disponível em: <[http://www.abre.org.br/apres\\_setor\\_historico.php](http://www.abre.org.br/apres_setor_historico.php)>. Postado em 2004. Acesso: 17 dez. 2010.

ABRE – Associação Brasileira de Embalagens. **Rodada temática de Segurança de Embalagens.** 22/05/2007. Palestrantes: Gulherme Mistretta - 3M, . Disponível em: <<http://www.abre.org.br/jornal/news68/rodada.htm>>. Acesso em 17/07/2012.

AZERDO, H.; ROSA, M.; BASTOS, S.; FURTADO, R.; FIGUEIREDO, Maria Cléa. **Nanotecnologia Aplicada a embalagens de Alimentos.** Embrapa Agroindústria Tropical. <<http://www.crcti-ne.al.gov.br/programacao/palestras/NANOTECNOLOGIA%20APLICADA%20A%20EMBALAGENS%20DE%20ALIMENTOS.pdf/view>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

CABRAL, A. C. D. **Aspectos da seleção de equipamentos e de materiais e da estocagem de produto acabado no projeto de sistema de embalagem industrial.** São Caetano do Sul. Material utilizado no curso de Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos, 2007.

CABRAL, A. C. D. **EPI-142 - Sistemas e equipamentos de Embalagem.** São Caetano do Sul: Material utilizado no curso de Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos, 2007.

CALVACANTI, P. e CHAGAS, C. **História da embalagem no Brasil.** São Paulo: Editora Griffó, 2006. Livro publicado pela ABRE Associação Brasileira de Embalagem.

COBRA, M., **Administração de Marketing**. Editora Atlas, 2<sup>a</sup> Edição. São Paulo. 1992.

COMISSÃO EUROPÉIA. **Livro Verde sobre a Inovação**. 1996.

EUROPEAN COMISSION. **Nanotechnology: innovation for tomorrow's world**. Brussels: Directorate General for Research, 2004.

CHAVES, A. **Nanociência e Nanotecnologia**. Disponível em:  
[<http://www.comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/nano17.htm>](http://www.comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/nano17.htm). Postado em 10 nov. 2002. Acesso em: 06 out. 2012.

CHRISTENSEN, C. M. **O Dilema da Inovação**. São Paulo, Makron, 2001.

DRUCKER, P. **Administração de organizações sem fins lucrativos: princípios e práticas**. São Paulo: Pioneira, 1995.

FIOLHAIS, C. **Breve história da Nanotecnologia**. Disponível em:  
[<http://dererummundi.blogspot.com.br/2007/05/breve-historia-da-nanotecnologia.html>](http://dererummundi.blogspot.com.br/2007/05/breve-historia-da-nanotecnologia.html). Postado em 06/05/2007. Acesso em 06/09/2012.

FREEMAN, C.. **Japan: A New National System of Innovation**. In: Dosi, G.; Freeman, C.; Nelson, R. R.; Silverberg, G; Soete, L. *Technical Change and Economic Theory*. Londres: Printer, 1988.

GALBRAITH, J. K. **A cultura do contentamento**. São Paulo: Pioneira, 1992.

GARCIA, R; CANTALONE, R. **A critical look at technological innovation typology and innovativeness terminology: a literature review**. *The Journal of Product Management*, v. 19, p. 110-132, 2002.

GALEMBECK, F.; RIPPEL, M. M. **Estudos Estratégicos. Parte I. Nanotecnologia. Estratégias institucionais e de empresas**. Núcleo de assuntos estratégicos da Previdência da República. Brasília. 2004.

GASPARIN, M. Jornale. **Embalagens: um mercado antigo, mas muito dinâmico para empreender.** 2010. Disponível em: <<http://jornale.com.br/mirian/?p=11952>>. Acesso em: 17 jun. 2012.

GIL, A. C. **Como elaborar Projetos de Pesquisa.** São Paulo: Ed. Atlas. 2010. 5<sup>a</sup> edição.

GOMES, B.J.L.; SOUZA, C.G.. **Utilização de embalagem na indústria farmacêutica.** ENEGEP. Fortaleza. 2006. Disponível em <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGER2006\\_TR490327\\_7191.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGER2006_TR490327_7191.pdf)>. Acesso em: 15 mai. 2012.

GOPALAKRISHNAN, S.; DAMANPOUR, F. **A Review Economics, of Innovation Research in Sociology and Technology Management.** International Journal of Management in Science, Vol. 25, No. I, p. 15-28, 1997.

GOMES, B. J. L. ; de Souza CG. **Utilização de materiais de embalagem na indústria farmacêutica: estudo exploratório do uso de vidro ou PET em frascos de xarope.** Em: XXVI ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2006, Fortaleza. Anais do ENEGEP 2006. Rio de Janeiro: ABEPRO, v. 1, p. 1-8, 2006. <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGER2006\\_TR490327\\_7191.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGER2006_TR490327_7191.pdf)>. Acesso em: 15 mai. 2012.

GRUENWALD, G. **Como desenvolver e lançar um produto novo no mercado.** Makron Books. São Paulo. 1993. 553p.

KOTLER, P. **Administração de Marketing: análise, planejamento, implementação e controle.** São Paulo: Ed. Atlas. 1994.

KNOP, A. V. H. **Um estudo exploratório sobre os fatores habilitadores e inibidores da inovação organizacional em empresas canadenses prestadoras de serviços profissionais para o mercado de telecomunicações.** Dissertação de Mestrado: São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/2374?show=full>>. Acesso em: 08 set. 2012.

MARTINS, P.R. **Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente.** I Seminário Internacional. São Paulo: Associação Editorial Humanitas, 2005.

MESTRINER, Fabio. **Design de Embalagens.** Curso básico. São Paulo. Makron Books, 2001. 138 p.

MORAES, J. A. Embalagem. Espaço Crescente. **Revista Alumínio.** Disponível em: <<http://www.revistaaluminio.com.br/recicla-inovacao/15/artigo210625-1.asp>>. Postado em: 2011. Acesso em: 06 set. 2012.

MOURA, R. A.; BANZATO, J. M. **Manual de Movimentação de Materiais: Embalagem, Acondicionamento, Utilização e Conteinerização.** São Paulo: IMAM, vol. II, 1990.

MESTRINER, F. **Design de Embalagens.** Curso avançado. São Paulo. Pearson Education do Brasil. Books, 2001. 172 p.

MESTRINER, F. **Gestão Estratégica de Embalagens:** Uma Ferramenta de Competitividade para sua Empresa. São Paulo. Pearson Prentice Hall. 2007.

MOORE, G. **Nanotecnologia em embalagens.** São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2009.

MONITOR DAS FRAUDES. Disponível em: <<http://www.fraudes.org/showpage1.asp?pg=316>>. Acesso em: 13 ago. 2012.

MORGAN, J.M. e LIKER, J.K - **Sistema Toyota de desenvolvimento de produto: integrando pessoas, processos e tecnologia.** Tradução Raul Rubenich – Porto Alegre: Bookman, 2008. 392p.

OCDE, MANUAL DE OSLO. **Diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. Organizações para cooperação e desenvolvimento econômico e gabinete estatístico das comunidades Européias.** 3a edição. 2005.

OLIVEIRA, Rogério. **O futuro das embalagens?** Disponível em: <<http://packbyday.blogspot.com/2008/03/o-futuro-das-embalagens.html>>. Postado em 21 mar. 2008. Acesso em 20 jul. 2011.

PACK. Editora Banas. Ano 9. Número 110. Outubro 2006. Desenhando o futuro.

OCDE, Manual de Oslo: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. Organizações para cooperação e desenvolvimento econômico e gabinete estatístico das comunidades Européias: 3<sup>a</sup> edição. 2005.

PELEGRINI, A. V. **O processo de modularização em embalagens orientado para a customização em massa: Uma contribuição para a gestão do design.** Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Paraná. Orientadora: Prof. Dr. Virginia Borges Kistmann. Curitiba, 2005. Disponível em: <[http://www.pgmec.ufpr.br/dissertacoes/dissertacao\\_041.pdf](http://www.pgmec.ufpr.br/dissertacoes/dissertacao_041.pdf)>. Acesso em: 09 set. 2012.

PIRA INTERNATIONAL. New York: John Wiley and Sons, 1991, 556p. Disponível em: <<http://www.smitherspira.com/home.aspx>>. Acesso em: 07 set. 2012.

PLASTERMART. Disponível em: <[http://www.revistatecnologiagrafica.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=535:o-futuro-da-nanotecnologia-para-embalagens-de-alimentos-&catid=36:noticias&Itemid=196](http://www.revistatecnologiagrafica.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=535:o-futuro-da-nanotecnologia-para-embalagens-de-alimentos-&catid=36:noticias&Itemid=196)>. Acesso em: 01 jul. 2012.

SEVERINO, A.J. **Metodologia do Trabalho Científico.** São Paulo, Editora Cortez, 2010, 304p.

SIMANTOB, Moysés; LIPPI, Roberta. **Guia Valor Econômico de Inovação nas Empresas.** São Paulo: Globo, 2003.

SCHUMPETER, J. **A teoria do desenvolvimento econômico.** Nova Cultural: São Paulo, 1985.

STAMFORD, Conn. Gartner Says Worldwide RFID Revenue to Surpass \$1.2 Billion in 2008. **Gartner Newsroom.** Disponível em: <<http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=610807>>. Acesso em: 17 ago. 2012.

TRIVIÑOS, Augusto N.S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação.** 1.ed. São Paulo: Atlas, 1987.

VIEGAS, L. H. T. **Abordagem estruturalista para Inovações Radicais no Brasil.** Tese submetida Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2011.

WIKIPÉDIA. **Radiofrequência.** Disponível em <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Inova%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em 15/03/2012.

TEIXEIRA, José. Embalagens vão ser mais seguras e comestíveis. **Ciência Hoje.** Disponível em: <<http://www.cienciahoje.pt/index.php?oid=50337&op=all>> Acesso em: 20 jul. 2011.

<<http://www.gnpd.com>>. Acesso em: 20 jul. 2011.

<[www.research.bayer.com/edition/polyamides.phd](http://www.research.bayer.com/edition/polyamides.phd)>. Acesso em: 20 jul. 2011.

<[www.clemson.edu/scg/food/dawson.htm](http://www.clemson.edu/scg/food/dawson.htm)>. Acesso em: 20 jul. 2011.

<[www.nanocor.com](http://www.nanocor.com)>. Acesso em: 20 jul. 2011.

<www.cepmagazine.org>. Acesso em: 20 jul. 2011.

<www.trionsys.com>. Acesso em 20 jul. 2011.

<[http://www.gta.ufrj.br/grad/07\\_1/rfid/RFID\\_arquivos/breve%20historia.htm](http://www.gta.ufrj.br/grad/07_1/rfid/RFID_arquivos/breve%20historia.htm)> Acesso em: 20 mai 2012.

\_\_\_\_\_. Nanosystems: molecules, machinery, manufacturing and computations. New York: John Wiley and Sons, 1991, 556 p.

\_\_\_\_\_. Nanotecnologia: os riscos da tecnologia do futuro. Porto Alegre: L&PM Editores, 2005b. 197 p.

\_\_\_\_\_. Nanotecnologia e meio ambiente para uma sociedade sustentável. In: \_\_\_\_\_ (org.). Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente – II Seminário Internacional. p.114-132. São Paulo: Xamã V.M. Editora, 2006.

\_\_\_\_\_. et al. Revolução invisível: desenvolvimento recente da nanotecnologia no Brasil. São Paulo: Xamã, 2007. 103 p.