



SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL – SENAI DR/BA
FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

RAFAEL GUERRA PEREIRA DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DA UTILIZAÇÃO DO MODIFICADOR DE
IMPACTO NO COMPÓSITO PC\GLASS BUBBLES**

Salvador
2013

RAFAEL GUERRA PEREIRA DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DA UTILIZAÇÃO DO MODIFICADOR DE
IMPACTO NO COMPÓSITO PC\GLASS BUBBLES**

Monografia apresentada ao Curso Superior de Tecnologia em Polímeros, da Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec, como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Polímeros.

Orientador: Prof. MSc. Rômulo de Freitas Farias

Salvador
2013

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, pois sem ele nada seria possível.

Aos Meus Familiares, Amigos, Professores e ao meu orientador pelo apoio, incentivo e dedicação incondicional.

Ao SENAI Cimatec pelo apoio e infra-estrutura e aos profissionais do laboratório de polímeros pelo apoio técnico.

RESUMO

Este trabalho constituiu na avaliação do efeito do modificador de impacto no compósito policarbonato (PC)\micro esferas ocas de vidro (glass bubbles, GB). As formulações do PC puro, PC\GB e PC\GB com modificador de impacto, foram extrudadas e posteriormente injetadas. Em seguida foram realizados ensaios mecânicos de tração, flexão e impacto. Após as análises foi observado um aumento de módulo elástico na formulação PC/GB, o material se tornou mais frágil em relação ao PC puro, havendo um aumento no módulo de elasticidade e decréscimo na resistência ao impacto. Já a formulação contendo PC/GB com modificador de impacto, ocorreu uma diminuição do módulo elástico, porém a resistência ao impacto aumentou consideravelmente.

ABSTRACT

This study consisted in evaluating the effect of the impact modifier in the composite polycarbonate (PC) \ hollow micro glass spheres (glass bubbles, GB). The formulations of pure PC, PC \ GB and PC \ GB with impact modifier, were extruded and subsequently injected. Then tensile test, flexural and impact were performed. After the analysis we observed an increase in the elastic modulus of formulation PC / GB material became more brittle compared to pure PC, with an increase in the modulus of elasticity and a decrease in impact resistance. Since the formulation containing PC / GB impact modifier with a decrease in the elastic modulus occurred, but the impact resistance increased considerably.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Densidade de Diversas Cargas e Resinas.....	23
Tabela 2: Formulações Preparadas.....	28
Tabela 3: Condições de processamento da extrusora dupla rosca.....	29
Tabela 4: Condições do processamento da Injetora.....	30

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1: Macromolécula.....	14
Figura 2: Obtenção dos Principais Monômeros a Partir do Petróleo.....	15
Figura 3: Classificação dos Polímeros de acordo com a forma molecular.....	17
Figura 4: Mero do Policarbonato.....	19
Figura 5: Método da Fosgenação Direta.....	20
Figura 6: Demonstração das Microesferas de Vidro Ocas.....	22
Figura 7: Aplicações das Microesferas de Vidro.....	24
Figura 8: Mecanismo de atuação do modificador de impacto.....	27
Figura 9: Tensão na Força Máxima.....	33
Figura 10: Módulo Elástico sob Flexão.....	33
Figura 11: Resistência ao Impacto.....	34

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CIMATEC	Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia
MM	Massa Molar
T _m	Temperatura de fusão cristalina
T _g	Temperatura de Transição Vítrea
PC	Policarbonato
PET	Poli(tereftalato de etileno)
ABS	Acrilonitrila – Butadieno - Estireno
PA	Poliamida
PVC	Poli(cloreto de vinila)
POM	Poliacetal
PE	Polietileno
PS	Poliestireno
ABS	Acrilonitrila, Butadieno, Estireno
GB	Glass Bubbles (Microesferas de Vidro)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	14
2.1. Materiais Poliméricos.....	14
2.2. Fontes de Matérias-Primas.....	15
2.3. Polimerização.....	16
2.4. Classificações.....	16
2.5. Policarbonato (PC).....	17
2.5.1. Obtenção de Policarbonato.....	19
2.5.2. Propriedades do PC.....	20
2.6. Microesferas de Vidro (Glass Bubbles – GB).....	22
2.7. Aditivos.....	24
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
3.1. Materiais.....	28
3.2. Metodologia.....	28
3.2.1. Extrusão dos Materiais.....	29
3.2.2. Injeção dos Corpos de Prova.....	29
3.2.3. Ensaio de Tração.....	30
3.2.4. Ensaio de Flexão.....	30
3.2.5. Ensaio de Impacto.....	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	32
4.1. Ensaio de Tração.....	32
4.2. Ensaio de Flexão.....	32
4.3. Ensaio de Resistência ao Impacto.....	33
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
5.1. Conclusões.....	35
5.2. Sugestões e Trabalhos Futuros.....	35
6. REFERÊNCIAS.....	36

1. INTRODUÇÃO

Os polímeros, quando puros, apresentam propriedades que muitas vezes não atendem às especificações técnicas que as peças finais fabricadas a partir deles devem possuir. Propriedades dos polímeros tais como resistência à tração, resistência química a ataques ácidos e básicos, resistências à deformação ao calor, etc, são aprimoradas através da adição de aditivos e cargas, em quantidades adequadas (LIMA, 2007).

Existem também cargas e aditivos que podem ser adicionados aos polímeros, com a intenção de modificar certas propriedades, tornando-os útil em aplicações que não cabiam ao mesmo. A adição de microesferas de vidros contribui para diminuir o peso da peça, e conseqüentemente melhorar também o isolamento térmico e elétrico. Já a incorporação de modificadores de impacto é uma forma prática de aumentar a resistência ao impacto. Para que o modificador de impacto seja eficiente, ele deve ter características elastoméricas, ou seja, deve ter características de borracha.

Este trabalho tem como objetivo melhorar as propriedades do policarbonato carregado com microesferas de vidro, através da adição de modificadores de impacto. Com a melhoria dessas propriedades uma nova gama de aplicações pode ser aplicada.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Materiais Poliméricos

A palavra POLÍMERO vem do grego poli, cujo significado é “muito”, e de mero, que quer dizer “parte” ou “unidade” (que se repete). Os meros, para formarem um polímero, são ligados entre si através de ligações primárias, estáveis (MANRICH, 2005).

Segundo (CANEVAROLO, 2002), um polímero é composto por dezenas de milhares de meros que são as unidades moleculares que se repetem pelas chamadas ligações covalentes. Os meros também chamados monômeros, ou até mesmo micromoléculas são quimicamente suscetíveis a ter uma reação e assim formar as macromoléculas, como pode ser observado na Figura 1 (MENDES, 2004).

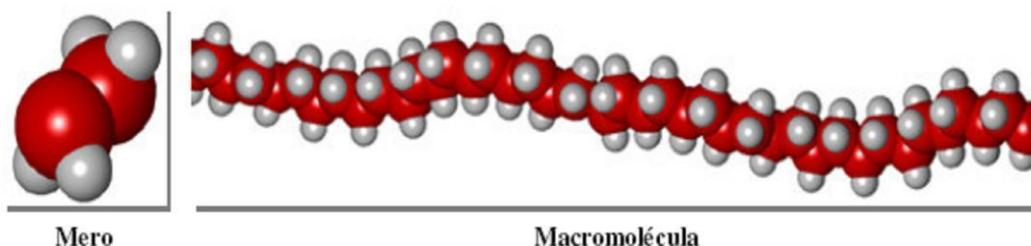


Figura 1: Macromolécula. (<http://abcdopolimero.wordpress.com/>)

Para (PADILHA, 2000), os meros que se repetem são basicamente formados por diversos átomos como de carbono, hidrogênio, nitrogênio, oxigênio, flúor e em diversos elementos não metálicos.

Em relação às ligações químicas, os polímeros apresentam ligação covalente entre os átomos da cadeia e ligação fraca, secundária intermolecular (NETO, 2012).

De acordo com (MENDES, 2004) há muita semelhança entre macromoléculas e polímeros, porém, as macromoléculas são moléculas

grandes, com elevado peso molecular e podem ou não ter unidades químicas repetidas, já os polímeros são compostos de múltiplos peso molecular e suas unidades químicas se repetem “n” vezes.

2.2. Fontes de Matérias-Primas

Segundo (NETO, 2012) os custos dos polímeros dependem, de maneira básica, dos seus processos de polimerização e disponibilidades de monômeros. Os principais fornecedores de matérias-primas podem se dividir em três agrupamentos, conforme adiante:

- **Produtos Naturais:** A borracha natural, que se encontra no látex das seringueiras e outros menos importantes, mas, que também podem promover a produção de polímeros como o óleo de mamona (ao produzir Nylon 11 e Poliuretano) e o óleo de soja (Nylon 9).
- **Hulha ou carvão mineral:** Demonstra-se, em diversas ocasiões, que é possível obter certos polímeros através da destilação de carvões minerais, como o polietileno.
- **Petróleo:** A obtenção de polímeros provém da destilação do óleo cru, onde se obtém o nafta, como descrito na Figura 2.

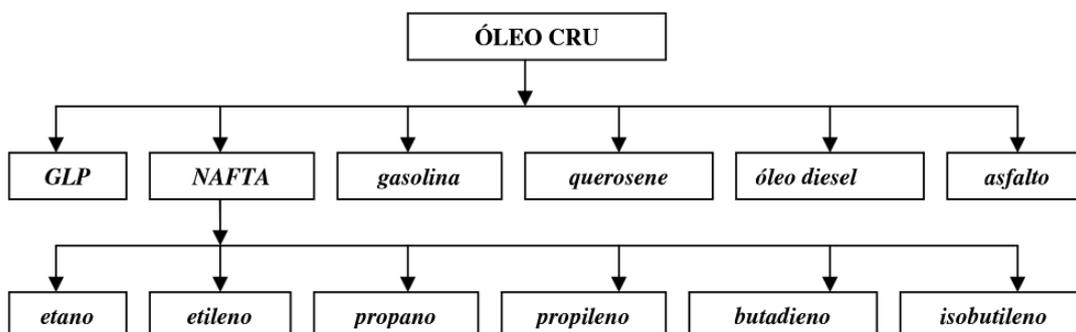


Figura 2: Obtenção dos Principais Monômeros a Partir do Petróleo. (CANEVAROLO, 2002)

2.3. Polimerização

De acordo com (CANEVAROLO, 2002) o processo de polimerização é um conjunto de reações entre moléculas simples para formação de uma macromolécula de alta massa molar.

Polimerização é a reação ou conjunto de reações nos quais moléculas simples reagem entre si formando uma macromolécula de alta massa molar. Durante esse processo, algumas variáveis são mais ou menos importantes, dependendo de sua influência na qualidade do polímero formado. Assim, temperatura de reação, pressão, tempo, presença e tipo de indicador e agitação são considerados variáveis primárias e a presença e o tipo de inibidor, de retardador, catalisador, controlador de massa molar, da quantidade de reagentes e demais agentes específicos, são considerados variáveis secundárias (CANEVAROLO, 2002)

Segundo (AGUIAR, 2010), as reações de polimerização podem ser de adição ou poliadição, quando ocorre a polimerização sem liberação de um produto secundário, ou condensação ou policondensação, onde ocorre a liberação de um produto secundário, como a água por exemplo.

2.4. Classificações

Na dependência da espécie de monômeros (estruturas químicas), da numeração média dos meros por cadeias e da espécie de ligações covalentes, pode-se fazer a divisão dos polímeros em três escalas (PADILHA, 2000).

- Termoplásticos: São os plásticos que constituem a maior parte dos polímeros comerciais. A principal característica desses polímeros é poder ser fundido diversas vezes. Dependendo do tipo do plástico, também podem dissolver-se em vários solventes. Logo, sua reciclagem é possível, uma característica bastante desejável atualmente (GORNÍ, 2002)

- Termorrígidos (termofixos): Para (CANTO, 1995), os termofixos são modeláveis apenas no momento da produção do objeto e precisam ser moldados apenas no momento da produção do objeto e precisam ser moldados

nesse momento, pois não é possível, de forma simples, remodelá-lo depois de pronto. Os polímeros termofixos geralmente são os mais resistentes, porém, mais frágeis que os termoplásticos e são difíceis de serem reprocessados.

- **Elastômeros (Borrachas):** Classe intermediária entre os termoplásticos e os termorrígidos. Apresentam alta elasticidade, não sendo rígidos como os termofixos. Reciclagem complicada (GORNÍ, 2002).

Os polímeros também podem ser classificados quanto à forma molecular, divide-se em linear, ramificado e reticulado, como pode ser observado na Figura 3:

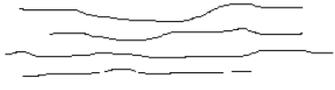
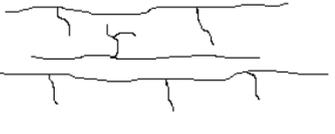
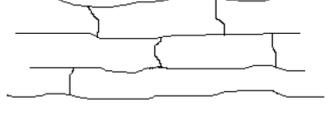
FORMA DA MOLÉCULA	NOME DO POLÍMERO	DEFINIÇÃO
	LINEAR	Formado pelas ligações dos monômeros em um comprimento contínuo.
	RAMIFICADO	Pode representar arquitetura tipo pente, com ramificações longas ou curtas e estruturas dendrítica, na qual as ramificações também apresentam ramificações.
	RETICULADO	Estruturas nas quais as cadeias poliméricas estão ligadas entre si formando uma rede ou retículo.

Figura 3: Classificação dos Polímeros de acordo com a forma molecular. (AGUIAR, 2010)

2.5. Policarbonato(PC)

O policarbonato (PC) caracteriza-se por ser um dos materiais mais tenazes e versáteis dos plásticos de engenharia e por apresentar boa

transparência e uma resistência como a do aço conforme (WIEBECK, HARADA, 2005). Por combinar propriedades similares aos dos vidros e dos metais além de apresentar fácil processamento como os termoplásticos e às propriedades de longo prazo dos termofixos, suas aplicações vão desde lentes para óculos e lanternas de automóveis até equipamentos hospitalares podendo ser esterelizado já que resistência a altas temperaturas é um dos seus pontos fortes (SILVA, 2012).

A estrutura amorfa do PC faz com que ele apresente uma baixa e precisa contração na moldagem, gerando peças com excelente estabilidade dimensional. Quando moldada, reproduz com perfeição a superfície do molde, produzindo peças com excelente acabamento, do brilhante ao texturizado. Em termos de processamento é bastante versátil, podendo ser injetado, extrudado e soprado. Este material tem ganhado mercado substituindo a utilização de vidros e metais em determinadas aplicações para iluminação, embalagens, eletrodomésticos, meios de transporte e componentes eletrônicos (UTRACKI, 2002).

O histórico do policarbonato revela que sua primeira aparição foi em 1930 por W. H. Carothers e F.J. Natta, porém por hidrolisarem rapidamente e apresentarem baixa temperatura de fusão não teve de início um grande reconhecimento comercial. Em 1941 Whinfield e Dickson trabalhavam na Calico Printer Association - Inglaterra, descobriram uma fibra derivada do Poli(tereftalato de etileno) - PET, cujo êxito fez com que pesquisas fossem realizadas a fim de obter polímeros com núcleos aromáticos na cadeia principal. (SILVA, 2012).

Enquanto isto, independente das pesquisas desenvolvidas na Europa e nos Estados Unidos havia tentativas para se obter uma resina termorrígida que possuísse boa estabilidade ao calor e a hidrólise. A empresa General Electric e sua equipe de desenvolvimento obtiveram durante estas tentativas um subproduto que era o policarbonato de bisfenol A. Dessa forma, em 1958 o policarbonato de bisfenol A era fabricado, ao mesmo tempo, na Alemanha pela

Bayer e nos Estados Unidos pela General Electric sobre os nomes comerciais de Macrolon e Lexan, respectivamente (SILVA, 2012).

Hoje em dia existem diferentes tipos de policarbonatos, onde são alterados a massa molar, presença de um segundo componente poli-hidroxiílico, incorporação de aditivos o que é muito comum, e a presença de ramificações na cadeia molecular. Abaixo na Figura 4 a estrutura do mero da macromolécula de policarbonato.

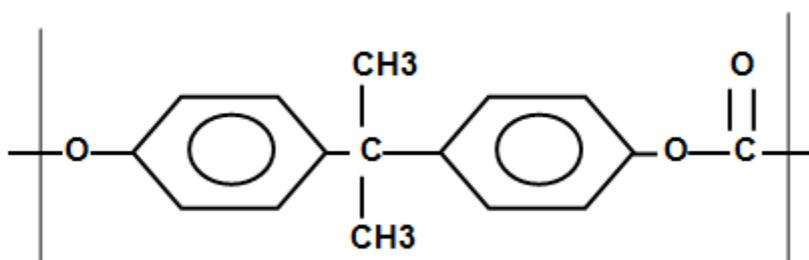


Figura 4: Mero do Policarbonato. Fonte: (WIEBECK, HARADA, 2005)

2.5.1. Obtenção do Policarbonato

Segundo (SIMIELLI, 2010 e SANTOS, 2004), a reação de compostos polihidroxilados com ácidos polibásicos, obtém polímeros de condensação que contém grupos - **CO. O-**, são os poliésteres. Havendo a reação dos compostos polihidroxilados com derivados de ácido carbônico, se obtém outra série de polímeros com grupos - **O. CO. O-**, são os policarbonatos.

O processo mais conhecido pela indústria para a obtenção do PC é a fosgenação direta, pois é mais econômico e proporciona um alto peso molecular (OLIVEIRA, 2011). Ainda é possível recuperar o solvente utilizado, como demonstrado na Figura 5:

impacto, retardante à chama e bom isolante térmico. Motivo pelo qual é muito utilizado na indústria automotiva, eletroeletrônica, telecomunicação, esportes, construção civil, iluminação e equipamentos de segurança. Porém apresenta elevada sensibilidade ao entalhe durante o ensaio de resistência ao impacto, principalmente quando se tem corpos de prova de elevada espessura (SIMIELLI e SANTOS, 2010).

O Módulo de flexão e a resistência ao impacto para o policarbonato são muito altas e são suas principais características. Embora apresente grande resistência ao impacto e grande flexibilidade. O policarbonato é um material duro e rígido e caso seja submetido a um impacto muito forte, o mesmo sofre uma deformação plástica antes de quebrar. Seu alongamento é cinco vezes maior que o permitido por ABS e outros materiais (SILVA, 2012).

Baseado em (UTRACKI, 2002), pode-se definir que o policarbonato em geral, não tem boas propriedades químicas. Os grupos carbonatados são bastante sensíveis à hidrólise, podendo diminuir o peso molecular, devido à degradação hidrolítica, afetando seu rendimento quanto à resistência ao impacto. É muito sensível a hidrocarbonetos aromáticos e halogenados, cetonas e gasolina, mostrando baixa resistência ao stress cracking. Mas apresentam boa resistência a ácidos minerais orgânicos, alcoóis, detergentes e hidrocarbonetos alifáticos.

De acordo com o assunto exposto em (UTRACKI, 2002), o policarbonato possui excelente propriedade ótica (com transmitância de 86% a 90%), mantendo sua excelente transparência mesmo com espessuras maiores. O desenvolvimento de blendas de policarbonato foi principalmente impulsionado pelo mercado, com uma motivação para estender as aplicações de policarbonato em áreas onde, melhor resistência química e processabilidade são necessárias, mantendo alta resistência ao impacto deste polímero.

2.6. Microesferas de Vidro (Glass Bubles - GB)

Segundo (CHANDLER e BARIS, 2012), as microesferas de vidro, são partículas sólidas ou ocas, inorgânicas, que têm contribuído para o crescimento da indústria de polímeros. Elas melhoram algumas características dos polímeros, como por exemplo, as propriedades, térmica, elétrica e principalmente diminuindo a densidade dependendo da sua geometria e composição. As micro esferas consistem em um pó fino com partículas esféricas com um diâmetro médio de 15-65 μm (Figura 6).

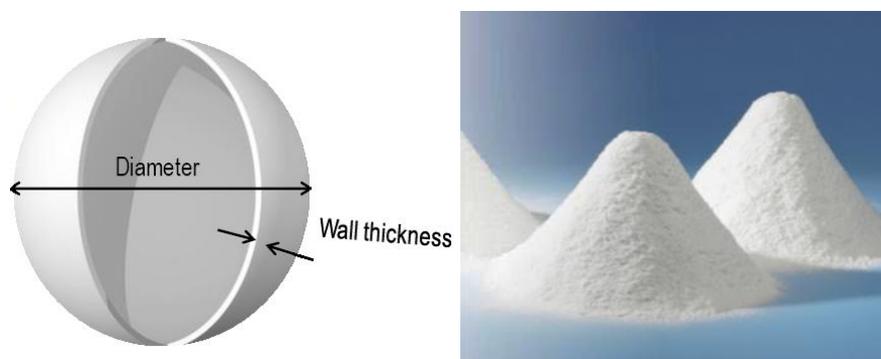


Figura 6: Demonstração das Microesferas de Vidro Ocas (CHANDLER, BARIS)

Existem várias diferenças entre outros tipos de cargas não esféricas (que podem se apresentar na forma de flocos, grânulos, fibras, partículas irregulares e outras). Por exemplo, a razão entre área e volume é menor que em todos os outros casos, de maneira que o aumento de viscosidade é menor quando se compara com a adição do mesmo volume de outra carga (BARBOZA, PAOLI, 2002).

De acordo com Barboza e Paoli, as microesferas podem ser sólidas ou ocas. Microesferas sólidas são geralmente de vidro, cerâmica, carbono, grafite, zinco ou poliméricas – acrílicos, poli(cloreto de vinila), poliestireno. São usadas como cargas para conferir características específicas aos materiais poliméricos a que são adicionadas. Microesferas ocas podem ser de vidro, cerâmica, carbono, resina fenólica, poli(cloreto de vinilideno) ou poliestireno.

As microesferas ocas mais comuns e com maior número de aplicações são as microesferas de vidro. Estas se apresentam sob a forma de pó branco de fluidez semelhante à de um líquido. De densidade bem mais baixa que as cargas convencionais, a adição de microesferas ocas de vidro a formulações de polímeros termofixos ou termoplásticos traz benefícios relacionados a diminuição do peso de peças extrudadas, injetadas, moldadas ou obtidas por diferentes tipos de processamento, conferindo aos materiais uma boa constante dielétrica e propriedades de isolamento térmico, devido a inclusão de “bolhas” de ar permanentes por toda a matriz polimérica (BARBOZA e PAOLI, 2002)

A incorporação de microesferas ocas de vidro a materiais poliméricos resulta em materiais com densidades menores que as dos polímeros puros, e também menores que polímeros adicionados de outros tipos de cargas, como por exemplo, carbonato de cálcio (CaCO_3) e fibra de vidro (Tabela 1) (BARBOZA, PAOLI, 2002). Isso ocorre porque um volume muito maior de microesferas ocas de vidro do que de outras cargas é adicionado, quando a mesma massa é considerada.

Tabela 1: Densidade de Diversas Cargas e Resinas (BARBOZA, PAOLI, 2002)

Carga	Densidade / g cm³
Microesferas Ocas de Vidro	0,15 - 0,40
Esferas de Vidro	2,5
Carbonato de Cálcio	2,7
Talco	2,6
Fibra de Vidro	2,5
Resina Poliéster	1,1 - 1,5

As microesferas de vidro podem ser utilizadas em diversas áreas do mercado, incluindo transporte (automotivo, aeroespacial), petróleo e gás, construção civil e esportes e lazer, como pode ser visto na Figura 7.



Figura 7: Aplicações das Microesferas de Vidro (CHANDLER e BARIS, 2012)

2.7. Aditivos

A busca por novos materiais objetivando a redução nos custos de fabricação e a substituição dos tradicionais como o vidro, os metais e a madeira, possibilitaram a utilização e a expansão dos materiais poliméricos nos diferentes ramos da indústria. Esta evolução ocorreu graças a utilização dos aditivos que proporcionou o desenvolvimento de novos polímeros e a melhoria contínua de outros já existentes no mercado. Os aditivos tem exercido uma grande função no desenvolvimento de novos materiais contribuindo desde a polimerização até a otimização das propriedades finais dos polímeros, através da escolha e dosagem ideal é possível desenvolver materiais para aplicações específicas. Sem dúvida, a utilização dos aditivos proporcionou um amplo campo de aplicação para os materiais poliméricos e se tornou um item indispensável.

Aditivo é todo e qualquer material adicionado a um polímero visando a uma aplicação específica. A característica dos polímeros de aceitarem uma grande variedade de aditivos é fundamentalmente importante, não só para melhorar suas propriedades físico-químicas, mas, também para seu apelo visual permitindo uma vasta gama de aplicações, tanto novas quanto substituindo materiais tradicionais (CANEVAROLO, 2002).

Disponíveis no estado líquido, sólido ou borrachoso, orgânicos ou inorgânicos, os aditivos são adicionados às cadeias poliméricas em pequenas quantidades buscando diversas finalidades a fim de atender aos seguintes requisitos conforme (RABELLO, 2000):

- Eficiência na sua função: Quanto menor for a quantidade exigida para se alcançar as propriedades desejadas melhor, desta forma não haverá interferências significativas em outras propriedades do material ou em outros aditivos;
- Estáveis durante o processamento: Devido às grandes temperaturas que alguns materiais poliméricos necessitam para serem processados. Há utilização de aditivos que não suportam altas temperaturas e corre o risco de se degradarem;
- Facilidade de dispersão: O desempenho tende a cair muito caso o meio onde será adicionado não seja favorável para que o aditivo possa interagir em todo o material, prejudicando a dispersão e o resultado esperado;
- Estáveis quando em uso: Com o passar do tempo e as condições a qual estará sujeito, o aditivo pode se decompor sofrendo alterações físicas ou químicas.
- Não migrar: Por apresentarem baixo peso molecular, os aditivos têm mobilidade entre as cadeias poliméricas e podem migrar do interior da peça para a superfície provocando muitas vezes aparências indesejadas como embranquiçamento, descoloração e pegajosidade;
- Ser atóxico, inodor e incolor: Estas condições são de extrema importância para produtos que terão contato com alimentos, medicamentos ou brinquedos;

- Não prejudicar outras propriedades: Se utilizado em grandes quantidades é quase que inevitável que outras propriedades sejam afetadas negativamente.
- Baixo custo: Geralmente o custo está diretamente relacionado com a eficiência do aditivo.

Os aditivos mais comumente utilizados são os: plastificantes, estabilizantes, cargas, antiestáticos, nucleantes, lubrificantes, pigmentos, expansores, retardantes de chama e modificadores de impacto.

Alguns aditivos têm restrição a determinados polímeros como no caso dos plastificantes e reticulantes, não sendo possível a sua aplicação em qualquer material, já os outros como os pigmentos e agentes de expansão não tem este tipo de problema (RABELLO, 2000).

Os modificadores de Impacto são de um modo geral, borrachas ou fases borrachosas introduzidas na massa polimérica para servir como absorvedores de impacto, aumentando assim a resistência ao impacto do material como um todo. Uma fase borrachosa dispersa em uma fase termoplástica. A adesão entre as fases pode variar de material para material. Um exemplo deste tipo de aditivo é o modificador de impacto acrílico casca-núcleo, capaz de fornecer um excelente equilíbrio de resistência ao impacto (OLIVEIRA, 2011)

Segundo (Oliveira, 2011), o princípio é dispersar o modificador de impacto na matriz rígida, uma fase amortecedora capaz de absorver energia e parar a propagação da fratura. Um segundo mecanismo é a formação de uma frente de cisalhamento em torno da partícula elastomérica, absorvendo a energia de deformação, conforme apresentado na Figura 8.

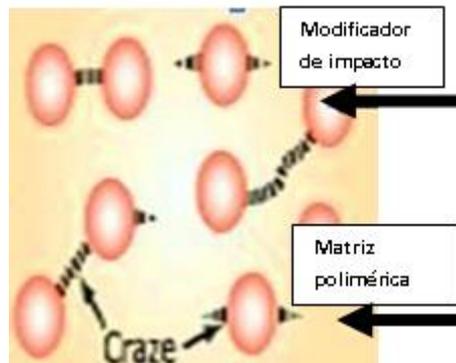


Figura 8: Mecanismo de atuação do modificador de impacto. (RABELO, 2000)

Este mecanismo é sempre acompanhado de cavitação da partícula amortecedora (aparecimento de vazios) que também absorvem a energia. No entanto, a formação de frentes de cisalhamento absorve o máximo de energia (Oliveira, 2011)

Para todas as blendas comerciais PBT/PC e PET/PC contêm tipicamente de 10 a 20% em peso de um modificador de impacto com o objetivo de manter o valor de propriedade ao impacto em amostras entalhadas (UTRACKI, 2002).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Materiais

O seguinte trabalho foi realizado nos Laboratórios de Transformação de Plásticos e de Ensaio Mecânicos do SENAI-Cimatec. Para a utilização dessa pesquisa foi utilizado os seguintes materiais:

- O PC utilizado para a fabricação das amostras é fabricado pela BAYER, de grade T65 XF, com índice de fluidez de 18 g/10min.
- As microesferas de vidro ocas foram fabricadas pela 3M, de grade iM30K, possuem uma densidade de 0,6 g/cm³, o diâmetro das partículas giram em torno de 9 a 29 µm e tem a cor aparente branca.
- O modificador de impacto é fabricado pela Kraton, de grade FG1901 G, com índice de fluidez entre 14 – 28 g/10min.

3.2. Metodologia

Inicialmente foi retirada a umidade do policarbonato em um desumidificador PIOVAN, do modelo DS 507, a uma temperatura de 120°C durante 12 horas. Logo após foram preparadas as formulações, como mostra a tabela2, para posterior processamento.

Tabela 2: Formulações Preparadas

Formulações	
Sigla	Composição
PC-p	PC puro
PC/GB5%	PC + 5% Microesferas de Vidro
PC/GB5%/2%Imp	PC + 5% Microesferas de vidro + 2% modificador de impacto

3.2.1 Extrusão dos Materiais

Após desumidificação, as amostras foram processadas e peletizadas numa extrusora dupla rosca co-rotante da IMACON, com L/D 40, refrigeração a água e com bomba de vácuo. Na Tabela 3 são apresentadas as condições de processamento do material na extrusora, tanto dos componentes puros, quanto das blendas.

Tabela 3: Condições de processamento da extrusora dupla rosca.

Parâmetros										
Zonas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temperatura °C	230	240	250	260	260	265	265	270	275	280
	RPM Rosca					RPM Dosador				
	110					10				

3.2.2 Injeção dos Corpos de Prova

Após desumidificação, foram injetados corpos de prova segundo as normas ASTM D 638 (tração), D 256 (resistência a impacto) e D 790 (flexão) em uma injetora ROMI modelo PRIMAX com capacidade de 100 ton de força de fechamento, sem controle da temperatura do molde, podendo afetar a cristalização do material.

Durante a injeção dos corpos de prova procurou-se manter as mesmas condições de injeção para as composições. A Tabela 4 apresenta as condições de injeção utilizadas na moldagem dos corpos de prova.

Tabela 4: Condições do processamento da Injetora

Pressão Injeção (bar)	Pressão Recalque (bar)	Perfil de Temperatura do Canhão				Tempo de Resfriamento (s)
		T1(°C)	T2(°C)	T3(°C)	T4(°C)	
850	850	250	260	270	280	15

3.2.3 Ensaio de Tração

Os ensaios de tração foram realizados conforme a norma ASTM D 638, em uma máquina universal de ensaios, EMIC modelo DL 2000, utilizando célula de carga de 10 kN, na temperatura de 23°C a uma velocidade de 5 mm/min. Todas as amostras foram acondicionadas em ambiente climatizado a uma temperatura de 23 ± 2 °C e umidade relativa do ar de 50 ± 5 % por no mínimo 24h.

3.2.4 Ensaio de Flexão

Os ensaios de flexão foram realizados conforme a norma ASTM D 790, em uma máquina universal de ensaios, EMIC modelo DL 2000, utilizando célula de carga de 10 kN, na temperatura ambiente de 23°C a uma velocidade de 2 mm/min e distância entre os apoios de 64 mm. Todas as amostras foram acondicionadas em ambiente climatizado a uma temperatura de 23 ± 2 °C e umidade relativa do ar de 50 ± 5 % por no mínimo 24h.

3.2.5 Ensaio de Impacto

Os testes de impacto foram realizados nos corpos de prova sem entalhe de 2 mm, segundo a norma ASTM D 256 em uma máquina tipo pêndulo, EMIC

modelo AIC, com auxílio do martelo de 5,5J na temperatura de 23 °C. Todas as amostras foram acondicionadas em ambiente climatizado a uma temperatura de 23 ± 2 °C e umidade relativa do ar de 50 ± 5 % por no mínimo 24h. Como resultado obteve-se informações referentes à energia em joule necessária para romper os corpos de prova ensaiados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Ensaio de Tração

A Figura 9 apresenta os resultados da tensão na força máxima das formulações testadas. Diante do observado pode-se notar que a adição das microesferas de vidro diminui em torno de 35% a tensão na força máxima, devido ao fato de tornar o material mais rígido, diminuindo sua deformação plástica. Já com o acompanhamento do modificador de impacto, a tensão na força máxima é aumentada em relação as amostra apenas com as esferas de vidro, provavelmente devido a uma má dispersão das microesferas de vidro na composição PC/GB5%.

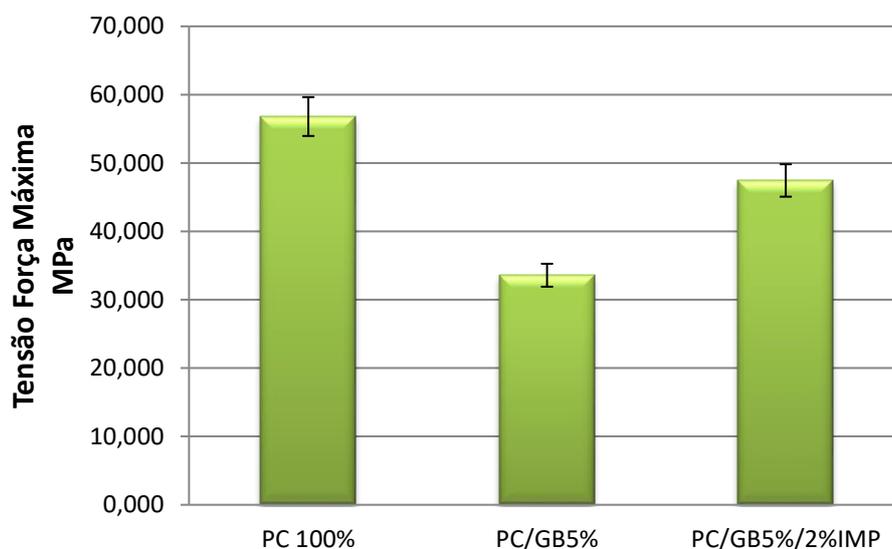


Figura 9: Tensão na Força Máxima

4.2. Ensaio de Flexão

Baseado na Figura 10, pode-se afirmar que a adição das microesferas de vidro torna o material mais rígido, aumentando o módulo elástico. Já com a adição do modificador de impacto, a mistura se tornou mais maleável, diminuindo o módulo elástico da mesma.

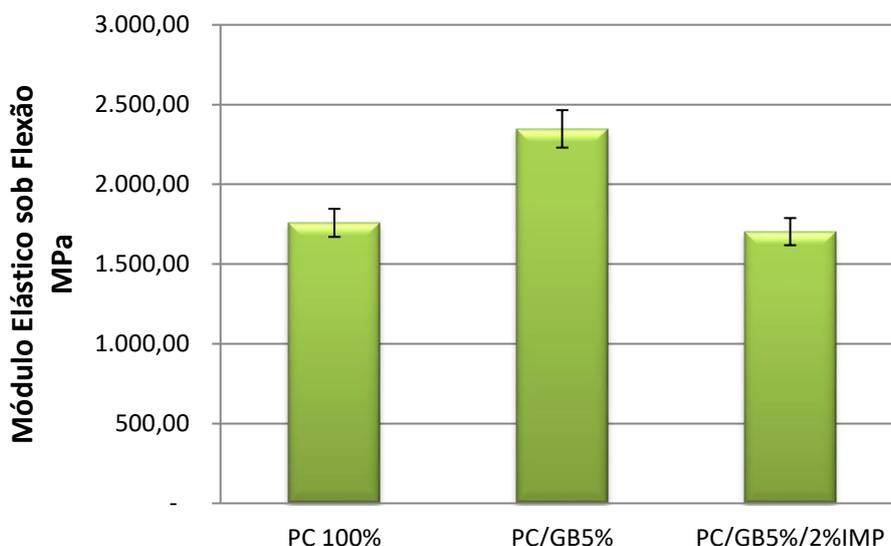


Figura 10: Módulo Elástico sob Flexão

4.3. Ensaio de Resistência ao Impacto

Pôde-se observar na Figura 11 que a adição das microesferas de vidro diminuiu mais de 50% da resistência ao impacto do policarbonato, porém com a adição do modificador de impacto, obtêm-se resultados bastante satisfatórios, pois essa diferença é diminuída para menos de 10%, como era esperado baseado nas informações fornecidas pelo fabricante.

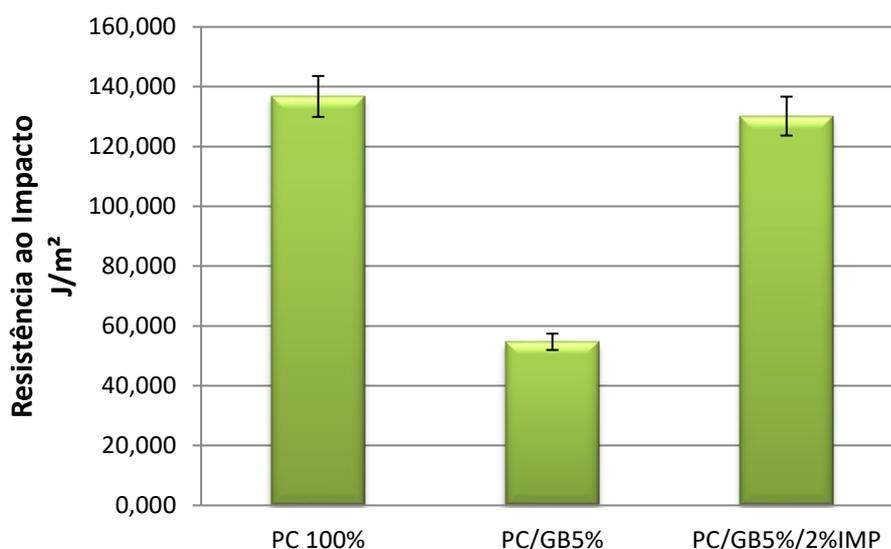


Figura 11: Resistência ao Impacto

A adição das microesferas de vidro tornou a amostra muito frágil, aumentando a rigidez do material, por outro lado com a adição do modificador o material sofreu um aumento significativo, com uma diferença de apenas 10% comparado com o policarbonato puro. Esse aumento ocorreu devido a maleabilidade que possui o modificador de impacto, que serviu como compatibilizante, englobando as partículas das microesferas de vidro, incorporando-as na matriz polimérica e ajudando a absorver energia no momento do impacto.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1. Conclusões

Baseado nos dados obtidos nos ensaios realizados no trabalho conseguiu-se provar que a utilização do modificador de impacto exerce sua função aumentando a resistência ao impacto do compósito PC\GB, em contrapartida como é de característica do modificador o material ficou mais maleável, com menor módulo elástico.

Outro fato importante que foi observado é a queda da tensão na força máxima quando adicionado apenas as microesferas de vidro. Essa queda é devida provavelmente a uma incorporação ineficiente das GB na matriz polimérica. Pode ter ocorrido também a formação de aglomerados, que prejudica nos resultados, mas apenas poderá ser confirmado com a realização de uma microscopia eletrônica de varredura. Já quando colocado o modificador de impacto, a tensão sofreu um aumento satisfatório, especulando-se que o modificador agiu como um compatibilizante, dispersando mais as GB na matriz.

5.2. Sugestões e Trabalhos Futuros

Podem ser apontados como sugestões de trabalhos futuros vários caminhos:

- Analisar a densidade;
- Analisar a temperatura de deflexão térmica;
- Analisar temperatura de amolecimento VICAT;
- Realizar uma microscopia eletrônica de varredura (MEV);
- Analisar novos percentuais nas formulações;

6. REFERÊNCIAS

1. MANRICH, S. Processamento de Termoplásticos: rosca única, extrusão e matrizes, injeção e moldes. São Paulo, 2005.
2. CANEVAROLO Jr., S. V. Ciência dos Polímeros – Um texto Básico para Tecnólogos e Engenheiros. São Paulo, 2002.
3. PADILHA, A. F. Materiais de Engenharia: microestrutura e propriedades. Curitiba, 2000.
4. MANO, E. B.; MENDES, L. C.; Introdução a Polímeros. São Paulo, 2004.
5. NETO, N. J. R. A Evolução dos Polímeros na Indústria Automobilística. São Paulo, 2012.
6. GORNI, A. A. Introdução aos Plásticos – Revista Plástico Industrial, 2002.
7. CANTO, E. L. Plástico: Bem supérfluo ou Mal Necessário? São Paulo, 1995.
8. AGUIAR, S. S. Análise da Performance do Polipropileno na Indústria: Um Estudo para Aplicações na Indústria Automobilística. São Paulo, 2010.
9. WIEBECK, H; HARADA, J. Plásticos de Engenharia: Tecnologia e Aplicações. São Paulo, 2005.
10. SILVA, D. R. Análise Comparativa das Propriedades da Blenda Copolímero Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS) com Policarbonato (PC) e Compósitos ABS com Fibra de Vidro. São Paulo, 2012.
11. SANTOS, A. S. F; AGNELLI, J. A. M; SATI MANRICH, DEMA, UFSCar. Tendências e Desafios da Reciclagem de Embalagens Plásticas. 2004.
12. SIMIELLI, E. R; SANTOS, P. A. Plástico de Engenharia. São Paulo. 2010.
13. OLIVEIRA, F. G. Desenvolvimento e Caracterização da Blenda PET/PC. Salvador, 2011.
14. UTRACKI, L. A. Polymer Blends Handbook. Vol. 1. Cap. 15. Kluwer Academic Publishers Dordrecht / Boston / London, 2002.

15. RABELLO, M. S. Aditivação de Polímeros. São Paulo, 2000.
16. NOVAES, I. C. Estudo das Propriedades Físico-Mecânica da Blenda ABS/PC. São Paulo, 2010.
17. PAOLI, M. A. Degradação e Estabilização de Polímeros. São Paulo, 2008.
18. LIMA, A. B. T. Aplicações de Cargas Minerais em Polímeros. São Paulo, 2007.
19. CHANDLER, B; BARIS, Y. Glass Bubbles in Polymer Composites: Processing, Properties and Applications, 2012.
20. BARBOZA, A; PAOLI, M. Polipropileno Carregado com Microesferas Ocas de Vidro (Glass Bubbles): Obtenção de Espuma Sintática. Ciência e Tecnologia, vol12, n°2, p. 130-137, 2002.
21. <http://abcdopolimero.wordpress.com/>: Acessado em 11/06/2013