

Polímeros do Futuro – Tendências e Oportunidades: Palestras Técnicas (II)

Esta edição dá continuidade à publicação das apresentações de conceituados especialistas da indústria e do meio acadêmico, durante o seminário “Polímeros do futuro – tendências e oportunidades”, promovido pela ABPol, em 26 de novembro último, no auditório do Instituto de Engenharia, em São Paulo. A publicação das palestras na revista “Polímeros: Ciência e Tecnologia” permitiu considerável acesso da comunidade às importantes informações e pontos de vista apresentados no seminário, não os limitando ao público presente. Os textos que seguem são a transcrição de seis das onze palestras e conservam o tom descontraído e coloquial das apresentações. Reiteramos, nesta oportunidade, o apoio e a colaboração de todos os patrocinadores (Advanced Elastomer Systems Brasileira, Basf, Braskem, Ciba Especialidades Químicas, DSM South America, DuPont do Brasil, GE Plastics South America, Innova, Nitriflex, Radici Plastics, Rhodia-Ster Fibras e Resinas e Ticona Polymers) e palestrantes: Francisco Ferraroli (Rhodia), Alan Kardec Nascimento (Braskem), Paulo F. B. De Callis (Ticona), Dirceu Feijó (DSM), Derval dos S. Rosa (USF), Nilton F. de Almeida Jr. (Advanced Elastomer), Robert Huber (BASF), Fernando Galembeck (IQ/UNICAMP), Rodrigo Lima (Ciba), Marcos Cardenal (Battenfeld) e Marco A. Oliveira (GE).

Os plásticos de engenharia no contexto do mercado de termoplásticos: um desafio para vencer – Francisco Ferraroli, Rhodia Engineering Plastics South America

O eng. Francisco Ferraroli iniciou sua apresentação discorrendo sobre os plásticos de engenharia no contexto do mercado de termoplásticos – um desafio para vencer. Ressaltou que não iria se restringir aos plásticos de engenharia da Rhodia, pois o propósito era falar sobre os plásticos de engenharia de forma ampla, pois os desafios a serem enfrentados dizem respeito a todos os plásticos de engenharia do mercado brasileiro.

De forma a situar o assunto e uniformizar a linguagem, iniciou um breve histórico. Segundo Ferraroli, pode-se adotar como definição para plástico a origem da palavra vinda do grego, que

significa alguma coisa flexível, mas existem algumas outras. Genericamente pode usar como definição de plástico “qualquer substância que pode ser moldada através da ação do calor e da pressão”. Um termo muito mais corrente hoje é o termo polímeros e também a expressão “termoplástico”. A humanidade tem estado em contato com polímeros há muito tempo, através de vários produtos que são encontrados na natureza: resina do pinheiro, o asfalto, betume, o âmbar, a resina shellac, a cera de abelha. São materiais que na natureza já se encontram prontos e quando analisados estão na família dos polímeros. Só que da forma como nós conhecemos, a nossa profissão então nos indica o verdadeiro boom do mundo dos polímeros começou acontecer junto com a grande onda de industrialização que o mundo conheceu a partir de meados do século XIX. A partir de 1838, com a descoberta

do monômero de vinil celulose, vem toda uma seqüência de desenvolvimentos e descobertas sobre as quais não é necessário se estender porque todos, ao longo de sua vida acadêmica e profissional se aprofundaram em todos estes ciclos de descobertas que acabou culminando no desenvolvimento de algumas das grandes resinas que encontramos hoje. As poliamidas introduzindo uma série de revoluções a partir de 1938, o polietileno em 1939, os poliuretanos em 1940, politetrafluoretileno em 1941, silicones em 1943. Foi uma época onde realmente ocorreu uma avalanche de descobertas que começou lá atrás. A partir daí, começamos a classificar os termoplásticos, principalmente em função da sua utilização, mas também em função da sua competitividade, de sua viabilidade econômica.

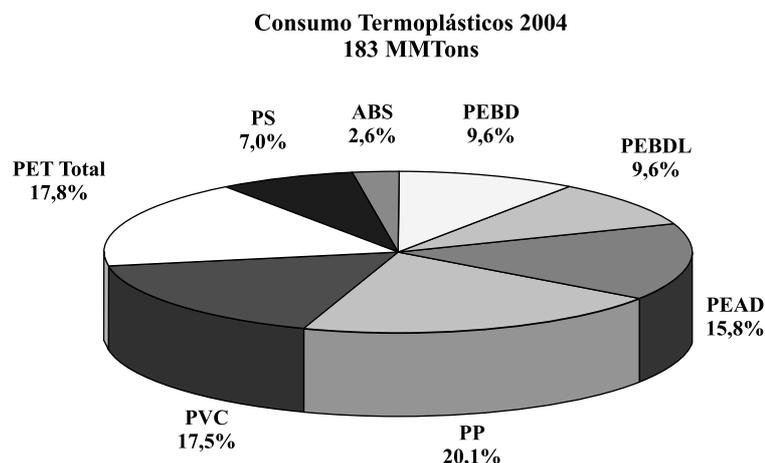
A partir dessa tentativa de agrupamento, temos utilizado este agrupamento, pegando um certo

grupo de produtos cujo consumo mundial se faz na escala às vezes de milhões de toneladas por ano e chamamos de plásticos de massa; um grupo intermediário que por causa de sua performance um pouco melhorada já em relação aos plásticos de massa se chama de plástico de engenharia e depois um grupo de plásticos especiais dentro desta pirâmide. E é evidente que o resultado deste cruzamento é também o volume de consumo, que é muito grande nos plásticos de massa e vai diminuindo quando se fala de plásticos especiais. Os grandes plásticos de massa, segundo o tamanho de mercado, e indo do maior para o menor dentro do grupo do cinco grandes, são: os polietilenos, o polipropileno, o PVC, o PET e o poliestireno. E proporcionalmente também, em escala desta vez crescente em termos de custo, começamos com o plástico de massa que tem custo mais barato que é o PVC, seguindo pelo polipropileno, polietilenos, o poliestireno e finalmente a resina PET que hoje, dentro deste grupo, é aquela que tem o preço mais elevado.

Com os dados de 99 nós temos a resina de maior volume de consumo mundial sendo os polietilenos, com 46 milhões de toneladas consumidas e em seguida um grupo de três resinas que competem entre si e têm praticamente o mesmo tamanho de mercado, que são o polipropileno, o PVC e a resina PET - e finalmente poliestireno. As taxas de crescimento projetadas no período 1998/2003 podem ser vistas no gráfico que mostra que o polipropileno é ainda a resina que vem apresentando um crescimento mais rápido, seguido da resina PET. De qualquer

maneira, as taxas de crescimento dos materiais termoplásticos no mundo hoje ainda são bastante elevadas, se nós compararmos com muitos outros materiais como o aço, muitas vezes com o próprio alumínio, e compararmos também com o crescimento da economia mundial, que em média se situa na faixa de 2% , 2,5%. Estamos falando ainda de materiais que têm um ritmo de crescimento sensivelmente maior que o crescimento da própria economia mundial, o que significa que está ocupando espaço de outros materiais.

consumo dessas resinas e inclusive olharmos a situação, não no mundo todo, mas no Brasil, podemos observar a repartição do consumo de PVC, por exemplo, no mundo. Observam-se várias aplicações que nós encontramos no nosso dia-a-dia - tubos e conexões. Quando se fala em PVC, a primeira coisa que vem à cabeça são tubos e conexões, material de construção, cano de PVC e todos os acessórios que vão junto. Outra coisa que encontramos freqüentemente também é o PVC nas embalagens, frascos, etc, no revestimento de fios e cabos



O consumo de termoplásticos projetado para 2004 se situa em 183 milhões de toneladas e a repartição que se estima alcançar pode ser vista no gráfico. Pode-se ver os polietilenos detendo uma parcela significativa deste mercado, os polipropilenos vindo em seguida com 20%, PVC com 17,5%, o PET já ultrapassando inclusive o consumo de alguns outros materiais e chegando perto do polipropileno com 17,8%, o poliestireno diminuindo de importância por causa daquelas taxas de crescimento menores que vimos agora há pouco. Se falarmos um pouco de quais são os impulsionadores do

elétricos, os filmes de PVC, as embalagens que são usadas hoje em casa para envolver o produto para ir para dentro da geladeira. Mas, por exemplo, uma coisa, que é muito recente e nós encontramos em pequena escala no Brasil, é o uso de PVC em caixilharia, em janelas e afins. No mundo hoje 19% do PVC que é consumido vai neste tipo de aplicação que no Brasil ainda tem pouca expressão. Assim, se eu sou um fabricante de PVC, eu vejo uma perspectiva interessante para poder desenvolver novos mercados, novas aplicações. Isto pode ser visto inclusive na publicidade vem

começando a acontecer, em artigos da imprensa e tudo mais.

Outra coisa que se observa, mas já no sentido oposto, e que é muito interessante, é a distribuição do consumo mundial em regiões geográficas da resina PET no grade garrafa. Neste caso, a repartição é essa: a América do Norte é responsável por 43% do consumo total; a Europa por 27%. Mas vamos destacar principalmente este consumo mostrado aqui na América do Sul. A presença da América Latina na economia mundial representa, em grandes linhas, mais ou menos 3% da economia mundial. No entanto, a América do Sul representa 7% do consumo mundial de PET em "bottle grade". O que quer dizer isso? Quer dizer que por causa de algumas condições específicas locais, contrariamente àquilo que nós estávamos falando agora mesmo sobre o PVC em caixilharia, em janelas, no caso do PET em grau garrafa, temos um consumo muito mais elevado. Isto é fruto de características de consumo locais bem específicas, ou seja, nós sabemos que depois dos Estados Unidos, o Brasil e o México são os dois maiores consumidores mundiais de refrigerantes, por exemplo, e é isto que tem servido como alavancador, impulsionador do consumo das resinas PET aqui na região. Então, uma das coisas para as quais devemos estar sempre atentos é para estas oportunidades que são não apenas decretadas pela participação que uma região tem no mercado mundial, mas por condições específicas de hábito de consumo, por exemplo.

Se nós formos olhar, e agora é realmente um passeio rápido sobre as aplicações dos materiais poli-

méricos no nosso dia-a-dia, encontramos nas prateleiras de uma loja de 1,99: os brinquedos feitos em poliestireno, as utilidades domésticas, tais como as esponjas, com poliuretano e náilon, as espátulas em náilon, as embalagens para uso no comércio e em casa, para comestíveis. Garrafas e garrafões com utilização muito larga da resina PET e do policarbonato são encontradas hoje também em larga escala; há também garrafões e garrafas em polipropileno e tudo mais. Continuando, podemos encontrar: bolas para prática de esporte, raquete de tênis, vestuário, equipamentos para camping e para esportes radicais. No som as membranas de bateria, hoje em dia os desfiles de escola de samba não desafina mais quando chove. Pode chover quanto quiser. O pessoal começou a usar o material polimérico em tudo, nas fantasias, nos instrumentos. Isto garante o brilho do evento.

A venda no Brasil, por exemplo, de compact disc faz a alegria de nossos fabricantes de policarbonato; instrumentos musicais, com o náilon aparecendo nas cordas dos instrumentos de cordas; os teclados de poliestireno; de novo na área de lazer e diversões, os carrinhos de controle remoto, os tapetinhos que a criança usa para brincar; os patins que têm a bota em polipropileno, o chassi em náilon e depois as rodas com o uso de poliuretano; as escovas de dentes que têm hoje uma haste em polietileno, cerdas de náilon; as palmilhas em poliuretano, os frascos que são utilizados em materiais poliméricos e o conteúdo que também usa muitas vezes nas suas formulações os nossos polímeros, as fraldas usando polietileno. Na náutica

podemos encontrar nos equipamentos de mergulho, casco do jet ski, roupas de mergulho, tudo isso com a combinação dos nossos materiais, materiais com os quais se brinca no dia-a-dia. Já falamos dos caixilhos de PVC. Hoje em dia, no Sul existe uma empresa que está desenvolvendo projetos inclusive habitacionais; tem um pequeno bairro de casas populares em Canoas sendo implantado com casas de PVC, que no Brasil são pouco usadas, mas em certos países, principalmente em ambientes marinhos têm muito uso justamente pela alta resistência a intempéries e a ambientes mais agressivos. Quem não tem hoje em casa uma cadeira de polipropileno, daquela descartável, que quando usou, quebrou, a gente troca porque se tornou muito acessível? Um desenvolvimento recente que é aquecedor solar usando toda a sua estrutura em polietileno, fabricado por uma empresa do interior de São Paulo, que tradicionalmente tinha desenvolvido toda uma linha de equipamentos agrícolas para aspersão na lavoura e tudo mais, e que é uma pioneira nisso. Disjuntores utilizados em PBT e em poliamida também; calçados, meias, o revestimento dos sapatos externamente feitos em PVC; os saltos de sandálias da moda feitos em náilon muitas vezes; nos produtos eletrônicos, conectores e toda a parte de dispositivos automáticos dos equipamentos eletrodomésticos hoje em dia, ferro de passar roupa, ferramentas manuais, equipamentos de som; nos automóveis, os coletores de admissão que são a peça mais recente incorporada no automóvel ao longo dos últimos quatro anos e que praticamente substituíram integralmente tudo

que havia em ferro fundido, em alumínio. Principalmente os veículos de concepção européia estão tendo os coletores de admissão generalizados em náilon; as tampas de comando de válvula, máscara de farol, o airbag, a pedaleira onde todo este conjunto é feito em náilon reforçado em fibra de vidro.

Essa grande diversidade de aplicações normalmente é ditada por motivos econômicos, por motivos de performance, por motivos de hábitos de consumo, e a indústria vai permanentemente pesquisando essas variáveis e vai com isso determinando as suas escolhas. Uma análise rápida mostra que na indústria automobilística européia, 10% do peso do veículo já é em materiais plásticos ou termoplásticos. E aí pode-se incluir

inclusive os revestimentos internos. Nós temos 41% desse material todo usado no automóvel constituídos por polipropileno, 20% por poliamida, 14% são de ABS, depois vem o policarbonato com 6%, poliacetal com 6%, PBT - 5%, PMMA com 2%, e outros materiais variados. Na distribuição no veículo americano, 38% dos materiais plásticos se encontram no interior do carro e 29% em peças da carroceria, sob o capô só 10% e depois no sistema de powertrain e chassis, 23%. A escolha do materiais está em 47% em PVC, 20% em polipropileno, 5% em poliuretano, e outros materiais variados depois, não-plásticos, 28%.

Como é que nós ficamos neste jogo entre as grandes regiões e o Brasil? Aqui está um mapa dos

vários materiais incluindo as grandes resinas e os principais plásticos de engenharia no mundo todo em milhões de toneladas distribuídas entre América do Norte, Europa e depois o Brasil. Se tomarmos a América do Norte como base 100 e fizermos uma relação de consumo nas outras regiões, Europa e Brasil, vemos o seguinte: praticamente em tudo que analisarmos, a relação de consumo pegando o número bruto entre o Brasil e a América do Norte, costuma dar 1 para 10. Se pegarmos o consumo de têxteis, vamos encontrar 1 para 10; se pegarmos o consumo de vários produtos alimentícios, vamos encontrar 1 para 10. As vendas da indústria automobilística americana este ano estão apontando

Consumo dos Plásticos - MMTons

	América do Norte	Europa	Brasil
PEBD/PEBDL	8,11	6,94	0,89
PEAD	7,01	4,59	0,70
PP	7,07	6,29	0,78
PVC	6,52	5,62	0,73
POLIESTIRENO	3,03	2,85	0,30
PET	3,28	2,90	0,36
ABS/SAN	1,40	0,70	0,05
PMMA	2,73	0,30	NS
ACETAIS	0,26	0,28	0,003
POLICARBONATOS	1,04	0,34	0,01
POLIAMIDAS	0,63	1,16	0,03
ACRÍLICOS	1,17	0,36	NS
OUTROS	0,97	0,86	2,00
TOTAL	43,30	33,20	5,85

Consumo dos Plásticos (%) - América do Norte = 100

	América do Norte	Europa	Brasil
PEBD/PEBDL	100	86	11
PEAD	100	65	10
PP	100	89	11
PVC	100	86	11
POLIESTIRENO	100	94	10
PET	100	88	11
ABS/SAN	100	50	4
PMMA	100	11	NS
ACETAIS	100	108	1
POLICARBONATOS	100	33	1
POLIAMIDAS	100	184	5
ACRÍLICOS	100	31	NS
OUTROS	100	89	206
TOTAL %	100	77	14

Consumo - (KG/Hab)

	América do Norte	Europa	Brasil
PEBD/PEBDL	28,96	21,96	5,24
PEAD	25,04	14,34	4,12
PP	25,25	19,66	4,59
PVC	23,29	17,56	4,29
POLIESTIRENO	10,82	8,91	1,76
PET	11,71	9,06	2,12
ABS/SAN	5,00	2,19	0,05
PMMA	9,75	0,94	NS
ACETAIS	0,93	0,88	0,018
POLICARBONATOS	3,71	1,06	0,06
POLIAMIDAS	2,25	3,63	0,18
ACRÍLICOS	4,18	1,13	NS
OUTROS	3,46	2,69	11,76
TOTAL %	154,64	103,75	34,41

Consumo - (consumo/renda per capita)

	América do Norte	Europa	Brasil
PEBD/PEBDL	100	97	63
PEAD	100	74	57
PP	100	101	63
PVC	100	98	64
POLIESTIRENO	100	106	57
PET	100	100	63
ABS/SAN	100	57	3
PMMA	100	12	NS
ACETAIS	100	122	7
POLICARBONATOS	100	37	6
POLIAMIDAS	100	208	27
í	100	35	NS
OUTROS	100	100	NS

mais ou menos 15 milhões de unidades; as nossas aqui estão apontando 1 milhão e 500 mil unidades, e isto dá 1 para 10. As grandes resinas de massa têm uma relação com o consumo norte-americano de mais ou menos 1 para 10 também. Se nós analisarmos em contrapartida os plásticos de engenharia, nós vamos encontrar relações entre 1 para 100, 1 para 40, 1 para 50, ou seja, nós estamos numa relação bastante diferente daquilo que, tradicionalmente, em proporção normal, deveríamos encontrar. Tomando o exemplo dos plásticos de engenharia, nós encontramos coisas como 1 para 27 nas poliamidas, o que mostra o peso da indústria automobilística no Brasil, já buscando um nivelamento com os mercados internacionais. O carro global vem avançando rapidamente aqui, as tecnologias estão se incorporando, mas mesmo assim nós estamos significativamente abaixo daquilo que deveria ser, isto para não falar de outros materiais onde as oportunidades de crescimento são importantes.

A reflexão é: por que isto acontece? Nós sabemos que o tamanho do mercado depende do poder aquisitivo. Depende também do tamanho da população, mas nós estamos significativamente abaixo do consumo-padrão, mesmo para nossas condições de população, de renda, etc.. A escala de produção vem sendo o fator condicionante seguinte. O que eu queremos dizer é o seguinte: os investimentos necessários para poder desenvolver uma série de produtos fabricados com plásticos, principalmente com plástico de engenharia, são elevados por causa dos custos dos moldes, que são uma das grandes barreiras que temos ao passar de

um material qualquer para o plástico. Sendo este investimento inicial muito grande, isso tem servido como barreira a um crescimento mais rápido dos plásticos de engenharia. A partir do momento em que atingirmos uma escala de produção que viabilize este investimento, o consumo desses materiais praticamente pode dobrar de uma hora para outra. O ponto sobre o qual nós temos que trabalhar é este: como tornar viável isto? Como trabalhar sobre os materiais, como trabalhar sobre as tecnologias de transformação, como trabalhar com as tecnologias produção de moldes para poder fazer com que este investimento inicial seja mais baixo e com isso possamos acelerar o nosso crescimento? Esse é o ponto de reflexão que gostaríamos de compartilhar com vocês.

Novas versões do poliacetal copolímero – Paulo Fernando B. de Callis, Ticona Polymers

Antes de começar a apresentação propriamente, gostaria de aproveitar a oportunidade para explicar um pouco a situação atual da Ticona. A Ticona deriva da antiga Hoechst, do antigo departamento de plásticos de engenharia da Hoechst e nem todos tiveram oportunidade de acompanhar, tal a velocidade das mudanças e das fusões, o que aconteceu nos últimos anos. Vou tomar só um minuto para apresentar como hoje a Ticona está enquadrada dentro do grupo. Até o meio da década de 90, um grande número de empresas que eram química e farmacêutica, principalmente baseadas na Europa, decidiram reestruturar o negócio e separaram a área chamada de ciências da vida, onde pratica-

mente está a área farmacêutica, da industrial, da área de química, commodities, como se diz. Esse foi o caso que aconteceu com Ticona, Ciba Geigy, a própria Sandoz, Rhodia, cuja área farmacêutica depois se juntou com a área farmacêutica da Hoechst, e a própria Hoechst. Alguns negócios foram desativados, por obsolescência, foi o caso dos gases de refrigeração, CFC, alguns produtos químicos à base de cloro, etc e tal. Algumas linhas foram vendidas para outras empresas e uma parte foi preservada, já sob os novos critérios que a empresa tinha. Uma dessas partes é exatamente a Ticona que hoje se enquadra dentro de uma holding chamada Celanese. A Hoechst criou então uma holding chamada Celanese, que congrega os negócios remanescentes. São cinco grandes grupos, grandes áreas de negócios, basicamente produtos químicos, que giram um volume muito grande, já estão em processo de commoditização. A Ticona, que são plásticos de engenharia, e produtos de alto desempenho, aditivos para alimentos, adoçantes artificiais, ligados à química fina. A Celanese hoje é uma empresa de 5 bilhões de euros e a Ticona representa, aproximadamente, 15 ou 17% desse faturamento. Não é exatamente a parte maior da Celanese. A parte maior ainda continua na área química.

A linha de produtos da Ticona é basicamente a mesma linha de produtos que a Hoechst tinha. Nós temos o carro-chefe que são os poliacetais copolímeros. Nós temos duas ou três marcas, até mais, por processos históricos. Não é uma estratégia da empresa trabalhar com diferentes marcas, ou melhor, não foi escolhida assim como

estratégia. Ela deriva de processos de aquisição, licenças de tecnologia, parcerias em diferentes regiões do mundo. Essas marcas acabaram se consolidando nesses mercados e hoje elas são administradas como surgiram originalmente. Embora elas não sejam uma estratégia, elas são mantidas dessa forma. Nós temos náilon 66, polissulfeto de fenileno, uma linha grande e bem variada de poliésteres, que envolve desde elastômeros até o PBT e PET. E também o COC, que é o material mais recente da nossa linha, é um copolímero ciclo-olefínico à base de etileno e norborneno, o primeiro material totalmente transparente da nossa linha, está sendo muito usado em aplicações da área médica. Os polímeros de cristal líquido, que são três ou quatro séries, baseados em poliésteres e poliamidas; os materiais reforçados com fibras longas que foram incorporados, de uma empresa adquirida pela Ticona nos Estados Unidos. Eu vou falar basicamente sobre a linha dos poliacetais. Só para se ter uma idéia, as marcas estão mais ou menos distribuídas da seguinte maneira: Celcon era a marca mais forte, surgiu historicamente na América do Norte, então nós trabalhamos com a marca Celcon na região das Américas; a marca Hostaform surgiu na Europa e foi uma licença que a antiga Hoechst tomou para começar a produzir o acetal copolímero na Europa e ela se consolidou praticamente na Europa e em um pouco da África, África do Sul principalmente; e a marca Duracon vem também de uma licença que nós fizemos em parceria com uma companhia japonesa chamada Daicel, Dai Nippon Celulose

Company, um parceiro nosso lá na Ásia. Então nossa associação lá com a Daicel chama-se Polyplastics, é o maior fabricante de poliacetal lá na Ásia.

Basicamente, o mercado de poliacetal é dominado por dois tipos: o homopolímero e o copolímero. Vou aproveitar para fazer um parêntesis um tanto quanto longo, mostrando algumas diferenças entre eles, porque eu vou falar em seguida exclusivamente do copolímero. O homopolímero surgiu em 1960, ele foi a primeira versão de poliacetal no mercado, foi praticamente um marco da Du Pont e em seguida surgiu, um par de anos depois, o material da Ticona, que na época era a antiga Celanese, já na versão de copolímero, o Celcon. É interessante a gente notar aqui que, apesar desse descobrimento, que foi realmente um marco histórico, teve muita importância, a maioria das empresas que passou a fabricar poliacetal, quer sob licença de tecnologia, quer em associação ou parceria, optou pela tecnologia do copolímero. Mais para a frente, mostro a vocês que há uma razão, hoje já uma tendência de uso maior do copolímero, em função da resistência química. Há uma exceção, que é a Asahi, que continua ainda produzindo as duas versões, tanto o copolímero como o homopolímero. A matéria-prima básica dos dois, tanto homopolímero quanto copolímero, é o formaldeído. E a gente usa o formaldeído na forma de um trímico cíclico, conforme se pode ver, são três moléculas de formaldeído formando esse anel, mas por questões de segurança industrial. É possível polimerizar o poliacetal a partir do formaldeído, sem qualquer problema.

Mas é mais seguro manusear trioxano na forma líquida, do que formaldeído gasoso. Então o formaldeído é transformado em trioxano, antes de ser enviado para a fábrica de polimerização. No caso do homopolímero, a matéria-prima é basicamente formaldeído. No caso do copolímero, a maior parte, a grande parte é também formaldeído, mas ele leva pequenas frações, pequenas porcentagens em peso de éteres cíclicos. Os dois mais usados são o óxido de etileno e o dioxolano. Isso é para conseguir uma ligação carbono-carbono, ou grupo óxido-etileno ao longo da cadeia, que dá um pouquinho mais de resistência química e resistência térmica em alguns casos. Uma das coisas interessantes de se observar, tanto para o homopolímero quanto para o copolímero, é que o formaldeído é uma matéria-prima que não vem do petróleo. Na verdade, nós tomamos o formaldeído na cadeia industrial fazendo oxidação do metano para metanol e depois a redução do metanol para formaldeído. Então é uma vantagem estratégica, principalmente se considerarmos hoje que há um grande número de fábricas produzindo peças e componentes em escala global, ou seja, a matéria-prima do poliacetal não é dependente do petróleo. O gás natural, que é a fonte de matéria-prima para o formaldeído, ele é muito mais abundante, mais distribuído geograficamente que o petróleo. Isso garante uma certa confiabilidade em projetos que têm hoje envergadura global quanto a fornecimento de matéria-prima. Quando nós incorporamos aquelas pequenas frações dos éteres cíclicos na polimerização, a estrutura do

copolímero fica muito parecida com a do homopolímero, porque é uma estrutura bastante homogênea, há um padrão de repetição com uma regularidade muito grande aqui, que dá uma alta cristalinidade, a do copolímero é mais ou menos a cada cem unidades que você caminha na cadeia você encontra um grupo oxietileno que tenha aqui uma ligação um pouquinho mais forte, vamos dizer assim. Requer um pouco mais de energia para se romper essa ligação. O homopolímero, ele apresenta, em função da regularidade de repetição ao longo da cadeia, índices de cristalinidade maiores que o do copolímero. Então a cristalinidade média de um homopolímero na moldagem por injeção está por volta de 80, 85%, enquanto a do copolímero chega a 70% em peso. Se você trabalhar com condições ótimas de moldagem, molde em temperatura adequada, etc e tal, com ciclos de resfriamento adequados, você pode passar de 90, 95% de cristalinidade no homopolímero e chegar a quase 90 com o copolímero. Isso é muito importante para retenção de propriedades e estabilidade dimensional das peças moldadas que vocês vão ver. São dois requisitos básicos para se usar o poliacetal na maioria das peças.

As diferenças que surgem em função dessa diferença na estrutura é que o homopolímero, devido à maior cristalinidade, ele apresenta níveis mecânicos e térmicos um pouco superiores ao do copolímero. Então, se você pegar a rigidez, a dureza, a própria resistência à deformabilidade sob calor, o HDT que a gente chama, eles são discretamente maiores no homopolímero. O copolímero apresen-

ta melhor retenção de propriedades no longo prazo, principalmente em presença de ambientes químicos mais agressivos, vamos dizer assim, por exemplo, alta temperatura, água quente, ambientes alcalinos. Então, por exemplo, no caso do homopolímero, a gente trabalha com o pH entre 4 e 9. No copolímero você também não pode trabalhar com o pH menos de 4, mas pode ir até 14. Então ele suporta ambientes alcalinos melhor do que o homopolímero e também pode trabalhar com água. Ele é aprovado pela NSF (National Sanitation Foundation) americana para trabalhar com água a 83° C continuamente.

Começo minha apresentação com o resultado de uma pesquisa. Foi um levantamento feito na América do Norte por uma publicação, a revista *Plastics World*. Isso aqui foi feito há dois ou três anos atrás, mas ainda é válido e eu acho que a gente pode até estender algumas conclusões para o mercado brasileiro, que tem características semelhantes ao americano, pelo menos na variedade de usos que a gente tem do poliacetal. Eles fizeram uma pergunta para os clientes, querendo saber o que os clientes buscavam no poliacetal, quando um cliente precisava do poliacetal para alguma peça ou o material era especificado numa peça, o que era mais importante, o requisito mais importante. E uma das coisas interessantes que a gente vê aqui é que o poliacetal não tem uma característica muito preferida em relação às outras. Ao contrário, ele é usado justamente por uma combinação de características. Quando eu disse a vocês que o homopolímero, que foi a primeira versão do poliacetal, ele teve um

papel muito importante na própria história, é justamente porque, com o surgimento do poliacetal, foi possível uma combinação de propriedades praticamente inédita, que permitiu a substituição de metais numa escala muito maior, principalmente os metais estruturais mais leves na indústria automobilística. Isso se consolidou depois, ao longo do tempo, com o copolímero também. A gente pode ver que o requisito maior ainda assim é a resistência química, ou seja, a maior parte dos clientes usa poliacetal por causa da resistência química e muito próximo aqui, por causa da estabilidade dimensional. Os outros fatores são também muito importantes. Eu não vou ter tempo, nessa apresentação, de tratar de todos, mas a gente vai tentar mostrar pelo menos esses mais importantes.

No caso da resistência química, a Ticona desenvolveu o primeiro material que veio atender uma norma européia da Federação dos Fabricantes Automotivos da Europa. É a norma VDA 275. Essa norma fala em restrições na emissão de formaldeído. Essa VDA 275 é aplicada para peças de interior de veículo, peças internas e peças que estejam em contato com a corrente de ar no interior do veículo, no sentido de restringir o odor causado por peças de plástico dentro do veículo. Basicamente, o formaldeído vem do poliacetal, tanto faz poliacetal homopolímero como poliacetal copolímero, é inevitável que durante o processamento uma parte do formaldeído residual fique na peça e depois aquele carro com cheirinho de novo vai ficar com cheiro mais forte de formaldeído. Hoje há uma tendência muito grande de eliminação completa de odor

dentro do carro. Hoje há filtros para odor e há uma restrição muito grande nas peças internas também. Então a Ticona desenvolveu um tipo de poliacetal, uma versão exclusivamente em acordo com essa norma, uma versão de baixíssima emissão de formaldeído. O teste é feito basicamente medindo-se o teor de formaldeído residual num pedaço da peça. Você pode pegar, por exemplo, uma peça moldada, que vai ser usada no interior do veículo, você coloca num frasco com água, o formaldeído tem uma solubilidade muito grande em água, então ele vai praticamente todo para a água, e depois de um certo tempo, condições determinadas, você mede quanto de formaldeído essa peça ainda exalou para a água. Vocês podem ver, o Hostaform C9021 XAP, o AP é de processamento avançado, o X ainda é um código experimental, mas é esse o material. Vocês podem ver que, comparados com vários outros tipos de poliacetal, os níveis de formaldeído residual são muito mais baixos nesse material. Então esse é um material que praticamente está sendo especificado hoje por várias empresas automobilísticas. No começo, esse material foi lançado em 1998, nós só tínhamos ele disponível na cor natural, porque o próprio pigmento tem influência na emissão de formaldeído. Alguns pigmentos têm natureza mais ácida, e eles acabam gerando um pouco mais de formaldeído no processo. Então, nós tínhamos, por exemplo, basicamente o material na cor preta, que não tinha tanta emissão de formaldeído, mas as cores, principalmente cores de interior, os cinzas, aqueles tons mais discretos, eles tinham proble-

ma. Então vocês podem ver, o poliacetal standard ou comum, a versão comum do poliacetal, contra o poliacetal XAP, há uma redução significativa de formaldeído. Hoje, se você pensar que, além do problema das cores, nós temos a maioria das peças já moldadas com sistema de câmara quente, que estende o tempo em que o material fica fundido, quer dizer, é uma situação um pouco mais crítica para a emissão de formaldeído, você tem também o uso dos aditivos estabilizantes a UV, que são muito usados nas peças internas aparentes, há uma série de fatores que contribuem para o aumento da emissão de formaldeído. E esse material hoje já está disponível em cores, em versão estabilizada a UV. Um exemplo de aplicação típica são as telas de alto-falante, mas também há outros, por exemplo o botão de travamento do encosto, do assento, algumas engrenagens do mecanismo de acionamento do vidro, etc. O Volkswagen Pólo, só como exemplo, ele já tem as telas do alto-falante fabricadas com esse material, de baixa emissão de formaldeído.

Um outro produto que foi desenvolvido pela Ticona, foi desenvolvido para atender uma tendência do mercado europeu, que é a do uso do diesel em veículos de passeio. Assim como nós estamos tentando aqui conseguir alternativas para os combustíveis baseados em gasolina, na Europa há uma tendência muito grande de uso do diesel para veículos de passeio e com as novas unidades de envio de combustível, são unidades multifunção que ficam dentro do tanque, elas bombeiam, filtram, fazem a medição do nível de combustível, é praticamente um

módulo multifuncional. Há uma versão dessas bombas, dessas unidades, em que há um retorno do combustível quando você desliga o motor, para que o combustível não fique lá na ponta do motor, aquecido, se degradando, gerando peróxidos, etc. Quando você desliga o motor, esse combustível que estava próximo do motor retorna para o tanque. Só que ele retorna já quente e algo degradado e isso aí causava um problema com as versões comuns do poliacetal que são usadas na moldagem desse módulo multifuncional, unidade de envio de combustível. Então, a Ticona desenvolveu uma estabilização para o poliacetal, esse material também um código que começa com X porque ainda é experimental, mas ele foi desenvolvido especificamente para a Bosch, que é um grande fabricante dessas unidades de envio na Europa, e ele apresenta propriedades muito parecidas ao poliacetal comum, ou seja, você não tem grandes perdas, pelo contrário, tem um pequeno aumento até na tenacidade. Vocês podem ver aqui, o alongamento na ruptura é até um pouco maior e o próprio impacto também um pouquinho maior. Mas a grande vantagem é justamente a resistência em combustível diesel, eu vou deixar isso bem frisado. Aqui é um teste feito para simular uma condição de uso do carro, baixo uso, uso não muito freqüente, em que justamente você força uma condição de estagnação do diesel para criar os peróxidos que causam o ataque no poliacetal. Um quadro representa 1000 horas de teste, o outro, 500 horas, seria o envelhecimento do poliacetal imerso num combustível diesel especificado, com substituição semanal. Ou seja,

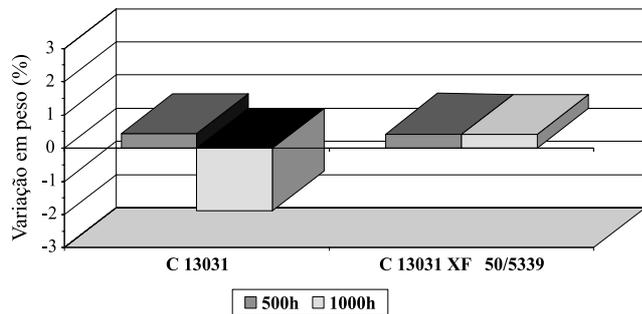
é para simular um carro que só sai aos domingos, vamos dizer assim. Aqui nós temos a variação em peso. Você pega o poliacetal comum e o poliacetal estabilizado, ambos inicialmente têm uma absorção, uma pequena absorção de combustível. Você pode ver que a variação é positiva, só que em seguida, depois das 1000 horas, o acetal comum tem uma perda de peso. Isso já é causado pelos peróxidos. Aqui nós já estamos tendo degradação do material. E o poliacetal estabilizado continua na mesma faixa, ou seja, só há uma pequena absorção inicial e não há perda de peso, perda de massa ou degradação. Aqui a gente vê que o alongamento na ruptura dá um pouquinho mais de sensibilidade para a gente perceber a estabilização do material, como há um

decaimento muito menor em relação ao material tradicional, a versão comum do poliacetal, no mesmo teste. Essa é a aplicação típica. Vocês podem ver que a única diferença em relação ao poliacetal, quem conhece uma peça de poliacetal, ele tem uma cor típica branquinha, esse material sai com uma cor um pouco escura em relação ao poliacetal. É justamente pela presença desses aditivos que tornam ele mais resistente ao diesel.

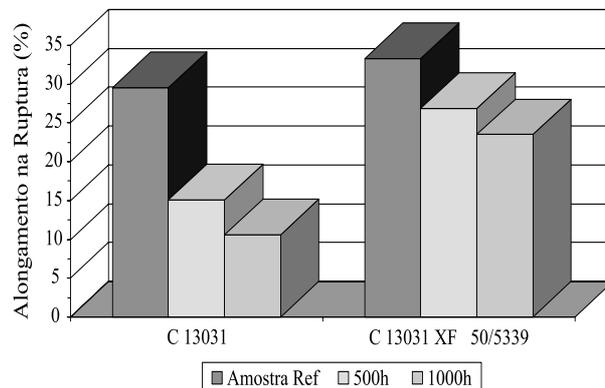
Uma outra versão de poliacetal surgiu justamente em função de atender o mercado doméstico. A partir de 1995, houve um melhoramento, um progresso muito grande na formulação de produtos de limpeza, que ficaram muito mais agressivos. Isso aconteceu praticamente em todas as partes do mundo. São produtos muito mais

concentrados, com teores de ácido maior, com ácido fosfórico e ácido sulfúrico. Alguns produtos chegam a ter quase 10% de ácido no total e o poliacetal realmente não pode trabalhar em pH menor do que 4.

Você pode ver que a perda de peso é o resultado da degradação. À medida que o ácido começa a decompor o poliacetal, os dois subprodutos básicos são ácido fórmico e formaldeído. O formaldeído se volatiliza, vai ao ar e então há uma perda de peso acentuada. No caso desse material, vocês podem ver que é quase a metade da perda de peso do acetal comum. Já é um melhoramento muito grande. O teste é feito da seguinte maneira. Faz-se a imersão de um corpo de prova por 20 segundos, numa solução de 10% de ácido fosfórico, e



Envelhecimento do Hostaform a 100°C em combustível Diesel RF-73-A-93 com substituição semanal do combustível



Envelhecimento do Hostaform a 100°C em combustível Diesel RF-73-A-93 com substituição semanal do combustível

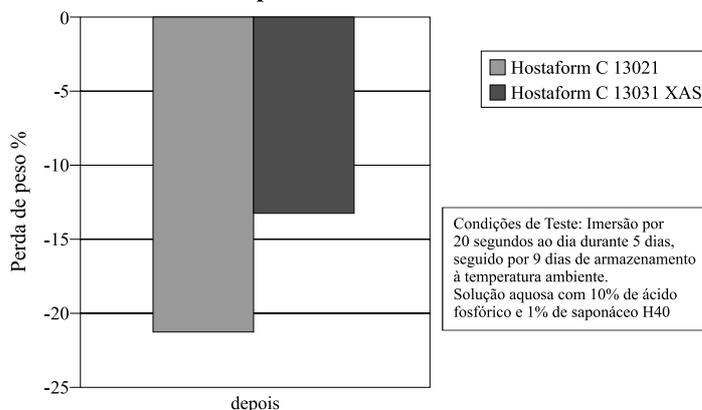
você retira e deixa secar. Depois, no dia seguinte você imerge de novo, e assim por diante durante cinco dias. O que acontece? À medida que essa solução seca na superfície do corpo de prova, ela vai se concentrando. Então, cada vez que você faz uma imersão, você aumenta a concentração de ácido na

superfície. O ácido fica retido nos poros e aí você pode medir mesmo se há alguma resistência do material para isso. Então aqui a gente pode medir também a resistência à tração, o decaimento é muito pequeno; onde o decaimento é maior, o material é o não-estabilizado.

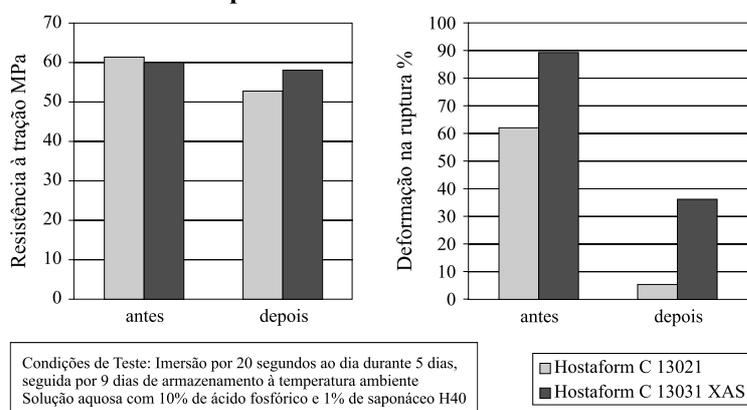
O alongamento nos dá nova-

mente uma sensibilidade maior para perceber a extensão da degradação antes e depois do teste. Você pega, por exemplo, o alongamento original dele, ele ainda mantém alguma coisa como a metade do alongamento original. O material não-estabilizado ele cai aí como que 10% do alongamento original,

Comparativo C13021 vs C13031 XAS



Comparativo C13021 vs C13031 XAS



quer dizer, é um valor muito baixo. Essa é uma outra versão que acabamos de lançar, justamente para o mercado de não-tecidos. É um mercado que está crescendo muito, em função do menor custo e, na indústria automobilística, a grande vantagem são os tipos de combustível. Até então você poderia fazer o filtro de combustível com a estrutura em poliacetal mas a tela mesmo, a malha, era em outro material, às vezes poliamida, etc. Agora a grande vantagem é que você pode trabalhar com o poliacetal também nos não-tecidos, os “non-wovens”. A grande vantagem para a reciclagem é que o elemento filtrante e a estrutura são feitos do mesmo material. Você pode reciclar essa peça. Imagina

ter que separar uma tela da estrutura que é soldada a quente depois. E a estabilidade dimensional. O poliacetal não absorve combustível, nem álcool, nem gasolina, nos níveis em que as poliamidas absorvem. A absorção do poliacetal comparada com a poliamida é praticamente desprezível. Você não tem alteração dimensional e há uma tendência geral de se misturar cada vez mais álcool também na gasolina, o que complica um pouco o ambiente de trabalho para as poliamidas, em função da absorção.

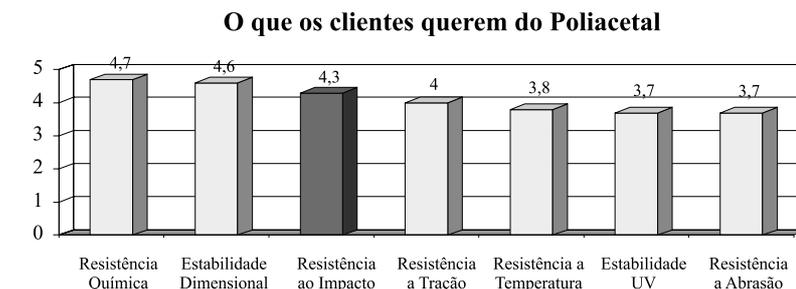
O segundo item, que é a estabilidade dimensional, ele é praticamente uma característica inerente do poliacetal. Não há muito o que se fazer para melho-

rar. O que é interessante aí é justamente ter uma peça com o maior grau de cristalinidade possível. É aí que a gente vai conseguir estabilidade dimensional. E o acetal conseguiu penetrar muito, com esse requisito, no mercado de engrenagens. Desde engrenagem de um cateter para fazer operação cirúrgica, que é uma engrenagem microcópica, até uma engrenagem de levantador de vidro, por exemplo, na indústria automobilística, vai estar na porta, sujeito a vibração, etc., elas são feitas hoje em poliacetal por causa da estabilidade dimensional. O que a Ticona fez, nesse caso, ao invés de lançar um produto ou uma versão, ela lançou no site dela, e se vocês entrarem no site vocês vão encontrar, é um programa para cálculo de engrenagens. É um programa bastante simples e com um número pequeno de parâmetros de entradas você consegue dimensionar uma engrenagem poliacetal, sem precisar, às vezes, subcontratar um projetista ou uma coisa assim. Esse programa pode ser usado no site, ou baixado do site totalmente grátis. Nós escolhemos engrenagem porque é justamente o tipo de produto mais usado pelo requisito da estabilidade dimensional.

O terceiro item aqui, que seria a resistência ao impacto, apesar do acetal ser usado também pela rigidez, em muitos casos você precisa de rigidez combinada com tenacidade, quer dizer, é um comportamento quase metálico. É justamente para substituir algum metal. O que a Ticona fez, isso começou, se você tem o acetal comum, aqui o acetal versão não-modificada. Em 1982, no começo da década de 80, já surgiram as

primeiras versões do poliacetal com modificador à base de elastômero, basicamente poliuretano. Essa primeira geração, elas davam quase o dobro da resistência ao impacto do material comum, vamos dizer assim, do material sem modificação. Só que tinha alguma perda também de rigidez, eram perdas em alguns casos inaceitáveis. Você perdia muita rigidez e não chegava a ganhar muito impacto. Essa geração era feita basicamente com partículas discretas de poliuretano dispersas numa matriz de poliacetal. E o conteúdo nunca passava de 30% porque, se você passasse de 30%, você não ganhava muito mais de impacto e continuava perdendo em rigidez. Recentemente, há dois anos atrás, nós conseguimos uma nova tecnologia que é baseada naquela técnica de reticulação interpenetrante. Talvez o pessoal conheça da sigla em inglês IPN – inter-penetrating network. O que se faz agora é colocar poliuretano em quantidade de até 50% , ou seja, misturas iguais de poliacetal e poliuretano, e faz-se então uma polimerização do poliuretano, ou seja, uma ligação cruzada do poliuretano, formando uma malha através de toda a matriz de poliacetal. Então você consegue triplicar a resistência ao impacto e não tem tanta perda na rigidez do material como você tinha com aquela segunda geração. Essa geração, o S9244 e o 9243, diferem na quantidade de poliuretano e eles vão praticamente substituir essa geração anterior. Então hoje é possível você conseguir um poliacetal com três vezes a resistência ao impacto comparado com o poliacetal comum.

Resistência à tração e resistência a temperatura são uma função da



cristalinidade. Não há muito o que se fazer. Se a gente olhar homopolímero e copolímero, eles têm propriedades muito próximas. O que a Ticona fez foi incorporar fibras de vidro longas, a partir de 11 mm. Com fibras de vidro longas, a partir de 11 mm, você consegue quadruplicar a rigidez do material. Você consegue também duplicar a resistência à tração; consegue 3 a 4 vezes a resistência ao impacto do material. Isso é basicamente o trabalho da malha das fibras de vidro longas. A Ticona é o primeiro fabricante mundial de poliacetal a ter uma versão de poliacetal com fibras de vidro longas.

Ao final da apresentação, o palestrante foi indagado sobre as seguintes questões:

- Relação de custo entre os copolímeros normais e as versões avançadas – Todas essas versões têm um custo maior em relação ao poliacetal comum. Elas exigem aditivos especiais, muitas vezes pigmentos especiais e às vezes, até o próprio processo de fabricação, que inclui até a fase de secagem, no caso do material XAP, que é o de baixa emissão de formaldeído, ele tem até uma secagem estendida e especial, justamente para a retirada do formaldeído volatilizado. Eu não conseguiria definir valores aqui, mesmo porque teria de respeitar a confidencialidade com alguns clientes, mas eu posso dizer que são versões que não têm o

mesmo preço do poliacetal comum e geralmente são utilizadas em aplicações que têm um valor agregado maior. Elas não são usadas para substituir versões antigas do próprio poliacetal.

- Disponibilidade do novo copolímero, na versão de baixa emissão de formaldeído, só na versão natural ou em colorido também - Hoje ele já tem nas cores, justamente porque o principal nicho de aplicação é o interior de veículos. Então em veículos tem até requisitos muito críticos de cor, há um controle muito grande. Então, nós precisamos desenvolver essas cores para atender o interior de veículos. E já fornecemos colorido, pigmentado. Como já disse, há influência do próprio pigmento na emissão de formaldeído. Se nós deixarmos que o cliente use um concentrado de pigmento que ele às vezes compra ou tem, ou fabrica, esse pigmento que ele vai incorporar pode às vezes comprometer os resultados de emissão de formaldeído na peça final, onde é medido. Então nós usamos pigmentos especiais que também têm baixa acidez e contribuem para reduzir a emissão de formaldeído.

- Comparados com o convencional, qual o comportamento dos novos compostos desenvolvidos em relação à reciclabilidade – No próprio processamento ele já tem característica de maior estabilidade. Justamente, o sistema de

aditivos começa a funcionar durante o processo de moldagem por injeção. É possível você fazer reciclagem com uma certa segurança em relação a uma reciclagem de material tradicional. Você pode usar um pouco mais de material reciclado misturado no virgem ou, às vezes, trabalhar com janelas um pouco mais apertadas na regulação da máquina, do equipamento. Uma das características que a gente tem visto muito é o uso de sistema de canal quente. Então isso estende o tempo em que o material fica fundido e isso é muito crítico para o poliacetal. Isso tem ajudado também a que se possa trabalhar com câmara quente em temperatura um pouco mais alta, ajudando o processamento sem que haja degradação do material.

- Resistência à abrasão e quais polímeros competem no setor – No caso do poliacetal, há várias versões que incorporam lubrificantes. Podemos incorporar grafite, bissulfeto de molibdênio, PTFE, silicóne. O próprio polietileno de ultra-alto peso molecular, que é um excelente material para resistir à abrasão, hoje também é incorporado. Ele é em pó e, como o PTFE, incorporado ao poliacetal. O que se faz para resistir à abrasão, baixar o coeficiente de atrito, é incorporar algum lubrificante. E esse lubrificante é escolhido de acordo com as características da aplicação. Se você tem alta pressão de contato, baixa velocidade de deslizamento; se você está em ambiente seco ou ambiente aquoso, etc. O acetal já é bom porque ele tem uma dureza superficial alta, então ele já vai fazer com que a rugosidade superficial de uma peça deslizante tenha mais dificul-

dade em cravar nele, vai deslizar mesmo, por cima. E, com a adição desses lubrificantes, você consegue baixar ainda mais o coeficiente de atrito.

- Possibilidade de essas peças de acabamento interno de veículo sofrerem pintura – Infelizmente não. Justamente pela resistência química do poliacetal, você não consegue adesão. Até hoje não há um tratamento que permita fazer a adesão de pintura em poliacetal. O que há são tratamentos alternativos de gravação. Então você pode fazer gravação a laser, que é uma gravação hoje cada vez mais usada, etc. Você pode fazer sublimação, que ele também aceita muito bem, ou fazer pigmentação na massa. Infelizmente, no caso a resistência química funciona contra, então ele não tem como ser atacado superficialmente para promover uma adesão de pintura, de base de pintura.

- Como é o comportamento dessa nova geração em geral com o combustível 100% etanol? – O poliacetal na versão comum já atende os combustíveis baseados em álcool. O poliacetal tem uma baixa absorção de álcool, que garante a estabilidade dimensional, que é o grande problema do náilon. O grande problema do náilon não é tanto resistir quimicamente ao álcool, senão a variação dimensional causada pelo álcool. Essas peças que estão dentro do tanque de combustível, como válvulas, etc., elas não podem sofrer muita variação dimensional, porque você descalibra todo o sistema. Ninguém gostaria de estar dirigindo um carro que você pisa e, de repente, não vem combustível. O próprio poliacetal, na versão comum, ele já atende. Nós acre-

ditamos que nós nem precisamos chegar a essas versões mais aditivadas. Seria para nós um mercado já conquistado.

Os TPEs no mercado automotivo mundial – Nilton F. de Almeida Jr., Advanced Elastomer Systems Brasileira

A idéia inicial da apresentação é falar quem é a Advanced Elastomer Systems, qual é nossa linha de negócios e tentar falar um pouco mais explicitamente sobre aplicações no mercado automotivo. Para aqueles que não conhecem, a Advanced nasceu de uma joint-venture entre Monsanto e Exxon Mobil Química, em 1991. Originalmente, o produto Santoprene, que é o carro-chefe da companhia, foi efetivamente inventado e descoberto pela Monsanto ainda no final dos anos 70. Durante um período que vai de 1980 até 1991, a Monsanto comercializou estes produtos até que, em 91, em função da joint-venture com a Exxon Mobil Química, só na área de termoplástico de engenharia, se fundiram formando a Advanced Elastomer Systems. Mais recentemente, e não muito diferente do que está acontecendo a nível de dinâmica em todas as empresas, nós divulgamos que a Exxon Mobil Química comprou 100% das ações da organização. Então, desde 31 de janeiro deste ano, a companhia passa a pertencer integralmente ao grupo Exxon Mobil Química que logicamente deverá estar trazendo algumas inovações no futuro para nós, é só esperar um pouquinho até que a gente possa se reorganizar e estar operando de maneira diferente. No que tange à globalidade a área de atuação que

a companhia tem ao redor do mundo, nós temos vários escritórios na América do Sul, Europa, Estados Unidos destacando principalmente os escritórios em Akron, Ohio, onde está o headquarter da companhia nosso escritório em Bruxelas, na Bélgica. Nós temos centros técnicos de operação em Akron (Ohio), em Bruxelas, em Santo André, aqui no Brasil, que é onde nós nos localizamos, na Av. Atlântica; um outro centro técnico em Tsurumi, no Japão, e o último em Singapura. Temos três fábricas ao redor do mundo: a fábrica de Pensacola, que fica na Flórida; temos uma planta em Newport, país de Gales, na Europa, Reino Unido e uma terceira, que é uma planta não experimental, mas que produz materiais de especialidade em Wadsworth, que é muito próximo a Akron.

Voltando um pouquinho sobre qual é o negócio da companhia, talvez muita gente aqui pode ser que não conheça muito bem a Advanced Elastomer Systems. A companhia tem um diferencial, ela é muito mais conhecida pelo produto do que pelo seu próprio nome. A marca Santoprene ficou muito mais fixada no mercado efetivamente do que o nome Advanced Elastomer Systems mas, basicamente, o intuito principal o objetivo da companhia é estar trabalhando com borracha termoplástica visando a substituição de borracha termofixas. Quando eu falo em borracha termofixa não falo em todas elas, mas especificamente e mais voltada para três classes de borracha que seriam EPDM, Neoprene, Hypalon, que é polietileno clorossulfonado que é marca registrada da nossa amiga DuPont. A idéia da substituição sempre visa

que você está utilizando um material que tenha estes tipos de características, de vantagens, mais ou menos pegando a mesma linha. Talvez, pegando um gancho do prof. Derval que acabou de falar sobre biodegradável, material verde em preservação do eco-sistema, o tipo de produto que a gente comercializa, que é borracha termoplástica, ele é 100% reciclável. Na verdade nós não vamos entrar muito tecnicamente sobre o produto mas, na verdade, o produto pode ser reciclado 10 vezes sem perder as propriedades físicas originais. É uma novidade no mercado, um produto que tem o ISO 14000 que tenha, principalmente na Europa, uma introdução no mercado muito atrelada a essa participação de produto verde. É um produto destinado a aplicações técnicas, eu encontrei aqui algumas do passado que já fazia algum tempo que não via, mas na verdade o Santoprene, quando começou, atingiu vários tipos de aplicação, algumas que já estavam até um pouco super-dimensionadas para o uso e execução do produto. Mas a intenção da companhia efetivamente é trabalhar em especificações onde os requerimentos técnicos do produto sejam altos e conseqüentemente justifiquem o aplicativo do produto. Substituir borracha conhecida, como já falei, e que tenha propriedades logicamente como contraponto ao que a gente quer substituir, tenha propriedades físicas similares ou até, em alguns momentos, superiores ao de borracha termofixa. Como contraponto também no mercado de borracha termofixa, você tem o material que é termoplástico e pode ser utilizado em equipamentos standard de plástico, os mesmos

que você utiliza a nível de injeção, extrusão, sopro, calandragem. Os convencionais que você tem para mercado de plástico, o mesmo que você usa para PE, para polipropileno, convencionalmente no mesmo tipo de produto. Uma outra vantagem do material em função de ter produção standard ao redor do mundo, o material que é produzido em Wadsworth é o mesmo material produzido em Pensacola e é o mesmo que é produzido em Newport, país de Gales. Ou seja, de onde venha o seu material, venha da Europa, venha dos Estados Unidos, da planta de Pensacola ou venha da planta de Wadsworth, o material que chega para o cliente segue rigidamente o mesmo tipo de especificação e pode ser utilizado a qualquer hora. Isto quer dizer basicamente que, dentro deste mercado global, você pode utilizar o mesmo material de que é feito um duto de ar, por exemplo, na Europa. É o mesmo que o feito aqui no Brasil e o mesmo que é feito no Japão. A gente precisa ver se tem um pouco mais de chance em ver isso em detalhes um pouco mais para frente. O material é pronto para ser utilizado, ou seja, você não tem que compor o produto, basicamente o produto já vem em pellets. Com todo ele preparado, é colocado no equipamento, depois é transformado e logicamente dentro de uma série de possibilidades, ele pode ser colorido também. Só falando no geral para todo mundo, nós vamos falar especificamente sobre o mercado automotivo mundial, mas o Santoprene o principal o carro chefe da companhia ele não é voltado especificamente para o mercado automotivo. A companhia se divide basicamente em três

setores - automotivo, de consumo e industrial. Então, o mesmo produto que vai neste tipo de aplicação que a gente vai estar conversando agora aqui, também vai em outras áreas tipo eletrodomésticos, áreas de construção civil, todas áreas que se possa imaginar onde há necessidade e esse tipo de borracha pode ser utilizado. Quando a gente fala em mercado automotivo, e para deixar bem claro sobre a versatilidade do material especificado, o produto é utilizado indistintamente, logicamente dependendo do tipo de grade, do tipo de família Santoprene que está utilizando, mas ele é utilizado indistintamente em todas as aplicações dentro do automóvel, seja ela dentro do automóvel na parte de interior, na parte de chassi, na parte de exterior, na parte dentro do compartimento do motor e, principalmente, e a gente vai falar especificamente sobre isso, na parte de weatherseals. Estamos falando toda a parte de perfilarias que vão no automóvel desde janelas, capô, porta-malas. A gente vai entrar pouco mais em detalhes sobre isso um pouco mais para frente. Para ter um idéia genérica sobre a aplicação do produto, a gente tem uma série de aplicações aqui colocadas, a maior parte delas que eu vou dar, salientando, são algumas aplicações já de sucesso. Aqui são peças sopradas onde se inclui coifa de proteção de amortecedor, coifa de proteção de direção, dutos de ar em geral. Esta é uma operação basicamente a nível de Brasil e a nível mundial já consagrada. A gente pode dizer que dentro do mercado automotivo brasileiro especificamente, nós estamos com 90% de todos os aplicativos desses, já substituindo borracha por termoplástico, basicamente por Santoprene. Temos outros

tipos de aplicações, como na parte de ventilação, esta borda que é feita aqui em volta é Santoprene. Para poder fazer a vedação do sistema de ventilação, existem alguns outros tipos de dutos de ar onde, com uma tecnologia um pouco mais avançada, você pode fazer soprar dois tipos de produtos, talvez polipropileno e

todos os aplicativos básicos que você tem dentro do automóvel, a companhia já investiu maciçamente nos últimos 20 anos, desde o início da operação Santoprene em 1980. A companhia entende que, dentro das possibilidades de negócio no mercado automobilístico, a área de perfilarias é uma das maiores e

Mercado Automotivo (peças diversas)



Santoprene. Agente vai entrar em um pouco mais em detalhes na parte de perfis.

Vamos falar alguma coisa sobre o que a companhia pensa no futuro e onde ela pensa investir: o mercado de weatherseals. Vamos falar basicamente o porquê da companhia estar investindo nesta área. Como tentei salientear anteriormente, em

tem novas possibilidades de introdução, já que é um mercado que vem sendo cativo de borracha termofixa ao longo dos últimos praticamente 50 anos, e onde pode estar trazendo algum tipo de inovação, algum tipo de novidade, alguma coisa que possa estar agregando valor aos novos modelos de carro que estão sendo lançados agora.

Aplicações Automotivas em Weatherseals

➤ Os TPE's conferem Adicionais valores para:

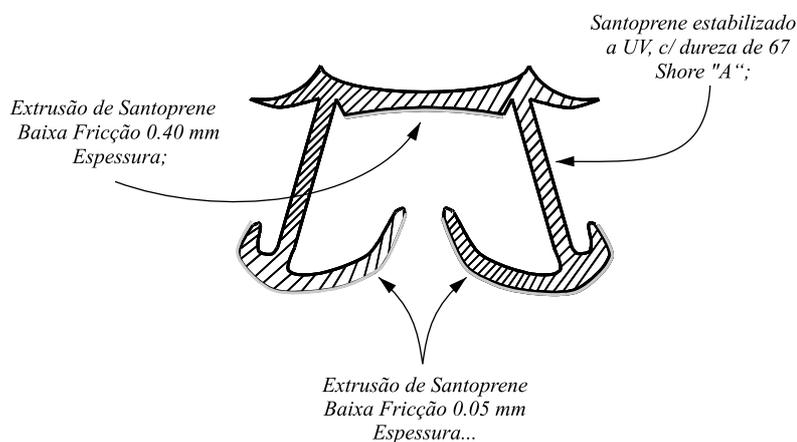
- ✓ Canaletas dos Vidros;
- ✓ Perfis de Baixa Fricção;
- ✓ Pestanas Internas e Externas;
- ✓ Adesão a Perfis de EPDM;
- ✓ Expansão Química e com H₂O;
- ✓ Vidros Encapsulados...

A principal que podemos falar é a redução de peso. Quando eu falo em redução de peso, é basicamente porque Santoprene tem gravidade específica ou densidade um pouco inferior a 1, na faixa de 0,97 ou 0,98, sendo que normalmente os compostos de borracha termofixa estão girando na faixa de 1,20. Então você tem um ganho de peso inicial na faixa de 20 a 30%. Você tem redução de custo, até pelo fato de estar utilizando menos material em função dele ser mais leve. Você tem vantagem de custo, além do fato do design que você pode estar utilizando. A terceira é a reciclabilidade. Mais ou menos voltando àquilo que o prof. Derval levantou à tona na última apresentação, no que diz respeito à possibilidade de usar o material, reciclar e estar reutilizando o material integralmente. Dentro da possibilidade que a gente tem da oportunidade de trazer algum benefício, alguma diferença para o mercado, a gente pode destacar material com baixa fricção por extrusão, nós vamos falar um pouco mais à frente sobre ele, na parte de moldagem sobre EPDM, talvez uma novidade que uma boa parte não saiba, o processo de expansão química com água e TPEs. Dentro deste processo que a gente fala de participar do mercado de perfilaria de automóveis, era absolutamente condição sine qua non a de conseguir chegar num nível de processo de expansão do nosso produto que pudesse competir com aquele convencional de borracha que já está no mercado. E aquela particularidade onde todo mundo costuma falar, os famosos body color, color matching e coisas do gênero. Quanto às aplicações principais, vamos tentar dividir a apresentação agora sobre

o que elas agregam de valores especiais dentro desses tipos de aplicação: canaletas de vidros, perfis de baixa fricção, pestanas internas e externas, adesão a perfis de EPDM, expansão química e vidros encapsulados. Partindo da primeira, que é uma integração de canaletas de vidros e perfis com baixa fricção, aqui é um desenho esquemático para a gente poder passar mais ou menos qual é a idéia a nível de design, que possa trazer algum tipo de benefício.

flocada no produto para facilitar o deslizamento. Na verdade é uma alternativa também de fazer num passo único o produto, sem a necessidade da fita flocada, todavia, se você for utilizar um processo ou outro. Aqui nós vamos falar basicamente sobre um exemplo único típico de um carro, um carro Honda, explicitando a vantagem onde você tem as canaletas e vidros, são aplicações comerciais; deste dois lados aqui, onde os vidros efetivamente correm. As

➤ Perfis das Canaletas dos Vidros



Isto aqui está em corte, um perfil onde esta parte do produto aqui é achurada, é feita em Santoprene, estabilizada em ultravioleta basicamente por uma questão de estabilidade de cor, e existe o que eles chamam de slip coat uma pequena camada que é coextrudada junto com o material, também Santoprene, que visa reduzir o atrito do produto, ou seja, mais esquematicamente a gente pode ver um aplicativo aqui fora com mais visual.

Neste caso aqui, o mais convencional que você encontra no mercado é aplicação numa fita flocada de produtos, é aquilo que você normalmente vê no automóvel. Quando você vê a parte de vidro, você vê uma partícula de fita

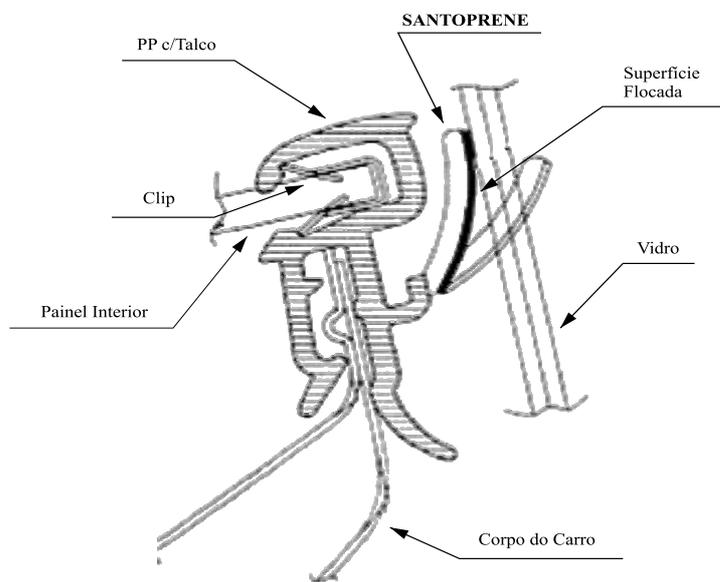
vantagens passam, tipo um passo só, ou seja você extruda o material com “slip coat” conseqüentemente você salva o tempo, o retrabalho de colocar a fita flocada, o material é totalmente reciclável e logicamente, pelo fato de não haver necessidade de utilizar um material para reduzir a fricção você consegue fazer numa etapa única, ou seja você não precisa adicionar grafite, molibdênio ou qualquer produto desse tipo. Pestanas externas e internas, também na mesma linha de raciocínio, são desenhos esquemáticos. Nós estamos falando basicamente de uma peça. Aqui você vai ter o corpo do carro, vai ser mais fácil ver no outro slide, mas aqui você tem o corpo do carro

apontando onde a peça é encaixada, um clipe que vai no teto e você tem esta membrana.

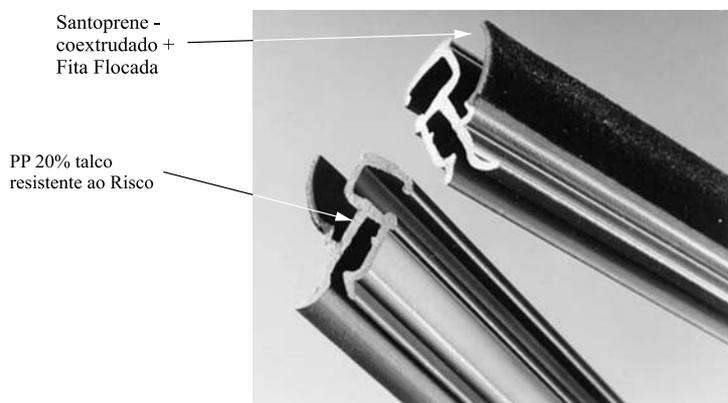
sinergia de dois produtos. Pelo fato de Santoprene poder se fundir integralmente com polipropileno ou

aqui não é o slip coat; neste caso é uma fita flocada que vai permitir o deslizamento do vidro mais fácil.

➤ **TPE's para Pestanas Internas e Externas:**



➤ **Vedação das Pestanas Internas - FIAT Punto**



Toda esta peça aqui ela basicamente pode ser feita até em PP com talco a nível de reforço, para manter a estrutura da peça. E só uma pestana aqui, esta pestana sim, em Santoprene, com “slip coat” ou com a fita flocada, para permitir o deslizamento. Ou seja, quando se fala em redução de custo, a redução de custo também passa no sentido de você poder promover a

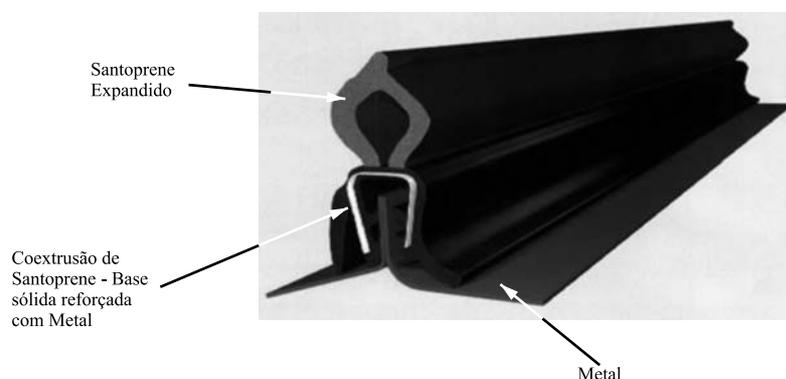
polietileno, você pode alcançar este tipo de design um pouco mais sofisticado, sem que efetivamente você tenha que aumentar o custo da peça drasticamente. Passando por uma peça física, essa é basicamente a mesma peça, a gente vai ver aqui a parte que é feita em PP com talco e efetivamente esta pestana aqui, de novo o material mais soft. Neste caso específico

Adesão a perfis de EPDM - Esta parte da automobilística também, e explicitamente para quem trabalha neste mercado, sempre foi um gargalo, no sentido de fazer a vulcanização dos cantos, ou seja, convencionalmente você tem esta parte do perfil em EPDM, em borracha termofixa - não é Santoprene - e você teria que fazer esta moldagem dos cantos fazendo uma segunda fase de vulcanização que levaria minutos para você conseguir executar. A idéia é você colocar um grade específico de Santoprene, fazer esta moldagem do canto com uma adesão química com o produto, onde você vai facilitar dentro do processo do gargalo dentro das indústrias, facilitar bastante a montagem deste tipo de peças. A mesma coisa, bastante similar a este tipo de caso, são as terminações de perfis. Muitos perfis que são extrudados precisam ter nos seus terminais um desenho mais específico. Você pode fazer ele também com o mesmo produto, um EPDM. Pela versatilidade de você fazer esta operação no tempo bem mais reduzido do que o convencional, este tipo de aplicação é bastante interessante. A nível de aplicativo, só um exemplo onde está sendo utilizado, basicamente Honda, Toyota e BMW.

Expansão química e com água - Nós não vamos entrar em detalhes técnicos especificamente sobre esta parte, mas o que a gente quer salientar é que a Advanced já conseguiu chegar num ponto onde ela pode expandir seu produto. Eu vou dizer em números redondos, a

Aplicação de TPE Expandido

Perfil do Porta Mala Expandido - Mitsubishi



gravidade específica com expansão química na faixa de 0,5 e expansão com água até na faixa de 0,25 a 0,30 para competir novamente dentro daquele mercado de borracha termofixa onde a expansão é necessária. Aqui é um desenho esquemático onde você tem o Santoprene expandido, você tem uma estrutura de Santoprene com o reforço de metal que é basicamente o tipo de desenho tradicional que você encontra para este tipo de perfil. Esse já é um exemplo físico da aplicação, basicamente são células fechadas. Este aqui, feito com expansão com água, o peso específico deste material chegou na faixa mais ou menos 0,30 o que é bastante competitivo para aquilo que você encontra no mercado de borracha convencional. Um exemplo típico desta aplicação vai dentro do carro da Mitsubishi.

Dentro do cenário mundial a gente pode salientar que, principalmente, Ásia, Japão, parte dessa área do Pacífico é uma área onde a Advanced tem conseguido mais sucesso dentro do processo que a gente utiliza dentro da organização. Esse sucesso que se vem obtendo nesta área, principalmente nesta região do mundo, vem sen-

do duplicado para as outras áreas, para outras regiões do mundo, seja América do Norte, América do Sul e Europa. Basicamente estamos falando em dois tipos de perfil: vedação no capô e o encapsulamento de vidro. O encapsulamento de vidro é uma aplicação nova em que se vem investindo bastante tempo e energia, principalmente a nível de Brasil. Nós estamos desenvolvendo um trabalho corporativo com as duas principais empresas de vidro do Brasil, sem desmerecer qualquer outra, que é a Pilkington-Blindex e a Securit Saint-Gobain. As duas vêm trabalhando de maneira aliada a nós e esse alliance com as duas organizações não é uma coisa específica de Brasil. Saint-Gobain e Advanced ao redor do mundo fecharam essa aliança no que diz respeito a desenvolvimento de alternativas para encapsulamento de vidro. As indústrias anteriormente trabalhavam com o vidro. Você fazia uma injeção do produto anterior como poliuretano e PVC; dependendo da exigência PVC era possível; na maior parte do tempo, PU aqui. A Advanced vem trabalhando já em conjunto. Essa peça é uma peça sucesso já. É basicamente o que chamam de

“quarter window” –do Pólo. Esse quarter window do Polo é o primeiro sucesso que a gente alcança no Brasil a nível de Saint-Gobain. Nós estamos falando basicamente de onde os carros vêm, mas um exemplo típico fica no Pólo. No ultimo chart, o que nós podemos salientar quando a gente fala em TPE's ou TPV's, em termoplásticos, a Advanced, ou a Monsanto originariamente, é a pioneira neste produto, ela é líder mundial neste segmento de borrachas termoplásticas ou TPE's de engenharia, tem um serviço comercial, ou seja, aqui comigo tem o Celso e o Atore, os dois trabalham conosco aqui no Brasil. Nós temos um grupo de assistência técnica pelo Brasil, ou seja, a venda do produto não é simplesmente só enviar a sacaria, tem toda uma estrutura para poder suportar desenvolvimentos. Estamos falando de material com alta tecnologia, especialidade em aplicações com alta exigência técnica. A nível de produto a gente pode falar que Santoprene é uma referência de qualidade do mercado, é uma marca mundialmente reconhecida, é especificado mundialmente por todas as montadoras do mundo. Eu não quis fazer ela tão longa aqui, mas em todas, em cada montadora do mundo, a Advanced tem pelo menos uma aplicação aprovada em Santoprene, e é um produto que a Advanced dá de garantia em performance, em função da uniformidade de aplicação que ela tem, de produção, vide as três plantas dela.

Encerrando sua apresentação, o eng. Nilton respondeu a algumas perguntas, resumidas a seguir.

- A primeira colocação foi sobre a terceira luz do Pólo.

Sabendo-se que há uma dificuldade de color matching que há borracha nas canaletas e material da Advanced na terceira luz, perguntou-se se a dificuldade de fazer também as canaletas seria por problema de custo ao que o eng. Nilton de Almeida respondeu o seguinte: Eu não vou entrar em questões de ética das companhias que estão participando do mesmo projeto. Este projeto envolveu Volkswagen, Advanced e outras companhias que também trabalham no mercado de borracha termofixa. Não vamos entrar no mérito de quem é de quem não é, mas basicamente isto veio da especificação de fora. O quarter window que chamamos terceira luz ele foi aprovado lá fora para Santoprene. Aqui no Brasil, na verdade, a especificação dá um nível de coloração para aquele produto. A Advanced foi a única que conseguiu atender a especificação. Então, se o color met ainda não é perfeito, não é em função de nosso produto. Todavia, junto ao grupo principalmente da Volkswagen, Sr. Takeshi, o grupo todo que trabalha lá conosco, a idéia é expandir. A gente entende como uma possibilidade e uma oportunidade de negócio de expandir esta aplicação para o resto da janela. Todavia, em função de uma série de situações, de especificação, ainda não foi possível extrapolar o raciocínio da terceira luz para todo o perfil, para garantir color matching

- Uma outra questão foi sobre características de outros produtos da empresa, como o Geolast, e sua comercialização ou não no Brasil. O palestrante informou então que a intenção da apresentação, até porque o tempo não é muito longo,

era compartilhar uma informação e despertar um pouco de interesse, destacando o carro-chefe Santoprene. Dentro do portfólio de produtos da Advanced existem vários outros tipos de produtos: o Vyram também que é um TPO, o Geolast, que nada mais é uma borracha termoplástica onde a fase borracha do produto é borracha nitrílica, o que confere a esse termoplástico característica de resistência a combustíveis, óleos, hidrocarburetos em geral coisa que o Santoprene, por exemplo, não tem na mesma intensidade. Dentro da família toda do Santoprene, família Vyram, família Geolast, família Dytron e família Vistaflex, mercadologicamente falando, no Brasil e na América do Sul, os dois principais produtos comercializados aqui, o carro-chefe, o número 1 é o Santoprene e o 2º, Vyram, como uma alternativa de custo onde o aplicativo, a exigência técnica não é tão grande e talvez o valor de preço seja fundamental para poder conseguir sucesso. Indagado sobre a comercialização do GEOLAST no Brasil, respondeu que as vendas se limitam a aproximadamente 100 – 200 kg por mês.

- Uma outra questão foi qual o desempenho do Santoprene a nível de deformação permanente e deformação por compressão nas vedações de portas e capôs uma vez que se sabia, até algum tempo atrás, que não tinha o mesmo desempenho ao calor quanto a deformações. O eng. Nilton respondeu o seguinte: Quando se fala em deformação permanente, é uma coisa para este aplicativo. Eu queria distinguir duas coisas: se a gente vai falar de deformação permanente em temperatura, então não está falando em perfil. Talvez

dentro do capô do motor vai haver estes dois efeitos, temperatura e pressão. Na verdade, o Santoprene comparativamente àquele mercado em que ele queria competir, com o de borracha termofixa, ele tem deformação permanente a compressão similares. Não vou dizer que é melhor ou pior, vai depender, dentro da parte em que se fala em composto de borracha termofixa, depende muito da formulação que foi feita. Colocando 50 kg de talco de caulim, a deformação permanente é uma; se você fizer com um material de qualidade, com certeza a deformação permanente vai ser melhor. O que se procura é trabalhar num modelo padrão de EPDM e de uma de Santoprene. A gente sabe e reconhece que, por mais que Santoprene tenha nome de santo, ele não faz milagres. O produto tem as suas limitações também. A Advanced aprendeu que, dependendo o tipo de aplicativo, se você copiar exatamente peça por peça, talvez esta peça em borracha, em EPDM, ou neoprene possa ter deformação permanente melhor. Então, a melhor solução que a gente conseguiu alcançar é o que? Eu não posso desenhar exatamente como se desenha a de borracha; talvez eu tenha que fazer algum tipo de modificação no meu design para a peça em termoplástico, para que o desempenho final dela seja igual ao desempenho da borracha termofixa. Sem colocar na balança se a tensão de ruptura dessa aqui é melhor que aquela. O intuito da Advanced é não trabalhar na propriedade física em geral, mas, especificamente, em qual vai ser a atuação da peça: ela vai precisar de calor, ela vai sofrer pressão, ela vai sofrer tensionamento. E aí todo

o grupo técnico que está aqui vai viabilizar tecnicamente aquele aplicativo. Com certeza, e não vou ficar escondendo ou tapando o sol com a peneira, em alguns casos sim, se você comparar os dois casos puro e simples - colocar um bodoque de borracha e um bodoque Santoprene - coisa que não é possível, mas se você colocar pura e simplesmente, sobre pressão na estufa, vai chegar à conclusão de que a deformação permanente de Santoprene seja maior do que daquele de composto termofixo. Todavia a gente entende que não é limitante. A partir do momento, até pela característica do produto, é possível trabalhar em vários aspectos do produto para garantir que ele tenha performance tão boa quanto a do termofixo.

- Uma última questão foi sobre a existência de algum tipo de grade diferente de Santoprene, visando minimizar problemas de injeção, seguindo-se a seguinte explicação: A Santoprene standard tem que injetar, soprar, extrudar e calandrar normalmente, ou seja, não existe nenhum requerimento específico para poder fazer isso. Logicamente que existem características do produto que se tem que levar em consideração. Se o produto está - eu não sei qual o caso específico de que se está falando, com problema de injeção, ele não pode fazer isso. Eu não saberia dizer se estaria havendo um problema do produto ou da máquina. O que eu posso dizer, é que faço questão que entre em contato conosco aqui hoje, para que possamos dar algum tipo de assistência ou facilitar o seu provedor de serviço para poder tirar do produto, na parte de processamento, o melhor que ele tem. Algumas empresas começam

a trabalhar com o produto e querem que ele injete especificamente como se injeta PVC ou PP. O equipamento requerido para injetar o produto, para extrudar, para soprar, é o mesmo do PP, PE, porém a performance do produto não é exatamente a mesma. Posso dar um exemplo bem típico: quando você fala em PP e PE, toda vez que você quer aumentar a fluidez do material para injetar mais rápido, você aumenta a temperatura. No caso específico de nossos produtos, se você aumentar temperatura, não acontece quase nada. Na verdade, você tem aumentar o trabalho mecânico dentro da rosca para aumentar a fluidez do material. Então, depende basicamente de quem está executando esta tarefa: a pessoa pode estar colocando o produto em 200 graus de temperatura, achando que está fazendo o máximo para poder produzir quando, efetivamente, se trabalhasse com 175 graus, todavia criando um trabalho mecânico maior dentro da extrusora, ou dentro da injetora, ou dentro do canhão, poderia efetivamente estar conseguindo uma coisa melhor. É o famoso joguinho de pressão e velocidade para aumentar trabalho mecânico e conseguir uma performance melhor. Faça questão absoluta, se vocês têm um problema, que entrem em contato conosco.

Tecnologia de aditivação de polímeros – Rodrigo Lima, Ciba Especialidades Químicas

O intuito hoje é mostrar o que há em tecnologia de aditivação de polímeros, muitas delas já devem ser conhecidas por vocês. Além dos tradicionais estabilizantes

reservei um sistema de aditivação e de estabilização que é um sistema novo que a Ciba está lançando, uma tecnologia da Ciba, minha apresentação tem como foco a indústria automobilística, porque, como já foi dito, não tem como você falar de plástico de engenharia sem falar da indústria automobilística, visto que o uso desses plásticos nesse setor é muito grande.

Nesse sentido, abordei alguns pontos indicando resultados de performance de sistemas de aditivação, pois devido ao tempo não poderei me aprofundar muito, embora a palavra "Aditivo" por si só parece simples, o uso de um aditivo correto requer cuidados. Separei o que a CIBA pode contribuir para a indústria, no sentido de oferecer proteção. Hoje, a CIBA dispõe de vários tipos de aditivos e estabilizantes com o intuito de proteger o polímero.

Podemos começar citando duas linhas de estabilizantes, que seriam os antioxidantes e as pré-misturas especiais, que conferem ao polímero proteção durante o processamento e a aplicação final desses materiais. Nós temos uma nova linha de sistemas especiais, principalmente para poliamida. O uso da poliamida geralmente requer altas temperaturas, então nós temos um sistema denominado Polyad[®], que confere à poliamida uma estabilidade térmica superior.

Na parte de aparência, podemos citar três tipos de necessidade, onde uma correta estabilização à luz de um material pode conferir a ele, além da proteção sabida do material contra a degradação, manter as cores e a aparência inicial do material por mais tempo. Podemos utilizar sistemas de aditivos

que evitariam o acúmulo de poeira. Isso poderia ser para uma aplicação final: você evita que o material fique sujo por mais tempo ou, até no estoque, antes de ser aplicado, você teria o material mais limpo. Na parte de transparência podemos citar um uso de um clarificante, onde você pode melhorar a transparência do polipropileno. Na parte de processabilidade, muitos polímeros necessitam de sistemas de estabilização, eu diria quase todos os polímeros. Você precisa estabilizá-los com estabilizantes de processos adequados para evitar uma degradação desses polímeros durante o processamento. A degradação do polímero pode ocorrer durante o processamento e muitas vezes não é percebido. Isto acelera a degradação desse material ao longo de seu uso.

Temos uma linha especial para fibras, tanto na parte de processamento como de estabilização térmica desse material, conferindo uma retenção de propriedades de cores da fibra de polipropileno. Na parte de desmoldantes podemos citar a linha ATMER™ SA, linha de produto que ajuda a diminuir o ciclo de processo dos materiais e melhora o acabamento superficial dos produtos. Agentes nucleantes, uma nova linha da CIBA, ajudam ainda mais, e complementarizam a ação do desmoldante em termos de tempo de ciclo. Com isso, além da redução do tempo de ciclo, você pode ter uma melhora nas propriedades físicas do produto. Falando um pouco de integridade, você pode proteger o polímero de diversas formas.

Tem uma ação que é pouco conhecida de que o polímero pode ser atacado por bactérias. Você pode ter a aceleração da degrada-

ção por ação microbiana do material, você pode proteger esse polímero contra a degradação de bactérias. Isso é muito conhecido na parte de poliuretano, que é sensível ao ataque de bactérias. Você pode reduzir o ataque desses microorganismos no polímero e pode evitar a proliferação de fungos e bactérias. Essa é uma aplicação muito interessante porque, muitas vezes, você tem um material onde bactérias, dependendo do número dessa população, pode ter odor dentro do interior de um veículo. O “cheirinho” de carro novo com o tempo vai embora, lógico, devido à perda de material volátil presente nos materiais, mas com a proliferação de bactérias você pode ter um incremento no odor no carro com o decorrer do tempo.

Podemos manter a integridade do material através de uma melhora do efeito “gas fading”. “Gas fading” é a alteração da cor de um polímero, causado por diversos fatores, entre eles a descoloração de produtos fenólicos por ação oxidativa causadas por agentes externos. Geralmente esses agentes oxidantes são encontrados na combustão de gases GLP. Isso é muito comum de se observar no estoque, onde você tem empilhadeiras movidas à gás que geralmente libera NOx no ambiente em função da queima do gás combustível, e esse NOx causa esse efeito chamado de “gas fading”. O uso de um estabilizante livre de fenol reduziria esse efeito.

Temos uma linha de retardante a chama que combina dois efeitos; retardante às chamas e estabilização à luz UV. Você teria dois efeitos num único produto. Agentes deslizantes podem contribuir

em alguns casos à resistência ao risco de alguns materiais, causado pelo atrito. Aditivos antiestáticos da linha do ATMER™ e do Irgastat® P, eliminaria problemas de manuseio, por exemplo, descargas estáticas. Os polímeros em geral acabam acumulando eletricidade estática durante o manuseio. A eletricidade estática gerada no polímero acaba acumulando poeira e com isso dá uma aparência de peça suja.

Já foi falado hoje sobre a parte de reciclabilidade do material. Cada vez mais esse item é comentado e abordado e nesse sentido a CIBA pode contribuir com a parte da linha de Recyclostab®, Recyclossorb® e Recycloblend®. Este último, ele além de conferir uma reprocessabilidade do material, pode “reparar” alguns danos causados no polímero pela degradação. Em função de alguns coaditivos presentes nestas misturas, pode ocorrer a regeneração de algumas propriedades mecânicas perdidas na degradação.

Voltando mais para a parte de aplicação, separei como exemplo três classes de aplicação de plásticos na indústria automobilística. Podemos citar o pára-choque, as partes externas, ornamentos em geral, retrovisores e partes da carroceria; em interiores nós teríamos painel, painéis de portas e bancos, e no compartimento do motor. Cada vez mais o compartimento do motor é onde está sendo utilizado material polimérico em substituição aos materiais convencionais, isso se dá em função de vários benefícios que o material polimérico pode oferecer. Podemos citar alguns exemplos, como coletor de ar, dutos de ar, cabos e proteção geral do motor. As partes

externas, é a parte que está mais sensível a uma ação degradativa, causada pela ação térmica e a luz UV. Então nesse sentido você pode contribuir com a durabilidade do material, trabalhando em um sistema adequado de antioxidante e estabilizante à luz. Com isso você pode ter materiais poliméricos sendo utilizados a longo prazo e mantendo suas propriedades iniciais que foram utilizadas para a escolha desse material. Procurei citar alguns exemplos de materiais poliméricos, principalmente os plásticos de engenharia nessa parte, com alguns gráficos para mostrar a ação do aditivo com indicativo de performance e exemplos práticos do que se poderia obter com um sistema adequado de estabilização.

Neste caso, temos a avaliação do ASA com um sistema de uma combinação entre dois estabilizantes à luz à base de amina estericamente bloqueadas, os HALS, e um absorvedor de luz, você ganha uma performance surpreendente em relação ao material não estabilizado. Aqui foi constatado o índice de amarelamento após 5 mil horas de exposição em um weather-o-meter. A poliamida, em partes externas, que em sua maioria são moldadas na cor preta, pode até apresentar uma determinada proteção aos raios UV devido a presença do negro de fumo. No entanto, pode-se obter um ganho na manutenção das propriedades do polímero quando estabilizado com sistemas de Antioxidantes e Estabilizantes a luz UV adequados. Podemos observar, por ser uma peça preta, ela tem uma absorção muito grande de calor e com isso se vê que, somente com a utilização de um sistema de antioxidante,

você já consegue conferir uma performance surpreendente ao material. Vejam que não foi feito um envelhecimento em estufa, e sim um envelhecimento em exposição de ultravioleta.

O PBT, por conter a parte butadiênica na sua estrutura, é muito sensível à radiação ultravioleta. Nesse caso, a utilização de um absorvedor adequado pode fazer com que você retarde a degradação dessa fração, mantendo as propriedades do material por mais tempo. Nesse caso, a estabilização foi baseada em absorvedores de UV porque o poliéster em geral não necessita de HALS para estabilização.

Entrando um pouco nas partes internas, a parte interna do veículo, é a parte mais crítica, porque as partes internas estão em constante observação do usuário. O usuário está sempre comparando como está a peça hoje versus como estava no começo, está sempre procurando deixar a parte interna do veículo como nova, sempre tentando resgatar ou manter as condições iniciais. Então, nesse sentido, o uso de sistema adequados, volto a dizer de antioxidantes e estabilizante à luz, gostaria até de reforçar o uso de antioxidante, porque muitas vezes escutamos: 'Ah! antioxidante não é necessário. Vamos falar somente de proteção a UV.' Mas temos registro de um sinergismo muito grande entre antioxidante e estabilizante à luz conferindo ainda mais a manutenção das propriedades. Então, é sempre interessante um balanço adequado visando a necessidade da aplicação, material que vai ser utilizado e estar buscando sempre um sistema de estabilização para cada tipo de aplicação.

Dando alguns exemplos de materiais utilizados em partes internas, vamos citar o poliacetal. Aqui nós temos uma comparação de perda de brilho, através de uma exposição em equipamento de envelhecimento acelerado de um material colorido, marrom, estabilizado em dois tipos de sistemas, somente com um absorvedor, e com uma combinação entre absorvedor e HALS, você tem um ganho da manutenção do brilho ao longo da exposição. Numa aplicação final, você consegue manter a cor inicial da peça por um tempo mais prolongado. A poliamida, em partes internas, aqui foi adotado uma poliamida moldada em vermelho, com um sistema baseado somente com antioxidante e um HALS e um sistema com antioxidante, HALS e absorvedor de luz. O uso somente de um HALS e um absorvedor é perceptível depois de um certo tempo, você não tem um grande ganho a curto prazo. Você teria uma percepção do acréscimo de um absorvedor após um determinado tempo onde a variação de cor já começa a ser perceptível entre eles.

O ABS, da mesma forma que o PBT, possui a sua fração butadiênica sensível ao ultravioleta. Quanto à diferença entre o PBT e o ABS em termos de estabilização, o ABS necessita de um HALS para proteger a fase acrilonitrílica e o estireno. Então, nesse caso, somente o uso de um absorvedor não atenderia as necessidades de aplicação do ABS. Uma combinação adequada entre um absorvedor e um HALS confere uma performance bastante desejada em relação a uma exposição em equipamento, em termos de alteração de cor e em relação à retenção de propriedades mecânicas.

PARTES INTERNAS

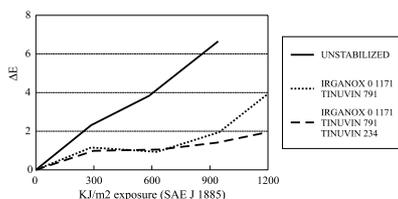
PA - Poliamida

A estabilidade a luz de partes internas moldadas em cor pode ser melhorada pela adição do Ciba® TINUVIN® 791 em combinação com o Ciba® IRGANOX® B1171. Para formulações contendo pigmentos orgânicos o uso de um Absorvedor de UV como o Ciba® TINUVIN® 234 podem melhorar a estabilidade a luz

Light Stabilization of Pigmented Glass Reinforced PA-6
Color Change (Delta E) after SAE J 1885 exposure

Substrate: 33%GR PA-6

Pigment: 0.3% Cromophthal Red 0



O poliuretano é um caso à parte, pois o poliuretano baseado em um sistema aromático, é muito sensível à degradação ultravioleta e dificilmente você consegue uma estabilização que atenda 100% a uma aplicação. Podemos verificar aqui num gráfico que, embora você tenha um ganho em termos de variação de cor, esse ganho não é tão significativo, em relação aos outros tipos de polímeros. Nesse sentido, podemos melhorar a estabilidade a luz UV utilizando dois tipos de sistemas; um sistema líquido baseado num pacote de aditivos onde estariam contemplados os antioxidantes fenólicos, HALS e absorvedores UV ou, quando é possível a utilização, teríamos a recomendação de um sistema sólido. Mas, em geral, o sistema de poliuretano parte para o sistema líquido. Tanto o líquido quanto o sólido são baseados em estabilizantes de baixa emissão de voláteis, ou seja, estes sistemas são indicados para interiores onde requerem o efeito “low fogging”.

Na parte de compartimento de motor, os plásticos em geral estão cada vez mais roubando mercado de materiais convencionais como o alumínio ou o próprio aço. No entanto, o uso desses materiais

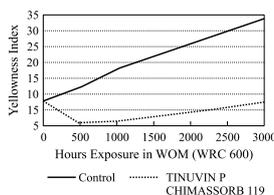
poliméricos no compartimento do motor, onde você tem um ambiente realmente bastante crítico quanto à temperatura, requer um cuidado bastante especial. Alguns polímeros já têm por natureza boas estabilidades térmicas mas, em geral, podemos dizer que praticamente seria impossível o uso de determinados polímeros sem uma correta estabilização. A contribuição de um sistema adequado de estabilizantes térmicos contribui na utilização de sistemas poliméricos em substituição aos convencionais. Primeiramente, falando de uma poliamida cuja participação em peças de compartimento de motor tem um grande volume, podemos citar dois tipos de estabilização para poliamida. Nós temos o sistema clássico que é baseado em sistemas orgânicos e um sistema de estabilização inorgânica. Basicamente, o sistema inorgânico confere à poliamida uma excelente estabilidade térmica a altas temperaturas para longo prazo obtendo uma poliamida realmente bem estabilizada. O único ponto negativo para este sistema, é que ele confere cor inicial nas poliamidas. Em algumas aplicações, embora a maior parte das aplicações de poliamidas são

PARTES INTERNAS

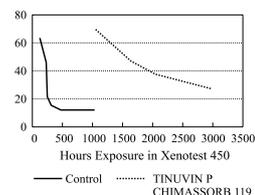
ABS - Copolímero Acrilonitrila Butadieno Estireno

Aplicações automotivas internas em ABS apresentam boa estabilidade a luz quando estabilizadas com um HALS como o Ciba® CHIMASSORB® 119 em combinação com um absorvedor de UV como o Ciba® TINUVIN® P ou Ciba® TINUVIN® 328. Estabilizantes de processo como o Ciba® IRGANOX® B 900 são usados em combinação com os estabilizantes a luz.

Stabilization of unpigmented ABS
Discoloration during Light Exposure



Stabilization of unpigmented ABS
Loss of Impact Strength after Light Exposure



moldadas na cor preta, ele teria este ponto negativo. Os sistemas orgânicos são indicados para estabilizações a médio prazo e temperaturas mais amenas.

Considerando o PBT e o PET, nós temos aqui duas classes de antioxidantes: um antioxidante clássico do mercado e um antioxidante com uma performance. Temos um ganho na resistência ao impacto, após um teste de envelhecimento em estufa, onde se mantém a peça aquecida por um tempo em horas e mede a resistência ao impacto. Observamos que numa peça não estabilizada você tem uma perda significativa das propriedades, sendo que um estabilizante adequado pode manter essas propriedades por um tempo mais prolongado. Para o poliacetal, temos uma comparação entre dois sistemas de antioxidantes, onde temos a manutenção da resistência ao impacto por tempos bastante prolongados. Estamos falando em 50 dias mais ou menos a 150 graus sem perda significativa das propriedades.

Falando um pouco de inovação, a Ciba vem se moldando cada vez mais às necessidades do mercado e nesse sentido possuímos grupos de trabalho ao redor do mundo trabalhando em diversos

segmentos da indústria, sendo um deles o segmento automobilístico. A Ciba antes tinha o que? Um ranking de produtos sendo aplicado para vários segmentos da indústria. Hoje a Ciba procura desenvolver um sistema de aditivo voltado para um determinado segmento. Com isso a Ciba consegue melhor atender aquele segmento, pegar detalhes que geralmente em uma situação genérica você não conseguiria atender.

Nesse sentido, a Ciba desenvolveu um novo sistema de estabilização à luz baseado em uma nova tecnologia de HALS, que está sendo utilizada e recomendada para aplicações de TPO e PP. As características desse novo sistema são: alta resistência às intempéries quando comparado aos HALS convencionais; excelente estabilidade térmica a longo prazo, ou seja, esse HALS pode ser utilizado também como estabilizante térmico; melhor compatibilidade com as poliolefinas, para alguns HALS, você tem alguma interferência ou incompatibilidade de HALS com as poliolefinas e esse sistema não, ele é totalmente compatível com as poliolefinas. Quando combinado a um antioxidante fenólico, nós temos uma redução do efeito “gas fading”. Se combinado com um antioxidante livre de fenol, você elimina por completo o efeito “gas fading”. Ele não possui interação com componentes ácidos, podemos até citar aqui a parte de pintura de partes externas automotivas, onde hoje o sistema utilizado é um sistema de cura ácida. Geralmente os HALS convencionais têm uma estrutura básica e com isso pode se ter uma interação negativa com os sistemas de pintura. Sendo essa nova classe de HALS neutra, ela não apresenta

interação com esses sistemas de pintura, conferindo a esses sistemas maior adesão da tinta às peças pintadas, onde, comparando um sistema convencional e um baseado no TINUVIN® XT 850 promovendo uma adesão bastante elevada da tinta. Hoje as aplicações recomendadas são basicamente para TPO e PP moldadas em cor ou o TPO pintado para aplicações tanto internas quanto externas. Aqui temos uma demonstração de um sistema, esse sistema foi propositalmente preparado para ser péssimo em relação à estabilidade à luz. Foi utilizado um teor de talco relativamente alto e um pigmento péssimo em estabilidade à luz. Aqui podemos observar que mesmo num sistema com péssimas características de resistência à luz, temos um ganho quando utilizado o novo sistema. Podemos observar na retenção de brilho que praticamente o sistema triplicou a retenção de brilho, mesmo num sistema ruim de estabilização. Aqui podemos verificar a análise da superfície desses materiais, pegando uma peça sem estabilizante à luz, onde nós temos fissuras críticas e coloração marrom após a exposição. Ou seja, houve uma forte degradação desse produto. Baseado no sistema clássico de estabilizantes HALS e absorvedores, nós tivemos uma formação moderada de micro-fissuras e amarelamento após a exposição. No entanto, quando nós substituímos esse sistema pelo novo sistema, nós não observamos formação de microfissura e não houve a degradação após a exposição wheater-o-meter. Neste teste foi aplicada uma solução ácida com o intuito de simular uma situação crítica de chuva ácida durante a exposição em wheather-

o-meter. Nós forçamos a barra para tentar reproduzir ao máximo o comportamento de uma parte externa tanto exposta à luz e sujeita a essas condições críticas. Aqui uma comparação do sistema clássico versus o novo sistema, também foi um sistema propositalmente preparado para falhar. Podemos reparar que a retenção do brilho em um TPO preto frente a um sistema tradicional, tem um ganho sensível em relação a esses sistemas. Temos aqui um TPO cinza onde podemos observar a retenção de brilho desse material frente aos demais aditivos clássicos que estão disponíveis e também a variação de cor em relação a esses sistemas.

Para reforçarmos o efeito do “gas fading” que foi comentado anteriormente, temos uma comparação de um sistema clássico de estabilizantes onde foram utilizados sistemas base fenólico, HALS e estabilizante à luz convencionais, um sistema intermediário onde já foi substituído o sistema fenólico por um livre de fenol, e um sistema baseado nos novos conceitos de estabilização. Podemos observar que no sistema clássico, frente ao novo sistema, tem uma variação significativa da cor, frente a uma exposição de um ambiente saturado em NOx. Esse ambiente você encontra muito em queima de gases utilizado principalmente em empilhadeiras. Concluindo, podemos dizer que o TINUVIN XT 850 promove uma excelente resistência a intempéries, mínima interação ácido base, não tem interação aos sistemas atuais de pintura devido ao sistema de cura, excelente estabilidade térmica a longo prazo e promove um excelente sinergismo com os demais HALS. Basicamente ele está sendo recomendado primeira-

Partes Externas

Estabilização de TPO vermelho



Amostra contendo Sistema Clássico de Estabilizantes



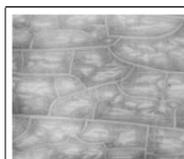
Amostra contendo TINUVIN XT 850

Sistema	ΔE 3000 kJ/m ²	Ret. Brilho 3000 kJ/m ²
0,2% TINUVIN 123 + 0,2% CHIMASSORB 119	4.0	26%
0,4% TINUVIN XT 850	3.8	70%

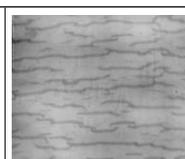
TPO com 15% talco, 0,25% Pigmento Vermelho 3B
Envelhecimento Acelerado - SAE J1960
Estabilização Básica: 0,2% TINUVIN 328 + 0,1% IRGASTAB FS 301

Partes Externas

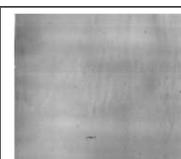
40x Fotomicrografia de uma superfície exposta



Controle
Sem Estabilizante a Luz
-
Fissuras Críticas
Coloração Marrom
após exposição a H₂SO₃



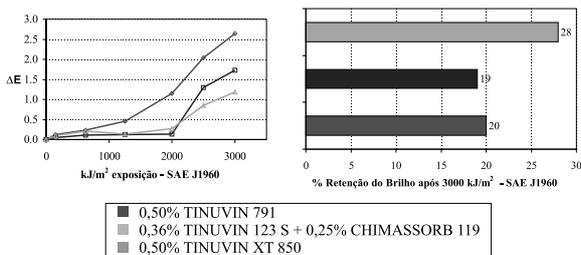
0,2% Tinuvin 770
0,2% Chimassorb 119
0,2% Tinuvin 328
-
Formação moderada de micro-fissuras
Amarelamento após exposição a H₂SO₃



0,6% Tinuvin XT 850
-
Sem formação de Micro Fissuras
Sem degradação visível após exposição a H₂SO₃

Partes Externas

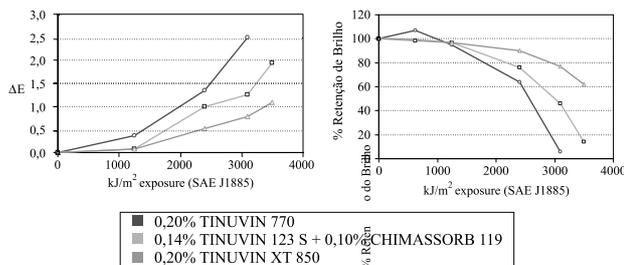
Estabilização de TPO Preto



Substrato: TPO + 15% talco + 0,25% Negro de Fumo
Estabilização Básica: 0,15% IRGANOX B 225 + 0,1% Estearato de Cálcio

Partes Interna

Estabilização de TPO Cinza



Substrato: TPO + 15% talco + 0,25% Negro de Fumo
Estabilização Básica: 0,15% IRGASTAB FS301 + 0,05% Estearato de Cálcio

mente para TPO e PP. O tempo não permite entrar em maiores detalhes, mas na nossa homepage há uma parte exclusiva para automotivos onde podem ser encontrados todos os detalhes em termos de aplicação em plástico de engenharia.

Ao final da apresentação, o eng. Rodrigo Lima respondeu a algumas perguntas dos presentes que, infelizmente, não puderam ser reproduzidas, em função de problemas de gravação.

Noryl PPX – uma nova blenda para o segmento automotivo – Marco Antonio M. Oliveira, GE Plastics South América

O palestrante iniciou sua palestra comentando a preocupa-

ção corrente com custo, seja o preço de matéria-prima, que se vai reduzindo, reduzindo, e também o aumento da produtividade das nossas fábricas, que auxilia na redução do custo, até chegar no limite. A empresa como um todo chegou num consenso de que seria necessário inovar com novos produtos, novos lançamentos que não se focasse única e exclusivamente a redução de custo da matéria-prima e sim, muitas vezes, aplicava-se uma matéria-prima até mais cara, mas que a peça final do cliente fosse mais barata, porque ou ela tem espessura mais fina ou vai evitar retrabalho posterior à injeção, a densidade dela é menor, etc. Pensando nisso, a GE está focando os esforços agora, nos últimos dois

anos, na renovação da linha de produtos com novas linhas de materiais, conceitos não antes imaginados pela indústria automotiva. Na apresentação será falado sobre o novo Noryl PPX. Muitos já ouviram falar, para outros vai ser o primeiro contato. A idéia é colocar o que é o produto, gerando algumas dúvidas, para levar também a outros contatos futuramente. A GE percebeu que havia um gap tanto de propriedade quanto de preço e custo entre o que chamamos de plástico de engenharia, entre eles o próprio ABS, os commodities, enfim, plástico de engenharia e poliolefinas de alto desempenho. Existe então um gap percebido pela nossa empresa, tanto em termos de desempenho quanto em

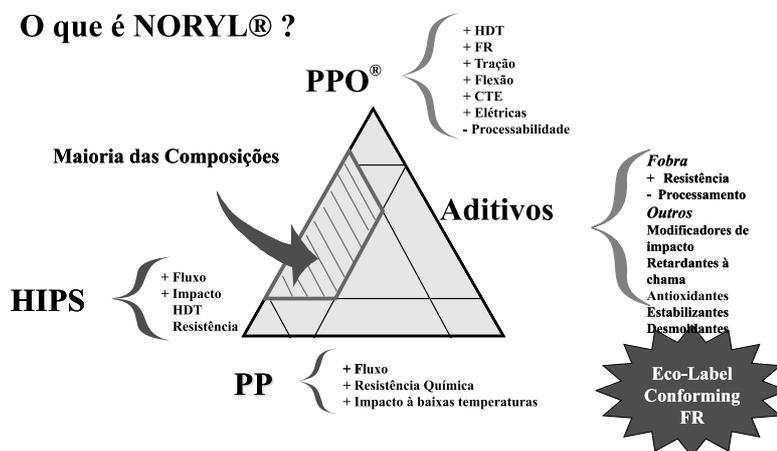
termos de custo de produto. Em cima disso, a GE desenvolveu o Noryl PPX, num trabalho que demorou uns 4 ou 5 anos. Como é uma blenda, precisa de uma compatibilização um pouco mais detalhada e foi lançada este ano no Brasil. Gostaria de me ater às características principais, às vantagens quando se compara aos materiais concorrentes. Primeiro seria o tempo de ciclo. O Noryl PPX é uma mistura de PPO, o mesmo material que vai no tradicional Noryl, com o Polipropileno. O que o PPO faz no PP? Ele vai aumentar a rigidez da matriz como um todo, é um reforço para o material. O módulo do produto se eleva. Por que o ciclo fica menor no final das contas? Porque não é o tempo de injeção que reduz, mas sim o tempo de resfriamento, de molde fechado. Peças grandes, principalmente, você pode abrir o molde mais cedo e destacar a peça do molde. Então a peça tem uma rigidez suficiente para ser destacada com um tempo de molde fechado um pouco inferior que o normal. A densidade também é um ponto forte do material. Pela primeira vez tem-se um material considerado um plástico de engenharia, com uma densidade abaixo de 1; nos grades não carregados com fibra de vidro, gira em torno de 0,95 a 0,97, bem próximo dos PPs. O PPO também contribui muito com a densidade, ele também tem uma densidade muito baixa e isso acabou contribuindo para uma blenda com a densidade reduzida, abaixo de 1, pela 1ª. vez no portfolio da GE. Resistência química, será conferida pelo PP. Em aplicações onde utiliza-se o Noryl tradicional, evitava-se ter o contato desse produto com agentes agressivos, como

solventes, óleos, graxas etc, no entanto, a resistência química passa a ser uma característica interessante, importante do produto, porque ele abrange aplicações não antes vislumbradas pelo Noryl. Aplicações dentro do compartimento do motor, onde eventualmente tem contato com óleos, graxas ou mesmo combustível. Estabilidade hidrolítica – ele é muito dificilmente atacado pela água. Isso na verdade ocorre, mas é muito difícil ter uma degradação significativa, tanto em processo como em uso final. Isso passa a ser importante devido aos custos envolvidos na transformação dos plásticos devido ao processo de secagem. Os cuidados com a secagem do material são bem menores em relação aos plásticos de engenharia. E mesmo pós-injeção da peça final, ele tem um comportamento muito bom para contato com líquidos, fluidos, etc. Resistência ao calor, que é dada pelo polióxido fenileno, que é o PPO, ele vai entrar como reforço na matriz, então ele vai elevar a resistência ao calor da matriz de PP gerando um produto com maior resistência térmica na aplicação final. O impacto passa a ser bastante interessante porque o PP por

si só já tem um impacto bastante bom, além do que tem algumas outras modificações no produto que geram impactos bastante elevados mesmo a baixas temperaturas. E a viscosidade? Quando se fala em viscosidade, quer se falar mais sobre estabilidade do material fundido, principalmente para aplicações de termoformagem. O PPO interfere positivamente nisso, vai aumentar a viscosidade do produto, vai gerar um produto com viscosidade mais constante, com espessura de parede mais uniforme, possibilitando termoformagem de peças maiores.

Ilustrando um pouco, o palestrante mostrou o quadro retro com o balanço de materiais na família Noryl. O PPO vai contribuir positivamente com algumas propriedades. O Noryl tradicional usa esse PPO em mistura com o HIPS – poliestireno de alto impacto. O que se está fazendo agora é misturar o mesmo PPO com PP, o que não foi antes imaginado, e que vai contribuir com algumas características importantes para o Noryl, como o fluxo – vai facilitar o fluxo do material – a resistência química, que vai ser bastante elevada, e o impacto a baixas temperaturas. Além disto também interfere bas-

O que é NORYL® ?



NORYL PPX™ Oferece muitas vantagens

Grades não carregados		
PPX7110 ■ Alta Rigidez	PPX7115 ■ FDA e NSF	PPX7112 ■ Alto Impacto ■ Pintura

Grades Carregados	
PPX630 ■ 30% FV	PPX640 ■ 40% FV

Características

- **Alta rigidez**
- **Resistência ao risco**
- **Resistência ao Impacto**
- **Tecnologia de parede fina**
- **Redução no tempo de ciclo**

Desenvolvendo!

- PPX615
- 15% FV
- Balanço Rigidez/Impacto

Características

- **Elevada rigidez**
- **Alongamento**
- **Flexibilidade de Design**
- **Part consolidation**
- **Redução no tempo de ciclo**

tante ativamente no custo do produto, já que o PP tem uma relação de custo bastante interessante. Nesse contexto de PPO e PP, vários aditivos podem ser adicionados à formulação, para se colocar, por exemplo, fibra de vidro, modificadores de impacto, retardantes à chama, antioxidantes, etc. Então ele funciona como uma blenda e aditivos podem ser colocados de acordo com a aplicação específica vislumbrada pelo nosso cliente. Se pudéssemos observar a microestrutura do material, teríamos uma grande matriz de poliolefina, com inclusões de PPO na matriz de PP. Obviamente, cada um dos dois vai contribuir com suas características principais e o segredo na verdade desse material é a compatibilização entre essa parte de PPO e a matriz de PP, para gerar um reforço no produto final. Caso contrário, seria apenas uma falha interna no produto e não o reforço. Foi a maneira que a GE encontrou de pegar dois materiais – um que nós já produzíamos e um que é bastante conhecido no mercado e juntá-los – lógico que isso não é tão simples quanto se está comentando, houve uma série de empecilhos tecnológicos até se desenvolver o compatibilizante, etc. – mas se chegou a uma blenda bastante interessante da qual se vai mostrar

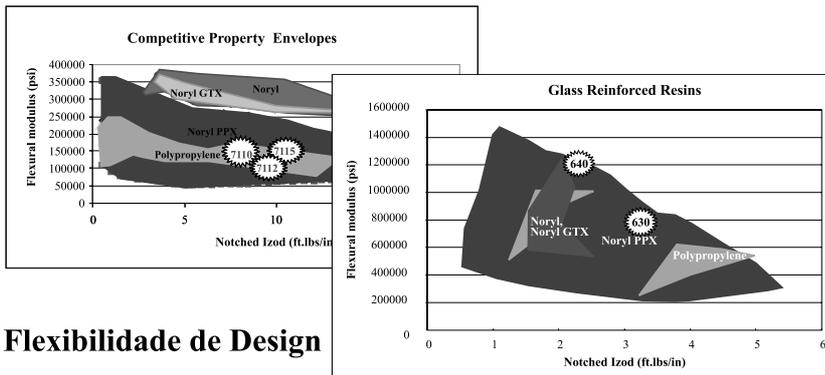
algumas propriedades. Segue o quadro com os grades disponíveis.

O palestrante comentou rapidamente os grades, destacando que o 7115 é aprovado para aplicações em contato com alimento, o 7112, normalmente posicionado para aplicações automotivas externas, como pára-choques, tanto termoformados quanto injetados. Quanto aos grades carregados com fibra de vidro, mais recentemente se está trabalhando com um grade com 15% de fibra de vidro. Quanto às características, com ou sem fibra, são materiais com rigidez elevada, densidade baixa quando comparado com alguns concorrentes, o que pode levar a um saving interessante na peça final, e tempo de ciclo também reduzido quando comparado também com alguns materiais.

O palestrante destaca algumas propriedades como as de módulo, em relação a módulo/impacto: o PPX7110 tem 1700 de módulo, gerou uma elevação na resistência à flexão em relação a um PP; o 7112 um pouquinho menor. Os grades com fibra de vidro chegam a 5500 MPa e 8500 MPa. O impacto também é bastante interessante, considerados os diversos grades. Mais uma vez mostrando o gap que a GE vislumbrou, no primeiro gráfico, os grades posicionados num gráfico de módulo/impacto, estão um pouco acima do PP e um pouco abaixo dos materiais da GE que são considerados plásticos de engenharia, ficando num gap intermediário. Os materiais carregados com fibra de vidro também estão no gráfico. O de 40% está bem próximo do Noryl e do GTX que são materiais atualmente disponíveis e comercializados pela GE. O PPX630 fica num nível um pouco inferior. Isso mostra que existe uma flexibilidade de design em função dessa gama maior de propriedades de módulo/impacto para diversas aplicações. Não é algo muito restrito. Pode-se pensar em várias aplicações e não só nesses grades. Pode-se mexer neles também, desenvolvendo um grade

NORYL PPX® resin Properties

PROPERTY	NORYL PPX7110	NORYL PPX7112	NORYL PPX7115	NORYL PPX630	NORYL PPX640
		Pintura	Rigidez/impacto	30% GF	40%GF
Tensile Strength	34	36	32	80	96
Tensile elongation break %	195	111	135	6.4	4
Flexural Modulus,	1700	1400	1500	5500	8500
Notched Izod , kJ/m2 @ 23°C	25	39	36	48	13
Notched Izod , kJ/m2 @	9	10.5	10.5	10	10
Charpy impact @ 23°C , kJ/m2	25	39	38	15	14
CTE flow / cross	9 / 12	4 / 8.6	5.4 / 9.0	2 / 11.5	1.6 / 9.5
Specific Gravity	0.97	0.99	0.99	1.19	1.30
HDT 0.45 MPa	108	113	114	155	158
HDT 1.82 MPa , C	75	84	83	135	145
Shrink , %	0.8-1.2	0.6-0.1	0.6-0.1	0.1-0.2	0.1-0.2
Melt Volume Rate cm3/10 min	-	15.2	12.1	3	3



Flexibilidade de Design

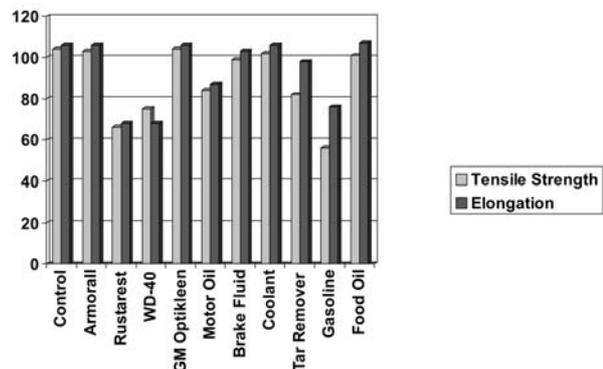
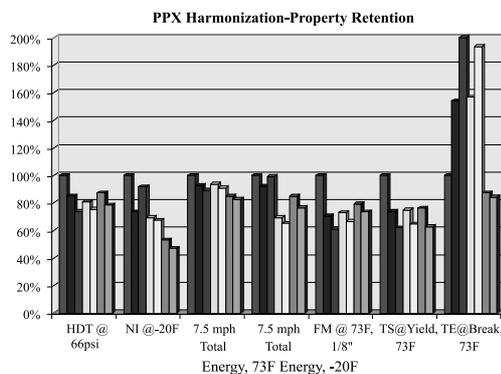
para aplicação específica, dependendo do volume envolvido.

Durante o seminário discutiu-se a reciclagem de produtos. Uma das preocupações da GE foi desenvolver alguns dados comparativos de reciclabilidade do produto e quanto bem ele vai aceitar um material reciclado durante a injeção no moldador. Segue gráfico demonstrativo, sintetizado pelo palestrante: O PPX virgem foi colocado com 100% da propriedade medida; as outras barras são vários tipos de PP, com diferentes percentuais colocados na injetora. Foram injetados corpos de prova, medidos o material virgem e o material misturado com PPs. O interessante é que às vezes a empresa que vai moldar o material tem um refugo de um produto que seja interessante ela colocar dentro desse PPX. Obviamente vai depender da aplicação na qual ele está fazendo esse

estudo, porque existem limitações de visual, de propriedades. Pode-se verificar que as propriedades não caem muito, chegando a manter em torno de 60% a 70% em relação à original, mesmo com 40% de adição de PP. Na última coluna aumentou, porque quanto mais PP se coloca, mais alongamento o material vai apresentar na peça final.

Um outro estudo interessante é a resistência ao risco do material. Como se viu no início, o PPO com PP, o PPO é um material de alto módulo, de alta dureza, então ele vai conferir ao material uma dureza superficial também. O teste é feito com placas injetadas onde se coloca um pó abrasivo, uma carga sobre essas placas e então elas são deslizadas umas sobre as outras. Ao se pegar essa placa arranhada e cortar na transversal, vê-se um vinco, como se fosse um “V” e a área desse vinco é medida e

marcada no gráfico. Em relação a um grade não carregado de PP, ele teve o dobro de resistência na metade da área, o que significa o dobro da resistência ao risco. Passa então a ser um grade interessante para aplicações que exijam uma resistência um pouco melhor ao risco. Em relação a outros produtos da GE, ele está com uma resistência menor em relação ao Noryl, o Noryl 844 e o Lexan 105 com policarbonato. A seguir é apresentado o gráfico com resultados dos testes que comprovam a resistência química, validando a afirmação inicial de que o Noryl PPX poderia ser utilizado em contato com agentes químicos, óleos e graxas. O teste foi feito também com corpos de prova padronizados, embebidos durante 7 dias a 85 °C, com uma deformação de 1%, ou seja, eles são tensionados, e são embebidos nesses óleos ou agentes químicos, basicamente para a indústria automotiva. Além de serem tensionados, eles ficam submersos nos óleos e agentes agressivos, o que é um contato bastante agressivo e diferente do que se tem na prática, onde se tem um eventual contato. É um teste bastante rigoroso. Os testes demonstraram que, depois desse envelhecimento, no pior dos casos, houve uma manutenção de 60% das proprie-



dades, mas a maioria delas ficam em torno de 80%. Estamos nos referindo a gasolina, óleo de motor, óleo de freio, etc.

Após o demonstrativo das propriedades, comparou-se o material com outros que inclusive a própria GE produz, só para se ver a comparação de custo e propriedades. Em relação ao ABS, por exemplo, ele tem uma densidade menor, maior resistência térmica, dependendo obviamente do grade do ABS; ele tem uma resistência química maior e manutenção de propriedades após o envelhecimento, o que com o ABS já é um pouco mais difícil. Já se vislumbram então algumas aplicações, por exemplo, que tenham de ser de ABS, mas que tenham de ter resistência química, que tenham de ter manutenção de propriedades depois de envelhecido. Então já é uma possibilidade de aplicação desse material. Outra comparação feita foi com o próprio PP, porque nossa matriz é PP. De uma maneira bem genérica, dependendo do grade de que estamos falando, ele tem uma maior resistência térmica, inclusive os grades não carregados, tem menor creep, ou seja, ele vai ter menor deformação sob carga, passando a ser interessante nas aplicações com esforços contínuos, uma maior estabilidade dimensional, porque o PPO vai contribuir com menos encolhimento e contribuir com mais estabilidade dimensional. Ele vai variar menos o tamanho da peça final. O grande forte desse material, na verdade não seria nem o preço final dele e sim o quanto o transformador vai ganhar em termos de ciclo de produção. Na verdade atualmente existe uma preocupação tão grande em termos de redução de custo que se

passou a investigar muito mais que o preço por quilo. A investigação agora passa a ser em termos de preço/peça e aí está incluído também o tempo de ciclo. No melhor dos casos, pode-se conseguir até 40% de redução de ciclo e o material que eventualmente não era competitivo por causa de custo passa a ser por causa do ciclo, de outras variáveis do processo que levam à redução do custo da peça final. Mais algumas comparações que a empresa fez, novamente a título de comparação, PPX versus poliamida. Vamos falar de PPX e poliamida carregados com fibra de vidro. A densidade é menor. Aqui foi colocado 8% mas em alguns casos chega até a ser maior; estabilidade hidrolítica – por exemplo, peças de poliamida que tenham de ser hidratadas ou elas empenam, enfim, a estabilidade hidrolítica e dimensional é bem superior; o acabamento superficial bastante bom, peças inclusive com testes práticos realizados mostraram isso; retenção de propriedades quando exposto à umidade. Tanto o PP quanto o PPO são produtos que têm uma ótima resistência à hidrólise, à umidade e, por consequência, quando você mistura os dois as propriedades finais são bastante semelhantes aos dois inicialmente colocados. Quando se compara o PPX não carregado com PP carregado, porque na verdade, como já se comentou antes, o PPX é uma matriz de PP com inclusões de PP. Então, pode-se até considerar que esse material seja um PP carregado, mas não com um material inorgânico, e sim com polímero, já que o polímero que está lá dentro é um material de alto módulo. Por isso se fez essa comparação. Também tem maior resis-

tência térmica, menor creep, melhor impacto, resistência à tração, ciclo menor também de injeção, maior estabilidade de fundido, o que significa dizer, possibilidade de termoformar o produto em peças maiores.

Seguem aplicações que a GE vislumbra, tanto no mercado nacional como no mercado americano. No segmento automotivo, pára-choques, uma grande possibilidade seria em pára-choques termoformados para carros não de alto volume, ou até em pára-choques injetados para carros de alto volume, dependendo obviamente da espessura da parede vai reduzir o ciclo e do preço entre os competidores; acabamento de painel; peças em painel interno do carro; painéis de instrumento – neste último caso, é o reforço mesmo do painel que normalmente tem fibra de vidro, mas, em alguns casos, pode-se até considerar o material sem fibra de vidro para essa aplicação; equipamentos náuticos, devido à resistência à hidrólise, equipamentos de jardinagem; gabinetes de telecomunicação; malas de ferramenta; cobertura de motores – hoje uma aplicação típica de poliamida, ela está sujeita a agressões químicas e resistência térmica e com esse material passa-se a ter algumas possibilidades, dependendo da necessidade da aplicação, da montadora, mas é possível fazer um estudo para saber se é economicamente viável ou não; carcaças de bateria, também na parte interna do motor; painéis externos pintados; peças externas de veículos pintadas; carcaças de equipamentos industriais; veículos de recreação em geral e embalagens para alimentos, já que se tem aditivos para aplicação FDA.

Ilustrando melhor, uma aplicação hidráulica, uma bomba, rotores, mostrando que o material tem uma grande possibilidade nessa linha de segmento, até pelo ciclo de injeção, resistência térmica dele, resistência à hidrólise e o preço que é bastante competitivo. Outros exemplos são as carcaças de máquinas, tipicamente hoje em PA ou PP. Cada caso deve ser analisado separadamente, porque existem problemas específicos no moldador que às vezes não se consegue enxergar só comparando produto com produto. Na linha automotiva, a GE está colocando bastante esforço atualmente e aí estão algumas aplicações, como pára-choques, a linha de saídas de ar, consoles, etc. e a parte underhood as coberturas de motor, mesmo na lateral onde há o radiador, enfim peças internas e carcaças de bateria, sugestões que a GE dá para posicionar esse material e achar um nicho de aplicação para esse produto.

Ao final da apresentação, iniciaram-se as perguntas para o palestrante. Um dos presentes perguntou se a GE desenvolveu a blenda de PPX com algum parceiro ou ela trata o PP como uma matéria-prima e usa de vários fornecedores, ao que o eng. Marco Oliveira respondeu que a GE não é fabricante de PP, então ela tem um terceiro fornecedor de matéria-prima, que é o fornecedor principal nosso, nos Estados Unidos hoje. Atualmente esse material não é fabricado ainda aqui no Brasil, algumas aplicações estão sendo desenvolvidas em paralelo e até que se tenha um volume que signifique que seja possível de produzir tecnicamente e economicamente aqui no Brasil, vai passar a importar

esse produto e aí, mais para frente, a hora que consolidar o mercado, iniciar os testes internos para homologação da planta para produzir esse material aqui no Brasil.

Indagado sobre qual seria a desvantagem em relação ao náilon não reforçado, o palestrante informou que basicamente seria a temperatura de resistência. Obviamente o material tem esse limitante, porque se sabe que o náilon carregado com fibra de vidro tem elevadas temperaturas de resistência. O que ainda não se sabe, é o quanto de resistência cada aplicação precisa realmente ter. Algumas aplicações que se tem em poliamida, a carga entra e ela é até um benefício, porque ela indiretamente aumenta a resistência térmica do material. Ela previne a chupagem, encolhimento, etc. Então, deve ser superior a 200 °C a resistência térmica do material, um PA com fibra, e o PPX não vai atingir essa temperatura. Estamos tentando vislumbrar a aplicação, saber quanto é realmente necessário naquela aplicação em termos de resistência térmica e aí então tentar entrar nesse tipo de mercado.

Uma outra questão colocada foi em relação às peças pintadas e a resistência a UV. O palestrante comentou que essa resistência depende de várias coisas: da quantidade e do tipo de pigmento que é colocado, e do tipo de pacote de estabilização que está sendo utilizado. Hoje se tem um desenvolvimento que está caminhando nesse sentido e está-se desenvolvendo esse pacote de estabilizantes fora do país, nos Estados Unidos, onde é a matriz, onde foi desenvolvido o material, acreditando-se fortemente que será possível pas-

sar em certos requisitos de UV. Hoje, não saberia dizer especificamente qual o número de horas que a blenda atingiria num grade por exemplo colorido. Está em estudo, isso está sendo desenvolvido e nós estamos trabalhando muito fortemente para que isso seja bem desenvolvido e consigamos aplicações não pintadas também.

Polímeros e Nanotecnologia - Fernando Galembeck, UNICAMP

A palavra nanotecnologia tem hoje uma presença constante na mídia e vou procurar mostrar a vocês que pelo menos uma parte de toda a atenção que esse assunto recebe é muito justificada, tem muito boas razões. Também existe um problema que parece que nos rondar o tempo todo, de precisarmos trocar as palavras de vez em quando, ou seja, de precisarmos de palavras novas para nos referirmos às mesmas coisas que já conhecemos. O importante são as idéias, mais do que as palavras.

Esse slide mostra o que nós podemos encontrar na Internet, em uma busca rápida.

Se nós cruzarmos as palavras-chaves “polymer”, “nanotechnology” e “new product”, numa primeira busca em um motor de busca como o Google, por exemplo, temos 542 entradas. Se tirarmos o “new product”, e deixarmos “polymer” e “nanotechnology”, nós vamos encontrar 19 mil entradas, um número que demonstra uma atividade impressionante. Podemos concentrar-nos apenas nas que tenham o “new product”, e o que nós encontramos aí são coisas muito variadas.

Alguns exemplos são: um anúncio da Bayer, sobre polímeros

Polymer nanotechnology "new product", 542 entradas.

Nanotechnology into Flame Retardance. Bayer AG has introduced a new generation of flame retardant **polymer** blends based on a polycarbonate and acrylonitrile

Liquid Polymer Bandage. Professor Kao from the University of Wisconsin has developed a liquid polymeric bandage that can be poured

Stephen Nett is co-founder and CEO of Quantum Polymer Technologies (QPT), a nanotech startup. QPT is commercializing a patented class of plastics which self-assemble into conducting nano- and microwires, the basis for the company's applications in micro- and nanoelectronics, optical telecommunications, and biomedical devices.

Materials Ireland Polymers Research Centre, Trinity College and Allegro Technologies Ltd. highlighted recent developments in polymer-clay nanocomposites, conducting polymers reinforced with nanotubes, photonics devices, artificial muscles, nanoelectronic devices and nanofluidic dispensing technology

http://pep.sric.sri.com/Public/Reports/Phase_2002/RP051C/RP051C.html: This report will review the technological development in nanoparticles. It will principally focus on nanocomposites produced with nanoparticles of clay where most of the commercialization activities are occurring. The process economics for production of nanoclay and nanocomposites will be evaluated. The status of other potential nanofillers, i.e., carbon nanotubes and polyhedral oligomeric silsesquioxanes, will be reviewed.

retardantes de chama; uma atadura feita de polímero líquido, de um professor da Univ. de Wisconsin, que se aplica na forma líquida sobre ferimentos, ao lado de coisas já bem muito sofisticadas – olhem só que impressionante o nome dessa empresa: Quantum Polymer Technologies, que desenvolve tecnologias baseadas em propriedades quânticas de polímeros. Mudando de cenário, encontramos plásticos que se auto-organizam formando nanoagulhas e microagulhas condutoras, que por sua vez são elementos básicos para uma nova microeletrônica que está surgindo. Essa nova microeletrônica não é delírio, e principalmente não é delírio do lado das pessoas de polímeros. Uma revista importante da área de telecomunicações, a “Wired” há pouco tempo atrás publicou uma matéria em que se fazia a seguinte pergunta: “O Vale do Silício deixará de se chamar Vale do Silício para ser o Vale do PPV?”. Lembro que o PPV é o poliparafenilenovinileno, talvez o mais promissor de todos os polímeros condutores. Ou seja, a expectativa é que polímeros substi-

tuirão outros tipos de semicondutores, em dispositivos eletrônicos e de tecnologias de informação. Este é um cenário bem diferente do cenário dos retardantes de chama, mas tudo isso é parte do mesmo conjunto, o das nanotecnologias de polímeros.

Um outro exemplo é o de um Centro da Irlanda. Este país não costumava ser motivo de muita preocupação científico-tecnológica no passado, mas ela vem adquirindo importância muito grande e os pesquisadores deste centro estão interessados, por exemplo, em nanocompósitos de polímeros com argilas, o que em princípio parece ser coisa muito simples, mas nós vamos ver que tem características muito especiais. Outros temas deste centro são: polímeros condutores, com nanotubos, dispositivos fotônicos, músculos artificiais, dispositivos nanoeletrônicos e nanofluidos Ou seja, uma porção de materiais e dispositivos inovadores, construídos com unidades nanométricas e que tenham propriedades muito especiais.

Uma motivação para isso tudo

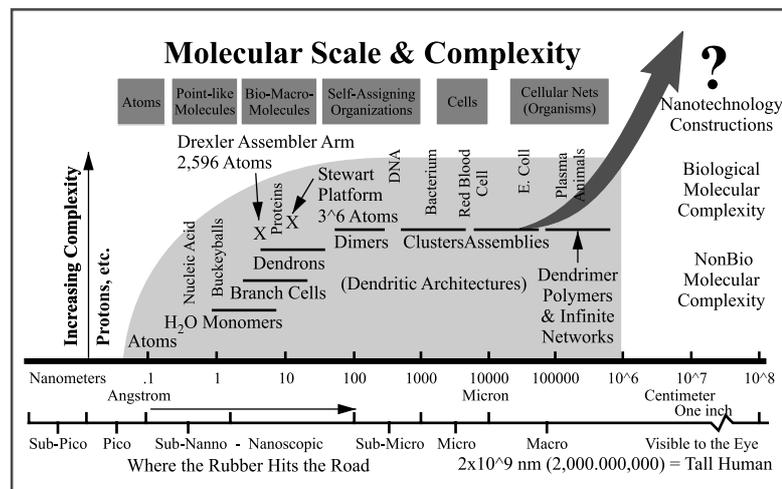
foi um filme que impressionou muita gente há tempos atrás, chamado exatamente “Viagem Fantástica”, no qual pessoas viajando dentro de máquinas muito pequenas, penetravam no organismo humano e aí passavam por várias aventuras. Parte dessa realidade que apareceu no filme já convive conosco. Hoje, tem gente escapando de cirurgia cardíaca porque o cateter consegue inserir nalgum ponto de um vaso um pedacinho de plástico que vai reforçar a parede do vaso e assim vai conseguir manter a circulação ativa.

Um último exemplo é do Stanford Research Institute, uma organização extremamente importante, e que de novo se refere às nanopartículas de argila, nanocompósitos formados por nanopartículas de argila e plástico, que já mencionei antes. Seus pesquisadores também estão considerando nanotubos de carbono e silsesquioxanos, que é uma classe relativamente nova de polímeros, baseados em silício e parentes das siliconas, mas com diferenças importantes.

Antes de seguir adiante eu queria fazer uma afirmação geral: é muito comum entre pessoal universitário e muitas vezes encontro isso também em pessoal de indústria, acreditar que desenvolvimentos tecnológicos são feitos mais ou menos linearmente. Muita gente acredita que o processo seja este: alguém tem uma idéia, faz uma experiência, depois a idéia é detalhada, vai para a bancada, vai para uma unidade-piloto e no fim acaba gerando um produto. De fato, alguns exemplos mostram que o caminho da descoberta de muitas coisas importantes seguiu caminhos bem pouco lineares. O

polietileno, familiar para todos que estão aqui, foi descoberto em uma empresa que decidiu manter o emprego de seus engenheiros e pesquisadores, na recessão americana dos anos 30. Para não demitir muita gente, e depois ter de recomeçar do zero, a empresa ocupou seus profissionais com atividades que gastassem pouco, não dessem muita dor de cabeça e, principalmente, não produzissem produto nenhum, porque não havia mercado. Ou seja, colocou uma parte do seu pessoal em atividades de pesquisa. Alguns foram incumbidos de medir propriedades PVT do etileno, que como todos sabemos é um dos assuntos menos excitantes de um curso de Química ou Engenharia. Foi durante estas medidas que se observou, inesperadamente e pela primeira vez, a formação de polietileno. Como a descoberta foi acidental, a repetição do resultado foi difícil, e só foi conseguida depois de seis meses. Resumindo: pessoas encarregadas de medirem propriedades PVT do etileno descobriram o polietileno, hoje o plástico líder em volume, em todo o mundo. Baseado neste exemplo, quero deixar uma afirmação: a principal ferramenta da descoberta e do desenvolvimento é o que algumas pessoas chamam de *serendipitia*. A serendipitia funciona assim: você vai ao cinema para assistir a um filme, aquele filme tem uma fila grande demais, você desiste, entra no cinema ao lado e descobre que acabou de assistir ao filme que há muito tempo queria assistir, mas não se lembrava do nome. Isso é serendipitia, uma das grandes forças motrizes da descoberta.

Bom, o que é nanotecnologia? Nós podemos encontrar várias



definições. Existe uma home-page muito importante da Iniciativa Americana de Nanotecnologia e, se vocês olharem os logotipos que estão no topo dessa página, vão encontrar a CIA, a NASA, passando por todas as forças armadas americanas e um bom número de empresas. Essa página trata de uma porção de coisas: nanolitografia, que é a escrita numa escala nanométrica de dispositivos de controle de fluxo de elétrons. O que é isso, no fim das contas? Isso é a nanoeletrônica. Ou seja, o que está por trás disso é conseguir fazer, por técnicas de estampagem ou carimbo, circuitos com dimensões nanométricas. Por que as pessoas querem fazer isso? É porque reduzindo o tamanho ganha-se muito em desempenho dos dispositivos.

Uma das definições que se encontra é a seguinte, no site de uma empresa da área: “Nanotecnologia é a palavra usada para descrever vários tipos de pesquisa em que as dimensões características dos materiais envolvidos são menores do que aproximadamente 1000 nm”. Quando eu fiz o curso de Química, essa mesma definição era usada para a área da química coloidal. Depois, como professor,

eu me envolvi com química coloidal e me definia como químico coloidal. Então quando eu vi essa definição eu descobri que eu sou um nanotecnólogo. Ou seja, nós estamos tratando de criação, síntese, fabricação de materiais, dispositivos e objetos funcionais ou estruturais baseados nas propriedades da matéria estruturada numa escala nanométrica. E que importância tem essa escala nanométrica? Antes de falar da importância da escala, queria dar uma idéia das dimensões.

O gráfico acima mostra várias coisas que existem em várias escalas, desde a atômica até a escala de centímetro, mas para resumir e citar todos os nomes que estão aí, vamos ter claro o seguinte: a minha relação de tamanho (1,74 m de altura) para um nanometro é a mesma relação que a do diâmetro do planeta Terra para a minha altura. Quer dizer, meu tamanho está para o da Terra como 1 nanometro está para mim. Quando se chega nessa região aqui de dimensões de 1 nanometro, realmente acontecem muitos fenômenos interessantes. Alguns deles são conhecidos há muito tempo, por exemplo: o ouro, na forma de partículas muito finas,

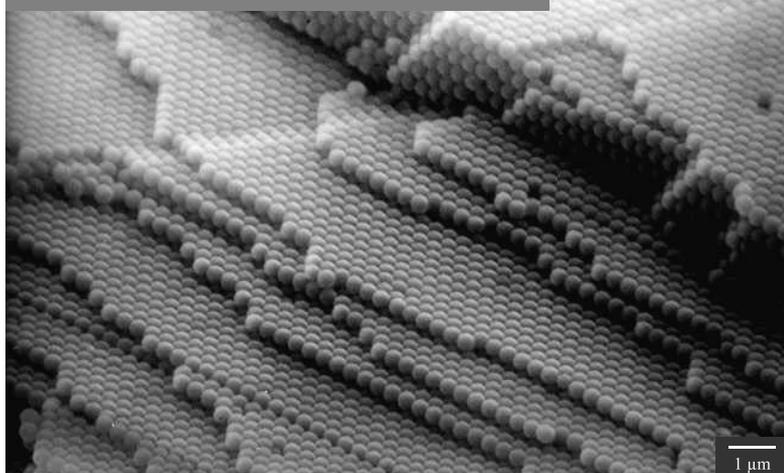
não é amarelo, ele é vermelho; e se mudar um pouco o tamanho, de vermelho o ouro passa a azul; folhas de ouro muito finas são verdes, não são amarelas. Todos que já foram a Ouro Preto viram estátuas revestidas com folha de ouro e perceberam que em alguns pontos o ouro aparece esverdeado. Quando vemos isso, descobrimos que os artesãos autores daquelas estátuas sabiam nanotecnologia. Eles sabiam não só reduzir folhas de ouro a uma espessura muito pequena, como também sabiam que eles tinham que parar de adelgaçar as lâminas antes do ouro começar a ficar verde.

Há uma conferência internacional muito concorrida que se faz já há alguns anos, e teve a última versão realizada há pouco mais de um mês, com os seguintes temas: nanodispositivos, nanoeletrônica, maquinaria biomolecular, nanomateriais, modelagem computacional. Olhando esses temas, devemos lembrar que nenhum de nós quer almoçar um nanoalmoço, morar numa nanocasa ou andar num nanocarro. Ninguém quer isso. Nós temos uma escala de tamanho, de consumo e de conforto dentro da qual nós existimos e que é definida pela nossa genética, entre outras coisas. A nanotecnologia tem como objetivo fazer com que o almoço, a casa, o carro e outras coisas desse tipo realmente nos sirvam cada vez melhor. Vocês sabem que uma das ocupações importantes dos professores de química e de física é polemizarem mutuamente, e eu vou agora me exercitar um pouco em um assunto polêmico. É muito comum ouvirmos a frase: “A nanotecnologia foi criada numa conferência feita por Feynman (um

físico muito importante, ganhou dois prêmios Nobel) no Caltech. Essa conferência foi no dia 28 de dezembro de 1958, às 15 horas.” Nessa conferência, Feynman criou uma frase famosa: “Há muito que procurar lá embaixo”. O “lá embaixo” a que ele se referia eram as dimensões muito pequenas, nas quais a matéria adquire propriedades especialmente interessantes e um exemplo disso eu citei agora há pouco: a cor das partículas de ouro muda quando o ouro está na forma de partículas muito pequenas. Outro exemplo é que qualquer sólido se torna moldável a frio, ou seja, qualquer sólido na forma de nanopartículas adquire propriedades que a gente chamaria de super-plásticas; isso pode ser um problema para os fabricantes de plástico – conseguir ter uma nanoareia moldável a frio, isso poderá ser um problema para muitos de nós. Mas, na verdade, pelo menos desde Emil Fischer que nós químicos fazemos estruturas nanométricas criadas para desempenhar funções desejadas, que são as moléculas. Alguns acham que já há moléculas demais, principalmente em véspera de provas os alunos

acham que tem muita molécula. Na verdade, a estimativa é que o número de moléculas com massa molar inferior a 850 seja igual a 10^{29} . Este é um número fantástico, um milhão de vezes o Número de Avogadro. Essa é a estimativa, obviamente, ninguém conseguiu fazer tudo isso e não é possível esperar que um dia todas essas moléculas sejam sintetizadas. Por essa razão, sempre ficam aparecendo novas moléculas. Por exemplo, eu acho que quando todos os presentes aqui fizeram seus cursos, havia o carbono amorfo, diamante e grafite. Aí depois apareceram os fulerenos, que hoje são uma família sempre crescente. Alguém olha para o modelo de uma molécula e pensa: ora, mas isso aqui parece um dente de engrenagem! Então, se eu conseguir montar algumas moléculas como essa, com a geometria adequada, eu vou conseguir fazer uma roda dentada, em dimensão nanométrica. Dessa maneira, os “designers” de moléculas vão criando uma porção de estruturas novas, em escala muito pequena, e a síntese química e particularmente a química supramolecular permitem a criação de estruturas

Superfície de fratura de um **macrocrystal** de látex PS-HEMA



nanométricas funcionais; elas permitem mudanças de propriedades e criação de novas funções para a matéria usando como ferramenta a modificação das moléculas, ou dos arranjos supramoleculares. Surge então uma porção de novos personagens: macrocristais, compostos de coordenação com formas belíssimas e às vezes extravagantes, micelas, lamelas, sólidos mesoporosos, motores moleculares, bordados moleculares, géis, espumas, agregados, etc.

Por exemplo, a imagem anterior é de um macrocristal, obtida no microscópio eletrônico de varredura. É um macrocristal de poli(estireno-metacrilato de hidroxietila). Esse é um polímero não-cristalino, ele é amorfo, mas as partículas sendo todas razoavelmente uniformes, elas se empacotam dessa forma. Então vejam bem: é um amorfo, não é um cristal. Mas pedaços esféricos do amorfo, com mais ou menos meio micron de diâmetro, formam um arranjo ordenado. O que esse macrocristal pode ter de interessante? É uma estrutura ordenada na qual as unidades têm a dimensão necessária para que ocorra a difração da luz. Esse é um cristal que não difrata raios X, ele difrata a luz. E por que alguém quer difratar luz? Pode querer por várias razões: pode querer para fazer objetos ornamentais, como, por exemplo, filmes de poliestireno iridescentes, mas também pode querer isso para fazer cristais fotônicos. O que são cristais fotônicos? São cristais que permitem controle de luz da mesma maneira que um cristal semicondutor permite controle de elétrons.

Quando se pensa no que acontece em nanoescala, nós temos que reconhecer diferenças muito gran-

des com a nossa escala de metros e centímetros. É um ambiente muito diferente do nosso, tão diferente que nele a gravidade é irrelevante. Para montar nanoestruturas, a gravidade não contribui absolutamente nada. Nessa escala, ela é substituída por forças intermoleculares e por forças eletrostáticas, tensão superficial, adesão, absorção, etc. Nessa escala, flutuações são muito importantes. Flutuações estão em toda parte, o tempo todo, mas nessa sala, por exemplo, a pressão não muda muito de um instante para outro, porque nós estamos com uma população macroscópica de moléculas no ar. Entretanto, quando olhamos partícula a partícula, e a área de cada partícula em que ela recebe colisões dos átomos do ar é pequena, aí as flutuações começam a ser muito grandes. Ou seja, os sistemas se tornam bastante cíclicos, eles estão mudando muito, o tempo todo. Ainda há outras diferenças importantes. A termodinâmica que se aplica não é a mesma, é a dos sistemas pequenos; essa é a escala em que o demônio de Maxwell opera - portanto as noções de calor e trabalho são um pouco diferentes; cooperatividade é um fenômeno extremamente importante nessa escala. Numa descrição quântica do sistema, nós passamos de níveis energéticos discretos, representados por orbitais, para as bandas e, principalmente, temos área superficial extremamente elevada, o que provoca *volume livre* muito grande, portanto grande plasticidade das partículas.

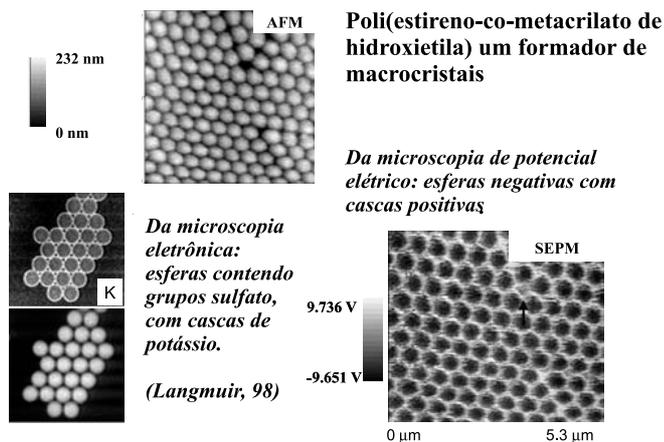
Quero agora evocar uma história de uns 40 ou 50 anos, de construção de unidades funcionais usando recursos nanotecnológicos.

Ela começa com as resinas de troca iônica, depois a cromatografia de troca iônica, cromatografia de afinidade, passa para a detecção de antígenos por coagulação de látex, o radioensaio, as várias formas de ELISA, que é uma técnica de diagnóstico e, no momento atual esta história chega aos biochips, ou seja, umas plaquinhas que servem para, por exemplo, saber quem é o pai da criança, teste de paternidade e outras coisas desse tipo. Essa história, que é muito bonita e com uma quantidade enorme de resultados importantes, e produtos valiosíssimos, certamente ainda não terminou e mostra como são ilimitadas as possibilidades de junção de unidades químicas estruturais, para construir materiais funcionais.

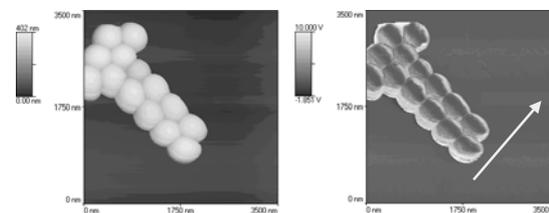
Por exemplo, posso pensar em uma roupa na qual estejam embutidos elementos estruturais que permitam, por exemplo, que o vencimento do meu desodorante seja prolongado, auxiliando na supressão de bactérias, ácaros, retenção de vários tipos de detritos, etc.

Hoje já existe, para uso médico, filmes que podem ser aplicados sobre um ferimento e que já contêm material terapêutico e diagnóstico. Nós podemos então entender que as fibras têxteis estão adquirindo e vão adquirir cada vez mais propriedades funcionais de uma porção de tipos, relacionadas à higiene e ao conforto.

Para conhecermos a matéria na escala nanométrica, dependemos muito de uma porção de ferramentas, mas principalmente, de microscópios. Hoje, temos microscópios que produzem imagens reveladoras não apenas de forma, mas também das variações locais de carga elétrica, de viscosidade,



Alinhamento de domínios elétricos com o substrato



Clusters de partículas de poli(estireno-co-acrilamida) secos sobre mica mostram domínios elétricos correlacionados e alinhados com o plano {010} da mica

de composição química, módulo elástico, calor específico e mais um grande número de propriedades de um sólido, ponto a ponto, em escala nanométrica. No meu laboratório, temos mostrado que polímeros que usualmente tratamos como se fossem espécies neutras apresentam sempre grandes variações locais de potencial elétrico, que até aqui todos nós temos sistematicamente ignorado e que certamente tem uma importância na estrutura e propriedades do material. Por exemplo, esses gradientes elétricos fazem com que as partículas colocadas sobre um substrato se alinhem. Peço que notem, isso aqui é um substrato de mica, notem que o positivo está de um lado, o negativo no meio, depois positivo, depois negativo. Isso tem um ordenamento e não por acaso os dipolos estão alinhados com um dos eixos cristalográficos da mica, ou seja, existe uma associação entre essas cargas que certamente pode melhorar ou atrapalhar a adesão entre o polímero e o substrato.

Agora, o que adianta a gente aprender essas coisas? Vou mostrar um exemplo de aplicação. Eu posso ter um poliestireno polimerizado em emulsão, que é um polímero hidrofóbico, e colorir esse

poliestireno com um corante hidrofílico, com o qual o poliestireno normalmente não se mistura. Se eu tentar misturar simplesmente poliestireno, um solvente e azul de metileno, eu vou ter uma péssima mistura. Mas se eu fizer isso de tal maneira que o corante colocado em presença das partículas tenha tempo de chegar até onde estão as cargas negativas que foram reveladas pela microscopia de potencial elétrico, eu consigo corar o poliestireno com um corante básico, o que não é exatamente uma operação comum. Ou seja, aprendendo que há cargas, eu posso trabalhar com elas. Então isso nos dá uma nova maneira de fazer modificação de polímeros, desde que haja no polímero algu-

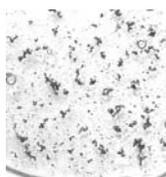
ma carga. Tendo feito no laboratório mapas de uma porção de polímeros, termoplásticos, polietileno, polipropileno, poliéster, etc, até hoje nós não encontramos um só que não mostrasse elevados gradientes de potencial elétrico e elevadas concentrações locais de carga. Em alguns casos nós sabemos quais são as cargas, em outros casos nós não sabemos. Em alguns casos se espera encontrar cargas, em outros casos não se espera, mas o fato é que elas estão lá. E elas sendo acessíveis, devem permitir fazer uma coisa que não tem sido feita, a não ser em situações muito raras, que é modificação iônica de polímeros. Este pode ser um novo caminho para se obter borrachas termoplásticas, aditivos especiais, etc.

Aplicando os resultados da microscopia

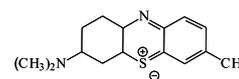
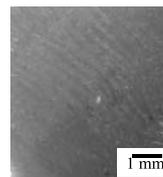
- **Modificação de polímeros hidrofóbicos com corantes hidrofílicos.**

poliestireno + azul de metileno

pelotas + CHCl_3



látex tingido + CHCl_3



- **Outros alvos: borrachas termoplásticas, adesivos especiais.**

Vou concluir com uma afirmação, que espero ter demonstrado ao longo desta palestra: os novos conceitos e as novas ferramentas que estão surgindo vão sendo usados na criação de um grande número de produtos novos, inclusive de alguns que se considerava impossíveis. Ao mesmo tempo, este novo conhecimento está revitalizando alguns materiais bem conhecidos, mas que também passam a mostrar facetas completamente novas.

Ao final da apresentação, o prof. Fernando Galembek respondeu a algumas questões dos presentes, resumidas a seguir:

- Como anda o Brasil em pesquisa nessa área de nanotecnologia, principalmente em comparação com Estados Unidos e Europa? – R.: Como em outras áreas, podemos resumir assim: na pesquisa básica existe uma porção de bons resultados, de grupos trabalhando e produzindo bastante bem. Infelizmente, as ocasiões que existem para conversa desses pesquisadores com pessoas como as desta platéia, são muito pequenas. E eu acho que, principalmente por falta desse contato, é que a acabamos criando situações infelizmente muito comuns e que eu resumo assim: nossa pesquisa básica é muito boa, e está contribuindo muito ativamente para quem não está nesse país, nem está pagando imposto por aqui.

- Como adepto da nanotecnologia, tenho trabalhado com QFD, onde se tem de trabalhar bastante esse requisito de performance e daí partir para uma configuração molecular. Acredito que no campo de polímeros nós temos isso daí

como GPC, você faz a distribuição do tamanho de cadeia, já uma coisa no micron, alguma coisa trabalhada com cinética de polimerização em que a temperatura em que o polímero se precipita vai influenciando aquela formação, em nanoescala com microscopia de varredura eletrônica, uma ampliação de três mil vezes, e que mostra diferenças na estrutura do pó da partícula polimérica e que dá diferenças na performance de compactação, de expansão, depois que se tira a pressão. São coisas impressionantes que se descobre quando mexe com essas escalas. Sou adepto ferrenho da questão das impurezas, a influência das impurezas na performance dos produtos. Tenho observado coisas a nível de partes por milhão ou bilhão, que têm uma influência muito grande. Acho que esses processos, respeitando essas características, microns, são muito importantes para chegar a soluções nunca antes atingidas. – R.: Essa pergunta é extremamente oportuna, ela levanta alguns temas vou comentar apenas um. Mudando condições de precipitação, vão mudar características do produto. Há uns doze anos eu estava fazendo um seminário em Leverkusen, sobre polímeros em emulsão, látex. Havia uma pessoa, um senhor, o mais velho dos que estavam lá, que me disse o seguinte. “Uma coisa que nós sabemos muito bem é precipitar um látex de diferentes maneiras, com diferentes coagulantes. Obtemos produtos muito reprodutíveis, mas as propriedades do produto variam. Nós não sabemos por que”. Ou seja, há tecnologias confiáveis,

mas nem sempre sabemos por que elas funcionam. Esta pergunta levanta a questão seguinte: Muitas vezes nós focalizamos muito a macromolécula, focalizamos muito a cadeia. Às vezes nós prestamos atenção para o grau de entrelaçamento da cadeia. Nesta reunião, já foi mostrado que esticar as cadeias de polietileno bem esticadinhas multiplica o preço por um fator de 70. Então nós temos de prestar muita atenção a essas coisas. Também há o problema das regiões de interface entre domínios. E aí vale a pena a gente aprender com os colegas metalurgistas. Metalurgista não presta atenção no metal, porque metal todo mundo sabe o que é. Eles prestam atenção nas regiões entre domínios, entre os grãos. Em polímeros, nós estamos mal começando a prestar atenção nas regiões entre grãos. E provavelmente nós vamos ter muito a ganhar trabalhando nessa região. Precisamos conhecer essas regiões. E não só pesquisar, mas transformar o novo conhecimento em PIB. O nosso maior problema, hoje, é conseguir transformar o conhecimento novo em PIB.

- Alguém detém essa royalty dessa tecnologia voltada para polímero? – O que mostrei do corante, o titular da patente é a Unicamp. Isso foi descoberto no laboratório e a universidade depositou a patente. Aliás, esse é um ponto fundamental. Por alguma razão, nós brasileiros não gostamos muito de depositar patente. Na Unicamp, desde há alguns anos, nós temos cultivado esse hábito. Uma parte da sustentação de meu laboratório, hoje, vem de direitos sobre patentes, e ajuda muito.

Matéria elaborada por: Fátima S. Cordebello, secretária executiva da ABPol.