

# ESTUDO DE COMPÓSITOS COM PRODUTOS DE RECICLAGEM

Maria Ana P. M. Martins<sup>1</sup>, Hércules Nunes de Araújo<sup>2</sup> e Marli Pellizzaro<sup>3</sup>

Universidade do Sul de Santa Catarina, CENTEC, Av. José Acácio Moreira, 787, 88704-900, Tubarão/SC. (1) mariapm@unisol.rct-sc.br, (2) ecv3hna@ecv.ufsc.br, (3) pellizzaro@unisol.rct-sc.br

## ABSTRACT

The use of polymer is growing in the daily life of the population and statistical data point out that 52 million tons of commodities are produced and thrown every year in the environment. We observe a great interest in the preparations of composites with polymeric materials for application in the civil construction. Composites are projected materials to conjugate desirable characteristics of two or more materials. Countless kinds of specified materials have been used as charge in polymeric composites as calcium carbonate, talc, clay and microspheres of glass, influencing in a positive way in the properties as resistance to fluidity, rigidity and temperature of distortion to the heat. In this work, composites prepared with PEAD, PEBD (polyethylene of low and high density) and PP (polypropylene) and residues coming from the burning of the mineral coal of Jorge Lacerda power state situated in Santa Catarina.

**KEYWORDS:** polymers, commodities, ash.

## RESUMO

O uso de polímeros é crescente na vida diária da população, dados estatísticos apontam que 52 milhões de toneladas de commodities são produzidos e despejados anualmente no meio ambiente. Observa-se um grande interesse na preparação de compósitos com materiais poliméricos para aplicação na construção civil. Os compósitos são materiais projetados a conjugar características desejáveis de dois ou mais materiais. Inúmeros tipos de materiais particulados tem sido utilizados como carga em compósitos poliméricos como carbonato de cálcio, talco, argilas e microesferas de vidro, influenciando de maneira positiva nas propriedades como resistência à fluência, rigidez e temperatura de distorção ao calor. Neste trabalho foram estudados compósitos preparados com PEAD, PEBD (polietileno de alta e baixa densidade) e PP (polipropileno) e resíduos provenientes da queima do carvão mineral da Termelétrica Jorge Lacerda situada no Estado de Santa Catarina.

# INTRODUÇÃO

A escassez de recursos naturais, juntamente com a dificuldade no sentido de uma disposição adequada dos resíduos está convencendo o homem da necessidade de efetuar a reciclagem nos resíduos urbanos por ele produzidos. Existe pressão da sociedade através dos órgãos de controle ambiental para a devida otimização e utilização desses resíduos.

A Termelétrica Jorge Lacerda, na cidade de Tubarão, estado de Santa Catarina, produz 30.000 toneladas/mês de rejeitos provenientes da combustão do carvão. Este material fica depositado em bacias ocupando uma área de 22 hectares. Por apresentar uma granulometria muito pequena e PH 4,6, a cinza prejudica o solo tornando-o inviável ao cultivo.

Além disso, depois de seca, ela torna-se um pó muito fino sendo facilmente carregado pelas chuvas e ventos, chegando a poluir as comunidades vizinhas, um outro ponto negativo é a poluição visual que agride a beleza da região. Estes são porém alguns dos motivos que fazem com que pesquisadores busquem uma utilização para estes rejeitos.

Este trabalho propõe a utilização de compósitos poliméricos obtidos a partir de polímeros (PEAD, PEBD e PP) e cinza do carvão. As amostras foram preparadas com diferentes composições para uma posterior análise de uso como elemento da construção civil.

Após pesquisa sobre o estado da arte da indústria do plástico Simões e Leite (1997) chegam a conclusão que o plástico é um dos materiais mais significativos do século XX, com perspectivas de resposta e sucesso para o novo milênio

Neste quadro verifica-se que a construção civil apresenta-se como um forte consumidor de plástico, isto é devido as suas inúmeras possibilidades de aplicação, entre elas pode-se citar: esquadrias, peças para banheiros, rodapé condutor, fios e cabos, blocos para lajes, fachadas, divisórias de edifícios e etc. Nos anais do II Encontro Tecnologia de Sistemas Plásticos na Construção Civil pode-se encontrar várias pesquisas nesta área.

A evolução dos plásticos, associada à cada vez maior demanda da engenharia por materiais capazes de responder de forma mais adequada às solicitações, vem provocando grandes mudanças na engenharia geotécnica. (VIDAL, 1997)

Devido as propriedades inerentes do plástico tais como leveza, resistência e durabilidade, o uso do plástico deve ser cada vez mais intenso nos serviços de fôrmas para estruturas de construção civil. (SOUZA, 1997)

# **RESINAS PLÁSTICAS**

A produção de resinas plásticas no Brasil é uma atividade recente. Até a década de 70, quando foram implantadas as primeiras unidades, todo o plástico consumido era importado. Hoje, entre produtoras de resinas a transformadoras de plásticos, já existente aproximadamente 6 mil empresas instaladas no país.

A crescente necessidade da indústria moderna de reduzir seus custos de manutenção e produção, tem orientado o mercado a substituir materiais tradicionais por materiais sintéticos, que além de manterem a eficiência funcional resultem em menores custos.

Entre esses materiais sintéticos de maior aplicação estão os plásticos que de acordo com as necessidades podem ser modelados sob ações térmicas e mecânicas.

## **POLÍMEROS**

O termo polímero se refere a uma molécula com massa molar elevada, formada pela repetição múltipla de átomos ou grupos de átomos, esses grupos de átomos são denominados de monômeros. Os polímeros podem ser naturais; quitina, lã, cabelo, couro e seda ou sintéticos obtidos através de uma reação de polimerização; policloreto de vinila, nylon, poliestireno, polipropileno.

Comumente os termos plásticos e polímeros são utilizados como sinônimos. Entretanto, a palavra plástico é um termo geral que significa capaz de ser moldado. Isso não significa que todos os materiais designados como plásticos possam ser moldados repetitivamente, mas exibiram esta propriedade em algum momento de sua obtenção.

## **POLIPROPILENO**

O polipropileno é obtido a partir de gás propileno, subproduto de refinação do petróleo, esta atividade tornou-se viável no ano de 1957, com o desenvolvimento do processo de polimerização por coordenação (uso de catalisador em dispersão, contendo alquil-alumínio e cloreto de titâneo).

Trata-se de um polímero essencialmente linear com ponto de fusão 165°C, caracteriza-se por ser mais leve dentre os plásticos conhecidos com densidade 0,85g/ cm<sup>3</sup> a 0,91g/cm<sup>3</sup>. Sendo assim pode-se dizer que o polipropileno é uma resina de baixa densidade que oferece um bom equilíbrio de propriedades químicas e elétricas, acompanhadas de resistência moderada, essa resistência pode ser significativamente aumentada ou melhorada através de fibras de vidro. A tenacidade é melhorada em graduações especiais de elevado peso molecular modificadas com borrachas. Esse polímero apresenta resistência limitada ao calor.

As resinas de polipropilenos são inerentemente instáveis na presença de agentes oxidantes e na presença de raios ultravioleta. Resistem a ataques químicos e não são afetados por soluções aquosas de sais ou ácidos e bases minerais, mesmo em altas temperaturas, porém são atacados por compostos halogenados, por ácido nítrico fumegante e outros.

## **POLIETILENO**

O Polietileno de baixa densidade, é processado mediante altas temperaturas de aproximadamente 1000atm ou até superior e à temperaturas de 200 °C. Neste tipo de polietileno as moléculas não se dispõem regularmente, devido a ramificações encontradas ao longo da cadeia. Pelo contrário, o polietileno de alta densidade é um produto mais rígido, sendo submetido à temperaturas inferiores, 70°C e entre 1 a 10 atm, mediante catalisador. Tem resistência a produtos químicos, sua principal aplicação é nas embalagens de produtos alimentícios.

## **COMPÓSITOS POLIMÉRICOS**

Durante as duas últimas décadas, uma especial atenção tem sido dedicada a obtenção de novos materiais resultantes da mistura física de dois ou mais polímeros e adição de cargas. O interesse científico e mesmo comercial tem aumentado consideravelmente, pois destas misturas, muitas vezes, se obtém novos materiais com propriedades intermediárias a dos componentes puros. Essas modificações de propriedades específicas de um determinado polímero podem, portanto, ser obtidas com um custo bem menor do que se sintetizar um novo material polimérico. Os compósitos poliméricos podem ser obtidas dentre outras maneiras

pela mistura mecânica dos componentes fundidos ou através da dissolução dos componentes em solventes comum e posterior eliminação do solvente.

Inúmeros tipos de materiais particulados como carbonato de cálcio, talco, argila e microesferas de vidro tem sido largamente utilizados como carga de polímeros. A forma de partículas tem uma grande influência nas propriedades do compósito final. Materiais cujas partículas apresentam alto grau de esfericidade, o que é o caso da cinza do carvão, oferecem vantagens como:

- melhor distribuição de tensão na peça moldada;
- maior facilidade de dispersão das partículas na matriz polimérica;
- menor desgaste do equipamento de processamento;
- maior fração de empacotamento
- menor viscosidade do compósito fundido.

## **CINZA VOLANTE**

Cinza volante também conhecida como cinza volante pulverizada, é uma cinza obtida por precipitação mecânica ou eletrostática dos gases de exaustão de estações alimentadas de carvão. As partículas de cinzas volante são esféricas e tem uma finura muito acentuada, a maioria das partículas tem um diâmetro entre  $1\mu\text{m}$  e  $100\mu\text{m}$ , e apresentam área específica entre  $250\text{m}^2/\text{kg}$  e  $600\text{m}^2/\text{kg}$ . A grande área específica da cinza volante mostra sua disponibilidade para reagir com o hidróxido de cálcio.

No processo de produção de energia elétrica a cinza volante formada na fornalha é arrastada pelos gases dirigindo-se ao precipitador eletrostático, antes porém, passam pelo aquecedor regenerativo, onde há a troca de calor entre gases da combustão e ar. A cinza atraída pelas placas é retirada por meio dos vibradores de placas este material é totalmente aproveitado pelas indústrias de cimento.

A outra parte da cinza que cai no fundo da fornalha é retirada hidraulicamente e levada para bacias de sedimentação. A primeira dá-se o nome de cinza seca e a segunda de cinza úmida.

## DEFINIÇÃO DAS ANÁLISES

Para uma melhor visualização da metodologia de análise utilizada neste trabalho apresenta-se o esquema abaixo, figura 1.

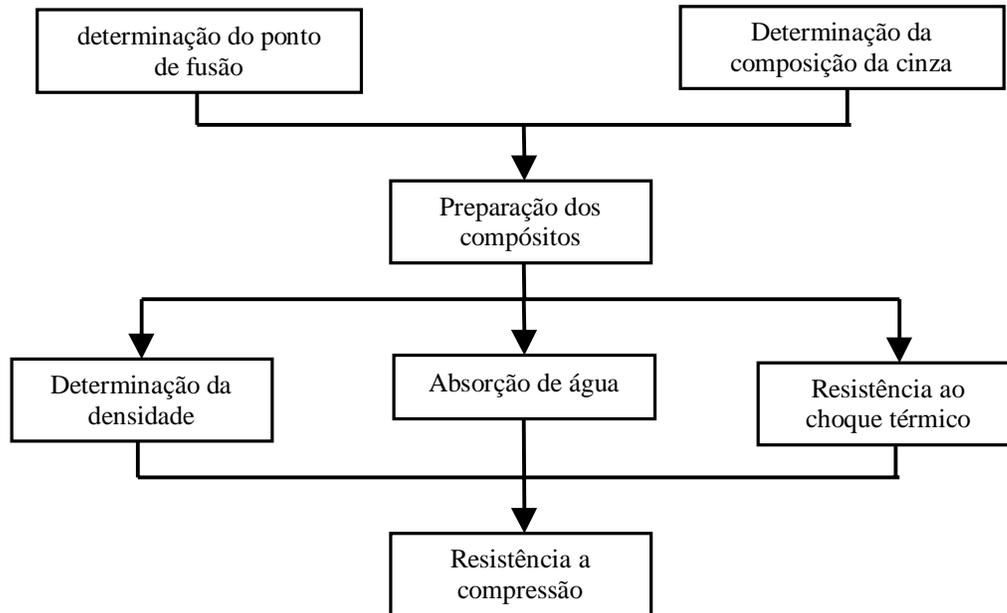


Figura 1 – metodologia de trabalho

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### DETERMINAÇÃO DO PONTO DE FUSÃO

O Ponto de Fusão ocorre quando dada temperatura provoca mudança de estado, isto é, quando uma substância passa do estado sólido para o estado líquido. Esta passagem ocorre com o aumento da temperatura à pressão normal. Iniciou-se essa preparação conhecendo o ponto de fusão dos polímeros é apresentado no quadro 1.

POLÍMERO	PONTO DE FUSÃO
Polipropileno	146 °C
Polietileno de alta densidade	130 °C
Polietileno de baixa densidade	105 °C

Quadro 1 – Determinação do ponto de fusão dos polímeros

## PREPARAÇÃO DOS COMPÓSITOS

Os compósitos foram obtidas fundindo-se o polímero (PEAD; PEBD e PP) de maior ponto de fusão e adicionando-se sobre este outro componente, sob agitação mecânica. Após esse aquecimento, até o polímero estar totalmente fundido, adicionou-se um determinado componente; a cinza, onde usou-se três tipos de cinza : seca, cinza volante e úmida, quando esta mistura obtinha a total homogeneização prensava-se para melhor observar a blenda preparada.

Várias proporções de (polímero x cinzas) foram analisadas, observou-se portanto, que para a obtenção de um bom compósito (trabalhável) a proporção de cinza não deve ultrapassar os 35% da mistura, seja com o polipropileno, polietileno de baixa densidade ou polietileno de alta densidade.

## COMPOSIÇÃO DA CINZA VOLANTE (CV)

As amostras foram analisadas através de Espectrofotometria de Absorção Atômica de Chama. A composição da cinza analisada pode ser observada no quadro 2.

Cinza	Composição da cinza							
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SiO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O
Seca	2,28%	6,84%	0,0047%	0,054%	5,8%	0,82%	64,38%	-
Úmida	3,41%	10,84%	0,0044%	0,095%	7,2%	0,84%	63,42%	15,19%

Quadro 2 – Composição da cinza

## DENSIDADE

As medidas de densidade dos componentes puros e dos compósitos foram feitas utilizando o método de picnômetro. Os gráficos a seguir apresentam alguns resultados encontrados.

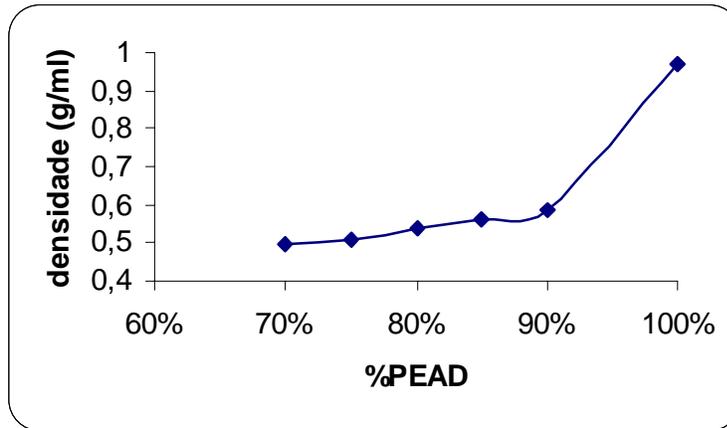


Gráfico 1 – polietileno (PEAD) x cinza volante

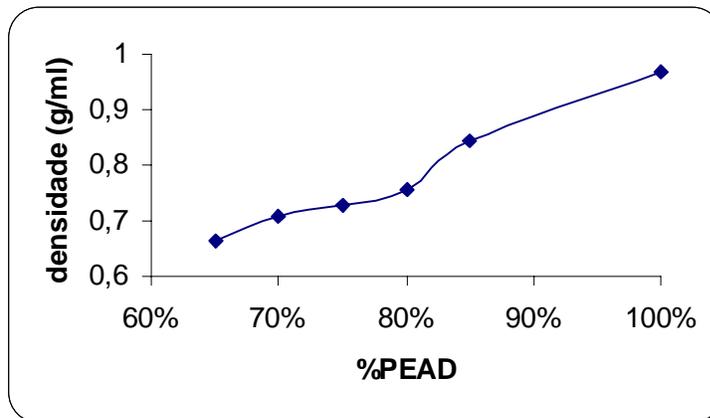


Gráfico 2 – polietileno (PEAD) x cinza úmida

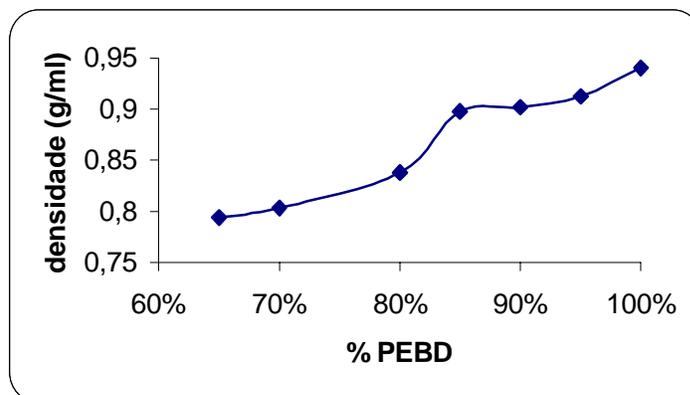


Gráfico 3 – polietileno (PEBD) x cinza volante

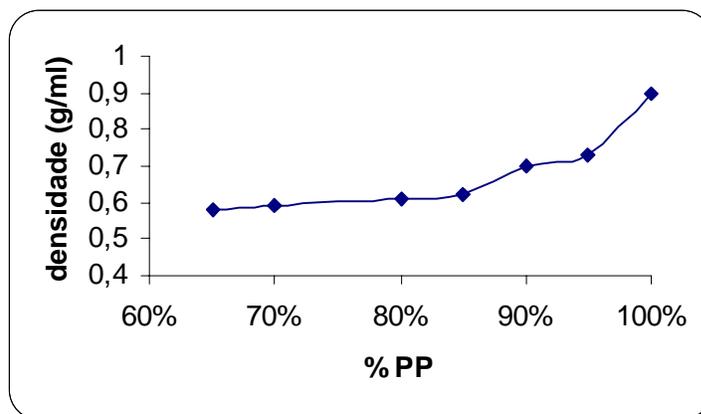


Gráfico 4 – polipropileno (PP) x cinza úmida

Observando os gráficos pode-se verificar que a medida que é adicionada carga ao polímero obtém-se diminuição na densidade do compósito. Sob este aspecto o material apresenta características importantes para uso na construção civil, uma vez que pesquisadores da área buscam materiais mais leves para redução das cargas totais das obras.

## ABSORÇÃO DE ÁGUA

O ensaio de absorção de água apresenta o aumento de peso que ocorre em um material sólido, em relação ao seu peso seco quando o mesmo é submergido totalmente em água. As amostras foram submergidas durante 48 horas. Verifica-se, no quadro 3, que as amostras praticamente não absorveram água, caracterizando-se assim, sob esta ótica um excelente material para utilização em alguns serviços na construção civil, como por exemplo para revestimento de paredes e teto, condutores, esquadrias etc.

Compósitos	Absorção de água (%)
PEAD 60% + cinza úmida 40%	0,08
PEAD 70% + cinza volante 30%	0,01
PEBD 70% + cinza úmida 30%	0,02
PP 60% + cinza úmida 40%	0,01
PP 70% + cinza úmida 30%	0,02
PP 80% + cinza úmida 20%	0,05

Quadro 3 – Resultados do ensaio de absorção de água

## RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Os ensaios foram realizados em prensa hidráulica com 15 toneladas de capacidade. A carga utilizada nos ensaios foi 5t, observou-se que as peças não romperam, apenas sofreram variação nas suas áreas, esta deformação aumenta proporcionalmente à quantidade de cinza adicionada (ver quadro 4).

Amostra: Polímero x Cinza	Dimensão (cm)		Deformação de área (%)
PEAD 60%	altura	1,30	21,78
	diâmetro	2,80	35,84
PEAD 70%	altura	1,46	37,58
	diâmetro	2,80	29,57
PEBD 60%	altura	1,51	38,04
	diâmetro	2,83	34,88
PEBD 70%	altura	1,46	43,25
	diâmetro	2,80	35,45
PP 60%	altura	1,35	34,80
	diâmetro	2,90	30,53
PP 70%	Altura	1,30	44,95
	diâmetro	2,80	15,17
PP 80%	altura	1,56	36,53
	diâmetro	2,80	29,28

Quadro 4 – Resultados do ensaio de resistência à compressão

## CONCLUSÕES

Os ensaios mostraram que ao adicionar carga ao material polimérico, o compósito torna-se mais leve, além de praticamente não absorver água, estas características são importantes para fabricação de materiais e componentes para a construção civil.

Os testes de compressão apresentaram alta resistência, porém, apesar de não haver ruptura das amostras, verificou-se que as mesmas sofreram deformação de área. Para uma melhor caracterização dos elementos a serem fabricados recomenda-se testes específicos.

No Brasil a construção civil já é uma das indústrias que mais consomem plásticos em forma de produtos. Experiências nacionais e internacionais demonstram o vasto potencial de aplicação dos plásticos nesta indústria. Cabe portanto aos pesquisadores e profissionais da

área buscarem alternativas mais econômicas e que contribuam com o desenvolvimento sustentável do meio ambiente.

## **BIBLIOGRAFIA**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 10004: Resíduos sólidos. set.,1987.

CINCOTTO, Maria Alba. *Tecnologia de Edificação: utilização de subprodutos e resíduos na indústria da Construção Civil*. São Paulo: PINI, 1988.

MANO, E.B. *Polímeros como materiais de engenharia*. São Paulo: Ed.Bucher 1991.

PADILHA, Ângelo Fernando. *Materiais de Engenharia: microestrutura e propriedades*. São Paulo: Hemus, 1997.

REVISTA PLÁSTICOS DE SANTA CATARINA, Padrão de Competitividade e Crescimento, Plural Comunicação Ltda, Edição Arysinha Affonso, Porto Alegre, RS.

SIMÕES, J. R. L., LEITE, B. C. C. Acabamentos em materiais plásticos (pisos, paredes e forros) e revestimentos externos (siding). In: II Encontro Tecnologia de Sistemas Plásticos na Construção Civil, 1997, São Paulo, SP. *Anais...* São Paulo: Universidade de São Paulo, nov. 1997. 252 p. p. 85-133.

SIQUERA, D. F. et al. *Compatibilização e otimização de blendas poliméricas*. Polim. Cie & técnol., abr/jun, p.15 - 19, 1993.

SOUZA, Ubiraci E. L. O uso do plástico nas fôrmas para estruturas de concreto de edifícios. In: II Encontro Tecnologia de Sistemas Plásticos na Construção Civil, 1997, São Paulo, SP. *Anais...* São Paulo: Universidade de São Paulo, nov. 1997. 252 p. p. 181-218.

UTRACKI, L.A. *Polimer Alloys ande Blendas, and rheology*.Munich: Hauser 1990.

VIDAL, D. M. Sistemas plásticos para geotecnia In: II Encontro Tecnologia de Sistemas Plásticos na Construção Civil, 1997, São Paulo, SP. *Anais...* São Paulo: Universidade de São Paulo, nov. 1997. 252 p. p. 47-83.

YOUNG, R.T. *Introduction to polyner*. Chapamam & Hall, 1981.