

## **AVALIAÇÃO DE POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS RECICLÁVEIS COMO MATERIAIS COMPONENTES DE TELHAS E TIJOLOS<sup>1</sup>**

---

Sandra Regina Pires de Moraes<sup>2</sup>; André Luiz Ribas de Oliveira<sup>3</sup>; João Fábio Souza<sup>4</sup>; José Dafico Alves<sup>5</sup>.

Artigo do projeto de pesquisa: Avaliação de polímeros termoplásticos recicláveis como materiais componentes de telhas e tijolos.

<sup>2</sup> Professora pós Dra. UEG/UNUCET – Orientadora / (Construções Rurais); FACIPLAC – GAMA.

<sup>3</sup> Professor pós Dr. UEG/UNUCET (Análise estatística), Uni-ANHANGUERA, [andreluizaps@yahoo.com.br](mailto:andreluizaps@yahoo.com.br)

<sup>4</sup> Bolsista PBIC-UEG.

<sup>5</sup> Professor Dr. UEG/UNUCET (Materiais de construção).

---

### **RESUMO**

Os plásticos podem ser largamente utilizados na engenharia, sendo os mais indicados os polímeros termoplásticos, que podem ser usados em substituição a materiais clássicos, já que a natureza da estrutura molecular dos plásticos torna as propriedades desses materiais fortemente dependentes da temperatura. A necessidade da reciclagem desses polímeros constitui-se como opção a utilização desse material em peças pré-moldadas para sistemas construtivos de fundações superficiais. É necessária então a pesquisa para a substituição de materiais como: concreto, madeira, cerâmica e cimento-amianto, nas edificações e coberturas, por polímeros termoplásticos reciclados. Para tanto, objetivou-se nesta pesquisa, a avaliação dos polímeros termoplásticos recicláveis como matéria prima a produção de telhas e tijolos. Neste trabalho a metodologia utilizada para a fusão dos polímeros PEAD e PP e ensaios de compressão foi a NBR 9628. A escolha do material foi estabelecida de acordo com SANTOS (2005) e uma análise econômica desses materiais. Observou-se que o PEAD apresenta maior resistência entre os tratamentos com polímeros, quando comparado aos materiais tradicionais obteve uma semelhança quanto à resistência apresentada.

**PALAVRAS-CHAVE:** PEAD, PP, Reciclagem, Telhas e Tijolos.

### **EVALUATION OF THERMOPLASTIC POLYMERS RECYCLABLE AS MATERIALS COMPONENTS OF TILES AND BRICKS<sup>1</sup>**

#### **ABSTRACT**

Plastics can be widely used in engineering, being the most indicated the thermoplastic polymers that can be used in place of traditional materials, considering that the nature of the molecular structure of plastics makes the properties of these

---

<sup>1</sup> Artigo do projeto de pesquisa: Avaliação de polímeros termoplásticos recicláveis como materiais componentes de telhas e tijolos.

<sup>2</sup> Professora pós Dra. UEG/UNUCET – Orientadora / (Construções Rurais); FACIPLAC – GAMA.

<sup>3</sup> Professor pós Dr. UEG/UNUCET (Análise estatística), Uni-ANHANGUERA, [andreluizaps@yahoo.com.br](mailto:andreluizaps@yahoo.com.br)

<sup>4</sup> Bolsista PBIC-UEG.

<sup>5</sup> Professor Dr. UEG/UNUCET (Materiais de construção).

materials strongly dependent of the temperature. The need for recycling of these polymers constituted an option to use such material on preformed parts to building systems of shallow foundations. Is necessary to search for replacement the materials such as: concrete, wood, ceramics and cement-asbestos. In the buildings and roofs by the recycled thermoplastic polymers. Then the objective of this research is the evaluation of recyclable thermoplastic polymers as raw material for production of tiles and bricks. In this work the methodology used for the melting of PEAD and PP polymers and compression tests was the NBR 9628. The choice of material was determined according to Santos (2005) and an economic analysis of these materials. It was observed that PEAD has a higher resistance between the treatments with polymers, when compared to traditional materials obtained a similarity in resistance obtained.

**KEY WORDS:** PEAD, PP, Recycling, Tiles and Bricks

### INTRODUÇÃO

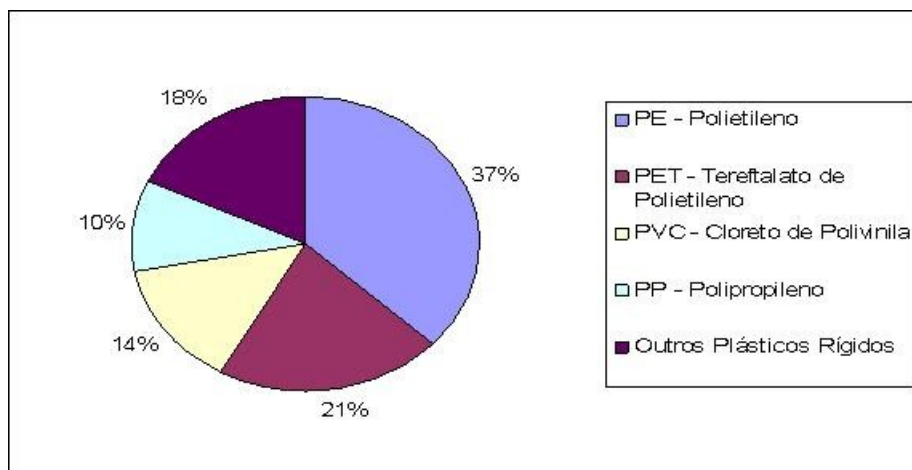
É difícil imaginar o mundo moderno sem o uso dos plásticos. Desde a descoberta do primeiro plástico sintético da história, no início do século XX, eles vêm sendo aperfeiçoados e aplicados com sucesso, nas mais diversas atividades do ser humano.

A palavra plástico vem do grego *plastikós*, que, em latim, originou o adjetivo *plasticus*, que define a propriedade de um material de adquirir diversas formas, devido a uma ação exterior.

Formados a partir de longas cadeias de macromoléculas os plásticos, ou polímeros, possuem propriedades que os tornam atrativos em relação a outros materiais: são leves, resilientes (resistem ao impacto sem se deformar definitivamente), indiferentes à deterioração por decomposição e ataque de microorganismos, resistentes à corrosão, de fácil processamento e com um custo reduzido de manutenção.

Sendo o plástico um elemento amplamente utilizado de custo baixo e que possibilita seu uso em todos os setores da sociedade, este por sua vez é amplamente descartado e que se transforma em fator de preocupação para a sociedade devido ao fator poluição, porém a reutilização do plástico é a solução para este problema.

O plástico coletado do resíduo urbano para reciclagem e reuso é composto basicamente por termoplásticos. A Figura 01 (PIVA & WIEBECK, 2004) mostra a distribuição média dos tipos de plásticos encontrados nos resíduos descartados.



**FIGURA 01** - Distribuição dos plásticos nos resíduos descartados.

Fonte: PIVA & WIEBECK, 2004

Diariamente são lançados no meio-ambiente toneladas de resíduos, tais como latas, plásticos, papéis, papelão, vidros, matéria orgânica, metais, madeira e outras infinidades de materiais que vão se acumulando sem destino certo. Os tratamentos mais comuns são os aterros sanitários, a compostagem, a reciclagem e a incineração com geração de energia elétrica. E de acordo com o IBGE, no Brasil são coletadas 228.413 toneladas de lixo por dia, e na região Centro-Oeste, valores acima de 14.000 toneladas (IBGE, 2004).

A prefeitura municipal de Anápolis recolhe diariamente, aproximadamente 205 toneladas de resíduos sólidos que são destinadas ao aterro sanitário. Dentre estes, 49,3% de material orgânico; 3,2% de metais; 4,2% de papel e papelão; 5,6% de plásticos; 1,6% de sacos de rafia; 0,5% de vidro; 0,2% de trapos; 0,4% de madeira; 2,9% de resíduos sólidos de saúde e 32,1% de rejeitos, material não identificado (PREFEITURA MUNICIPAL DE ANÁPOLIS, 2004).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 10004, resíduos sólidos são “aqueles resíduos em estado sólidos e semi-sólidos que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola de serviços e de varrição; ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamento e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviáveis seu lançamento na rede pública de esgoto ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas economicamente inviáveis em face de melhor tecnologia disponível”. De maneira complementar, a NBR 8849 define resíduos sólidos “Resíduos sólidos urbanos são aqueles gerados pelos aglomerados urbanos, excetuados os resíduos industriais perigosos, hospitalares, sépticos e de aeroportos e portos” (COMPAM, 2007).

Quando o lixo é depositado em lixões, os problemas principais relacionados ao material plástico provêm da queima indevida e seu controle. Quando a disposição é feita em aterros, os plásticos dificultam sua compactação e prejudicam a decomposição dos materiais biologicamente degradáveis, pois criam camadas impermeáveis que afetam as trocas de líquidos e gases gerados no processo de biodegradação da matéria orgânica. “Plásticos são artefatos fabricados a partir de resinas (polímeros), geralmente sintéticos e derivados do petróleo” (COMPAM, 2007).

Sendo assim a remoção, redução ou eliminação do lixo são metas que devem ser perseguidas com todo o empenho. Segundo inúmeros pesquisadores, a separação de plásticos do restante do lixo traz uma série de benefícios à sociedade, como, por exemplo, o aumento da vida útil dos aterros, geração de empregos, economia de energia, entre outros.

Dentre os polímeros reciclados, o PET destaca-se pelo alto índice de reciclagem atingido em um curto período de existência (CEMPRE, 2007). No início dos anos 80 os EUA e o Canadá reciclavam o PET para fazer enchimento de almofadas, posteriormente, com a melhora na qualidade do PET reciclado, surgiram aplicações importantes, como tecidos e recipientes para produtos não alimentícios. Na década de 90 o governo americano autorizou o uso do material reciclado em embalagens multicamadas para alimentos onde o material reciclado não tem contato com o alimento, pois fica na camada intermediária (FORLIN, 2002). Atualmente, nos EUA e em alguns países da Europa é permitida a utilização de PET reciclado para a confecção de embalagens monocamadas que têm contato direto com alimentos. Para este fim foram desenvolvidas tecnologias conhecidas como "bottle-to-bottle" que envolvem etapas de lavagem, descontaminação, cristalização, pós-condensação no estado sólido e extrusão do PET.

De acordo com EHRIG et al. (1992) a reciclagem de polímeros pode ser classificada em quatro categorias:

- Reciclagem primária: consiste na conversão dos resíduos poliméricos industriais por métodos de processamento padrão em produtos com características equivalentes àquelas dos produtos originais produzidos com polímeros virgens; por exemplo, aparas que são novamente introduzidas no processamento.

- Reciclagem secundária: conversão dos resíduos poliméricos provenientes dos resíduos sólidos urbanos por um processo ou uma combinação de processos em produtos que tenham menor exigência do que o produto obtido com polímero virgem, por exemplo, reciclagem de embalagens de PP para obtenção de sacos de lixo.

- Reciclagem terciária: processo tecnológico de produção de insumos químicos ou combustíveis a partir de resíduos poliméricos.

- Reciclagem quaternária: processo tecnológico de recuperação de energia de resíduos poliméricos por incineração controlada.

A reciclagem primária e a secundária são conhecidas como reciclagem mecânica ou física, o que diferencia uma da outra é que na primária utiliza-se polímero pós-industrial e na secundária, pós-consumo. A reciclagem terciária também é chamada de química e a quaternária de energética.

A reciclagem mecânica pode ser viabilizada através do reprocessamento por extrusão, injeção, termoformagem, moldagem por compressão, etc. Para este fim são necessários alguns procedimentos que incluem as seguintes etapas: 1) *separação do resíduo polimérico*, 2) *moagem*, 3) *lavagem*, 4) *secagem*, 5) *reprocessamento* e, finalmente, a transformação do polímero em produto acabado. Existem variações nestas etapas devido à procedência e o tipo de polímero, além das diferenças de investimentos e equipamentos utilizados nas plantas de processamento (KAMINSKY, 1992). Os esforços atuais estão direcionados no sentido de se obter um produto acabado obtido de polímero reciclado que possua propriedades as mais próximas possíveis do polímero virgem, para serem empregados na confecção de materiais com aplicações mais nobres.

A reciclagem química ocorre através de processos de despolimerização por solvólise (hidrólise, alcoólise, amilose), ou por métodos térmicos (pirólise à baixa e alta temperatura, gaseificação, hidrogenação) ou ainda métodos térmicos/catalíticos (pirólise e a utilização de catalisadores seletivos).

Se o reuso do resíduo polimérico não é prático ou econômico, é possível fazer uso de seu conteúdo energético através da incineração. No Japão, os resíduos sólidos urbanos são pré-separados em materiais combustíveis e não combustíveis para serem incinerados. Neste país em 1993, cerca de 50% dos resíduos sólidos urbanos contendo 67% de resíduos poliméricos foram incinerados em dois mil incineradores municipais (NIR, 1993). O conteúdo de energia dos polímeros é alto e muito maior que de outros materiais. O valor calórico de 1 kg de resíduo polimérico é comparável ao de 1 L de óleo combustível e maior que o do carvão. Os resíduos poliméricos contidos no resíduo sólido urbano contribuem com 30% deste valor calórico, permitindo a produção de eletricidade, vapor ou calor (KAMINSKY, 1992).

O balanço das reações de reticulação e cisão em cadeias poliolefínicas, quando expostas a condições ambientais de radicais livres, pode resultar em boas propriedades e novas aplicações. Materiais descartados de alta qualidade despertam cada vez mais interesse para reciclagem. As misturas de polietileno recicladas, quando irradiadas, devem também apresentar boas propriedades, permitindo encontrar novas aplicações para esses materiais. A adição de elastômeros a termoplásticos aumenta a resistência ao impacto sem grande prejuízo da rigidez, resistência mecânica, estabilidade térmica e processabilidade, preservando assim no material um conjunto de propriedades desejáveis (MARTINS et al, 1999).

A estrutura de cada polímero tem influência direta sobre a sua densidade e suas propriedades mecânicas. Ramificações longas, como as presentes no polietileno de baixa densidade, por exemplo, aumentam a resistência ao impacto, diminuem a densidade e facilitam o processamento, enquanto que as ramificações curtas, presentes no polietileno linear de baixa densidade, aumentam a cristalinidade e a resistência à tração em relação ao polietileno de baixa densidade (obtido via radicais livres). Os polietilenos são inertes face à maioria dos produtos químicos comuns, devido à sua natureza parafínica, seu alto peso molecular e sua estrutura parcialmente cristalina. Em temperaturas abaixo de 60°C, são parcialmente solúveis em todos os solventes. Entretanto, dois fenômenos podem ser observados: Interação com solventes, sofrendo inchamento, dissolução parcial, aparecimento de cor ou, com o tempo, completa degradação do material; Interação com agentes tensoativos, resultando na redução da resistência mecânica do material por efeito de tenso-fissuramento superficial. O PEAD e o PEBD têm muitas aplicações em comum, mas em geral, o PEAD é mais duro e resistente e o PEBD é mais flexível e transparente. Um exemplo da relação de dureza e flexibilidade está no fato de que o PEAD é utilizado na fabricação de tampas com rosca (rígidas) e o PEBD na de tampas sem rosca (flexíveis) (MARTINS et al, 1999).

Nesse sentido, nota-se uma tendência das empresas em buscar a inovação nas etapas finais da cadeia produtiva dos polímeros termoplásticos, com uma grande concentração de patentes em produtos e melhoria da aplicação. O desenvolvimento de pesquisas sobre plástico reciclado tem permitido detectar características de inovação bastante surpreendentes, associadas às vantagens bem conhecidas da recuperação do material reciclado (MARTINS et al, 1999).

O objetivo deste trabalho foi de avaliar polímeros termoplásticos recicláveis nas propriedades mecânicas de compressão conforme a NBR 9628, para que possam ser utilizados como componentes de telhas e tijolos e a sua viabilidade econômica.

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O universo dos materiais plásticos é bastante amplo, podendo ser dividido em quatro categorias básicas (CRAWFORD, 1987; PRINGLE e BARKER, 2000):

a) Termoplásticos: são aqueles que seu aquecimento provoca o enfraquecimento das forças intermoleculares, tornando-os flexíveis. Quando resfriado, o material enrijece novamente. Esse ciclo de aquecimento e resfriamento pode ser repetido indefinidamente, sendo essa a maior de suas vantagens. Exemplos desses materiais são: polietileno de alta densidade e baixa densidade (PEAD e PEBD), cloreto de polivinila (PVC), poliestireno (PS), poliamida (náilon), polipropileno (PP), poli (tereftalato de etileno) (PET) e muitos outros;

b) Termofixos ou termorrígidos: devido a seu processo de fabricação e moldagem, os termofixos são os plásticos que não podem ser amolecidos e moldados novamente. Quando aquecidos, esses materiais queimam e se degradam. Exemplos: formaldeídos, resinas epóxicas e alguns poliésteres;

c) Elastômeros: são polímeros que possuem propriedades elásticas que permitem duplicar ou triplicar o seu comprimento, recuperando o seu tamanho quando se interrompe a tensão. Exemplos de aplicação: pneus.

d) Polímeros naturais: materiais como a celulose e as proteínas, que provêm a base mecânica para a maioria dos vegetais e vida animal. Recentemente, materiais plásticos biodegradáveis têm sido desenvolvidos.

De acordo com o COMPAM (2007), a identificação do tipo de plástico é baseada em algumas características físicas e de degradação térmica dos plásticos, conforme apresentado a seguir.

#### Polietilenos de baixa e de alta densidade

- Baixa densidade (flutuam na água);
- Amolecem à baixa temperatura (PEBD = 85°C; PEAD = 120°C)
- Queimam como vela, liberando cheiro de parafina;
- Superfície lisa e "cerosa".

#### Polipropileno

- Baixa densidade (flutuam na água);
- Amolece à baixa temperatura (150°C);
- Queima como vela, liberando cheiro de parafina;
- Filmes, quando apertados nas mãos, fazem barulho semelhante ao celofane.

#### Poli(cloreto de vinila)

- Alta densidade (afunda na água);
- Amolece à baixa temperatura (80°C);
- Queima com grande dificuldade, liberando um cheiro acre de cloro;
- É solubilizado com solventes (cetona).

#### Poliestireno

- Alta densidade (afunda na água);
- Quebradiço;
- Amolece à baixa temperatura (80 a 100°C);
- Queima relativamente fácil, liberando fumaça preta com cheiro de "estireno";
- É afetado por muitos solventes.

### Poli(tereftalato de etileno)

- Alta densidade (afunda na água);
- Muito resistente;
- Amolece à baixa temperatura (80°C);
- Utilizado no Brasil em embalagens de refrigerantes gasosos, óleos vegetais, água mineral, etc.

Alguns polímeros, como termorrígidos e borrachas, não podem ser reciclados de forma direta, não há como refundi-los ou despolimerizá-los. A reciclagem de polímeros termoplásticos, apesar de possível, é problemática, pois o plástico reciclado é considerado material de segunda classe, ao contrário do que ocorre com o aço ou o alumínio. Nesse sentido, esforços devem ser despendidos para que a reciclagem de polímeros possa ser realizada atendendo às especificações comerciais e às normas de segurança dos produtos finais, que podem ser pesquisadas por meio de testes adequados para materiais plásticos.

Os plásticos mais utilizados na engenharia são os polímeros termoplásticos que podem ser usados para aplicações diversas, tais como engrenagens e peças estruturais, permitindo seu uso em substituição a materiais clássicos (MANO, 1991). Outra opção, proposta por SANTOS (2005), é a utilização de polímeros recicláveis em peças pré-moldadas de sistemas construtivos de fundações superficiais.

Assim, é urgente a necessidade de investigação da possibilidade de substituir materiais como concreto, madeira, cerâmica e cimento-amianto, nas edificações e coberturas, por polímeros termoplásticos reciclados. Para tanto, recomenda-se a realização de testes para determinação das propriedades físicas e químicas dos materiais após a fusão e moldagem, e posteriormente, a seleção das características do elemento para o fim desejado.

O PEAD e PP apresentaram alta resistência para os testes de compressão, além de praticamente não absorver água, também são mais leves em relação aos materiais e componentes da construção civil (tradicionais) apresentando uma excelente alternativa à indústria da construção, resultado este de um trabalho utilizando misturas de PEAD, PEBD e PP com resíduos da queima do carvão mineral de Termelétrica, realizados por MARTINS, 2008.

ROYER et al., 2005 em estudo utilizando PSSNa como aditivo para argamassa e cimento, observaram que a resistência mecânica da argamassa com o plástico variaram de 17 a 21 MPa e do cimento com o plástico variaram de 28 à 41 MPa, é considerável esta resistência apresentado pelo composto que pode ser utilizado na construção civil. Decorre também o aumento da plastificação da argamassa, que é benéfica para a resistência a compressão, pois há este ganho de resistência que é explicado pela melhora nos processos de dispersão e homogeneização do cimento.

MOTTA et al., 2002, considerando os materiais aplicados na construção civil os autores citam que é recente a utilização de polímeros na construção civil, mas a sua utilização além de ser uma ótima alternativa, é responsável pela melhoria da racionalização, economia e versatilidade da obra em construção, em conjunto com outros materiais ou individualmente.

CANDIAM, 2007 estudando PEAD virgem e reciclado, concluiu que a resistência obtida para o PEAD virgem era pouco superior aos do PEAD reciclado. Porém a rigidez do PEAD reciclado foi bem menor que a dos materiais de construção tradicionais, sendo uma deficiência do produto, necessitando assim de

pesquisas para que se possa controlar sua deformabilidade, isto em questão de elementos estruturais.

Para a escolha dos polímeros termoplásticos para moldagem dos corpos de prova e avaliados pelo teste mecânico de compressão do material plástico, de acordo com a NBR 9628, para utilização na fabricação de telhas e tijolos. Fundamentou-se nas condições propostas por SANTOS (2005), em que: a) disponibilidade de material (na região de Anápolis há uma grande quantidade de materiais plásticos, já que é uma região com alta escala industrial); b) fator de risco à saúde durante o processo de fabricação; e c) viabilidade comercial do material (o valor comercial por quilo dos plásticos moídos e separados em Anápolis é em torno de R\$ 0,85).

Observando-se as características anteriores os polímeros termoplásticos escolhidos foram: Polietileno de Alta Densidade (PEAD) e o Polipropileno (PP). Sendo que o PET (Polietileno tereftalato) não apresentou aderência razoável, encontrando-se em camadas bem definidas, de material heterogêneo e nem um benefício em resistência mecânica (SANTOS, 2005).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado no laboratório de Química da Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnologias da Universidade Estadual de Goiás em Anápolis, para confecções dos corpos de prova e no Laboratório de Concreto de Furnas / Centrais Elétricas S/A em Aparecida de Goiânia, para o teste mecânico de compressão do material plástico.

Na confecção dos corpos de prova foi empregado:

- Mufla – para aquecimento do material;
- Moldes (9,0 cm x 4,5 cm) – para moldar os corpos de prova;
- Luvas – para segurar os moldes;
- Pinça – para retirar os moldes da mufla;
- Socador metálico – auxiliar a dar a forma aos corpos de prova;
- Becker – para resfriar os corpos de prova;
- Balança – pesagem e medição indireta;
- Papel e Caneta – destinado a anotações.

Os moldes dos corpos de prova foram confeccionados em um torno, sendo desmontáveis e com dimensões de 9,0 cm de comprimento x 4,5 cm de largura no qual atende a NBR 5738 (ABNT, 2003), que exige altura seja duas vezes o diâmetro da peça, representado na Figura 02.

O processo de moldagem dos corpos de prova foi feito artesanalmente, no qual decorria no aquecimento do material termoplástico em uma mufla com certa temperatura de acordo com a necessidade de cada plástico. Sendo que o PEAD amolece a uma temperatura de 120 °C e PP A temperatura de 50 °C.

O procedimento inicial para moldagem do PEAD, com objetivo de verificar o tempo gasto e visualizar o material após o aquecimento na temperatura de 120° C no qual é o recomendado para o amolecimento deste material. Desta forma o material foi colocado no molde e levado a mufla e durante o aquecimento foram feitas algumas compactações, uniformizando a amostra e acrescentado mais material até o preenchimento total do molde. Após o total preenchimento do molde retirou-se da mufla e resfriado naturalmente possibilitando a retirada do corpo de prova. No preparo de cada corpo de prova gastou-se aproximadamente quatro

horas, este processo além de demorado permitia a ocorrência de trincas e perfurações no interior do corpo de prova, favorecido pelas retrações devido ao resfriamento natural.



**FIGURA 02** - Molde de prova 9,0 cm x 4,5 cm.

Para a confecção dos demais corpos de prova foi utilizado a temperatura de 170 ° C na Mufla e o material plástico foi colocado nos moldes e em camadas, de 20 a 30 minutos era compactada as camadas sendo acrescentado mais material plástico e repetindo a operação/tempo/temperatura até o preenchimento total do molde. Após o completo preenchimento do molde este era retirado da mufla e aplicado um choque térmico com água fria para desmontagem do molde e retirada do corpo de prova.

Com a utilização deste processo artesanal ocorria uma dificuldade na retirada do corpo de prova no qual o plástico não desgrudava do molde, mesmo utilizando o grafite que possibilitou às peças uma melhor desmontagem do molde. Foi por inúmeras vezes necessário aplicar choque físico nas laterais dos moldes levando assim a uma deformidade nos mesmos e necessidade de reforma. Com esta metodologia foi realizado a confecção dos corpos de prova (PEAD e PP).

Inicialmente foi realizada a preparação dos corpos de prova de cinco tratamentos com doze repetições, sendo: 100 % PEAD; 100 % PP; 50 % PEAD e 50 % PP; 75 % PEAD e 25 % PP; e 25 % PEAD e 75 % PP.

Após as confecções, os corpos de prova foram levados em um torno mecânico para retirar a camada superficial com imperfeições devido à retração térmica, desgaste com a retirada dos corpos de prova dos moldes e também para obter as dimensões exigidas pela norma NBR 5738 – ABNT / 2003. A Figura 03 mostra os corpos de prova após o processo de correção realizada no torno.

Foi realizada uma seleção nos corpos de prova torneados, excluindo aqueles que apresentavam danos em sua superfície e com perfurações em seu interior. Foram excluídas as repetições com 25 % PP e 75 % PEAD , favorecido pelas suas imperfeições nas superfícies, de forma que isso impossibilitaria um correto teste de compressão.



**FIGURA 03** – Corpos de prova após serem torneados.

Na metodologia utilizada de resfriamento com choque térmico e retirada do material com choque físico, decorreram danos mecânicos no processo e conseqüente penetração de água em alguns poros do corpo de prova. Devido aos defeitos técnicos na regulagem da mufla do Laboratório de Química que gerou atraso na confecção do material este impediu o a moldagem dos polímeros termoplásticos em forma de telhas e tijolos para a análise de teste mecânico e análise de ambiente.

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os ensaios / testes de materiais são importantes ferramentas tecnológicas e científicas na medida em que seus resultados permitem tecer considerações qualitativas e comparativas sobre o desempenho dos materiais em uso. De acordo com a norma NBR 9628 que prescreve o método de determinação das propriedades de compressão dos materiais plásticos, sob forma de corpos de prova normalizados e submetidos a ensaios em diferentes condições definidas.

A preparação dos corpos de prova com 75% PP e 25% PEAD, foram descartados após as duas primeiras confecções, sendo que o PEAD teve rápida homogeneização do material, não aderindo com o PP, causando trincas nos corpos de prova.



**FIGURA 04** – Da esquerda para direita, ruptura do CP- 04 (100 % PEAD), CP-02 (100 % PP) e CP-01(50 % PEAD / 50 % PP), na prensa hidráulica do Laboratório de Furnas.

Os ensaios de resistência à compressão, ilustrado na Figura 04, foram realizados com três tratamentos e quatro repetições, sendo os tratamentos: 100 % PEAD, 100 % PP e 50 % PEAD / 50 % PP. Tendo os corpos de prova preparados, conforme a Tabela 1 foram ensaiados no dia 10 de julho de 2008 pelo Técnico do Laboratório de Concreto em Furnas, conforme a NBR 9628.

A carga de compressão por unidade de área inicial da seção transversal dos corpos de prova a cada instante, durante o ensaio e é expressa em megapascals (MPa), relação de tensão x tempo.

A análise dos corpos de prova moldados de forma cilíndrica de acordo com NBR 5738 e ensaiados conforme a NBR 9628, pode ser comparado na Tabela 02 com diversos materiais tradicionais.

**TABELA 01** – Apresentação dos resultados do ensaio de resistência à compressão.

CP	Tratamento	Idade (dias)	Diâmetro (mm)	Altura (mm)	Secção Transv. (mm <sup>2</sup> )	Força Rupt. (Kgf)	Tensão Rupt. (MPa)
04	100 % PEAD	228	35	70	962,11	1056	10,8
05	100 % PEAD	228	35	70	962,11	1658	16,9
07	100 % PEAD	226	35	70	962,11	1461	14,9
08	100 % PEAD	226	35	70	962,11	1513	15,4
02	100 % PP	220	35	70	962,11	531	5,4
03	100 % PP	215	35	70	962,11	948	9,7
04	100 % PP	215	35	70	962,11	781	8,0
08	100 % PP	215	35	70	962,11	659	6,7
01	50% PEAD/50% PP	210	35	70	962,11	841	8,6
02	50% PEAD/50% PP	210	35	70	962,11	936	9,5
10	50% PEAD/50% PP	201	35	70	962,11	977	10,0
12	50% PEAD/50% PP	198	35	70	962,11	925	9,4
Numero CPs		12	12	12	12	12	12
Média		216	35,00	70,00	962,11	1024	10,44
Desvio Padrão		*	0,00	0,00	0,00	347,30	3,54
Coef. Var. (%)		*	0,00	0,00	0,00	33,92	33,92
Mínimo		*	35,00	70,00	962,11	531,10	5,414
Máximo		*	35,00	70,00	962,11	1658	16,90

Pode-se observar que houve uma diferencia significativamente entre os polímeros, sendo que o PEAD apresentou melhor resistência à compressão em relação aos demais polímeros, porém os polímeros em relação ao tijolo apresentaram melhor resistência à compressão. Os resultados encontrados não

diferem das colocações de CANDIAM, 2007; MARTINS, 2008, MOTTA et al., 2002; ROYER et al., 2005, que diante dos materiais tradicionais na construção civil os polímeros apresentam em média considerável resistência à compressão.

**TABELA 02** – Comparação entre materiais.

Material	Tipo	Resistência à compressão (MPa)
Polímero	100% PEAD	14,50
Polímero	100% PP	7,45
Polímero	50% PEAD/50%PP	9,37
Tijolo	30x20x11	2,40
Telha	-	-
Concreto	Fck = 20 MPa	20,00
Aço	CA – 50	500
Madeira	Angelim-Vermelho	66,5

Segundo MOTTA et al., 2002, é recente a utilização de polímeros, que apresentam ótima alternativa para a construção civil por ser racional, econômico e versátil CANDIAM, 2007 comparou o PEAD virgem e reciclado, concluindo que PEAD virgem era pouco superior aos do PEAD reciclado, em relação aos demais materiais sendo muito adequado seu uso. Para MARTINS, 2008, o PEAD e PP apresentaram alta resistência, mesmo com utilização de cinzas de termo usina, em sua composição. ROYER et al., 2005 em aditivo para argamassa e cimento, obteve resistência considerável. Todos os autores consideram que há a necessidade de mais estudos no uso dos polímeros.

### **CONCLUSÕES**

Os polímeros PEAD e PP quando trabalhado em pequena escala podem ser confeccionados artesanalmente, porém a extrusão é o melhor método para uma escala industrial sendo a melhor obtenção do produto final.

O PEAD apresenta resistência superior em relação ao PP trabalhado, e quando comparado ao tijolo, os polímeros apresentam maior resistência à compressão, sendo que desta forma os plásticos podem ser confeccionados em substituição a tijolos e telhas já que são materiais de fácil modelagem, porém para melhores resultados devem ser trabalhados em ambientes bem controlados e para uma alta escala deve usar o método de extrusão.

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 MARTINS (2008).

O mais importante a observar, além do menor gasto em mão de obra, é a questão ambiental: reciclagem; diminuição de aterros; menor retirada de matéria prima do meio ambiente, menor poluição.

### **Agradecimentos**

A empresa PLASTIK Ltda por nos fornecer o material (PEAD e PP) necessário para a realização deste trabalho.

Ao professor Fernando Afonso da Silva por nos aconselhar e auxiliar na execução deste trabalho.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CANDIAN, L. M. **Estudo do Polietileno de Alta Densidade Reciclado para uso em Elementos Estruturais**. 2007. 167f.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Estrutural) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

CEMPRE – **compromisso Empresarial para Reciclagem**. Disponível em ([www.empre.org.br](http://www.empre.org.br)). Acessado em: 18 de Março de 2007.

COMPAM. **Identificação dos plásticos**. Disponível em (<http://www.compam.com.br>), acessado em 19 de Março de 2007.

CRAWFORD, R. J. (1987). **Plastics engineering**. 2nd Edition. Belfast: Pergamon Press.

EHRIG, R. J.; CURRY, M. J. Em **Plastics recycling: products and processes**; Ehrig, R. J., ed.; Oxford University Press: New York, 1992.

FORLIN, F.; FARIA, J.; **Polímeros: Ciências e Tecnologias**. 2002, 12, 1.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2004. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br) Acesso em: 23 de fevereiro de 2007.

KAMINSKY, W.; **Ullmann's Encyclopedia of industrial Chemistry**, VHC Verlags Publishes Inc, A 21, 1992, cap. 2.

MANO, E. B. **Polímeros como Materiais de Engenharia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1991.

MANO, E. B.; MENDES, L. C; **Introdução a polímeros**, 2ª ed., Edgard Blücher Ltda: São Paulo, 1999.

MARTINS, A. F.; SUAREZ, J. C. M.; MANO, E. B. **Produtos Poliolefinicos com Desempenho Superior aos Materiais Virgens Correspondentes**. Polímeros: Ciência e tecnologia. 1999.

MARTINS, M. A. P. M. et al. **Estudo de compósitos com produtos de reciclagem**. Universidade de Santa Catarina. Disponível em: < [http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1999\\_A0065.PDF](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1999_A0065.PDF) >. Acesso em 18 setembro 2008.

MOTTA, L. A.de C; SILKUNAS, N.; RODOLFO Jr., A. **Durabilidade dos Polímeros**. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo. 2002.

NIR, M. M.; MILTZ, J.; RAM, A.; **Plast. Eng. 1993, 49, 75.**

PIVA, A. M.; WIEBECK, H. (2004). **Reciclagem do plástico** – como fazer da reciclagem um negócio lucrativo. São Paulo: Editora Artliber.

**PREFEITURA MUNICIPAL DE ANÁPOLIS**. Banco de dados do plano de gerenciamento de resíduos sólidos para o município de Anápolis. **Anápolis - Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. 2004.**

PRINGLE, B; BARKER, M. (2000). **Starting a waste plastics recycling business**. Disponível em: <<http://www1.sac.ac.uk/info/External/Publications/WasteRecycling/>>. Acesso em 15 Dez 2004.

ROYER, B. et al. Efeito da aplicação do poliestireno sulfonado (PSSNA) como aditivo em argamassa e concretos de cimento portland CPV32. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol.15, número 001. Associação Brasileira de Polímeros, São Carlos, Brasil, p.63-67, 2005.

SANTOS, M. S. J. **Sistema construtivo de fundações superficiais com peças pré-moldadas de polímeros recicláveis**. Projeto Final do Curso de Engenharia Civil, UEG. Anápolis – GO. 95p. 2005.