

# DESENVOLVIMENTO DE TIJOLOS POLIMÉRICOS INJETADOS UTILIZADOS COMO UM NOVO MODELO ESTRUTURAL<sup>1</sup>

Carlos Alberto Schuch Bork<sup>2</sup>

Vinicius Martins<sup>3</sup>

Cléia de Andrade Salles<sup>4</sup>

Carlos Alexandre Wurzel<sup>5</sup>

Sadi Bianchin<sup>5</sup>

Clóvis Baum Brasil<sup>6</sup>

## Resumo

O déficit habitacional brasileiro, que em 2007 era de aproximadamente seis milhões de unidades segundo a Fundação João Pinheiro. É um problema gravíssimo da urbanização descontrolada juntamente com o excesso de lixo produzido diretamente pelo aumento populacional. Através destes dois problemas exponenciais, aliado a preocupação de contribuir para a melhoria das condições e qualidade de vida da população de baixa renda pensou-se na construção de uma casa de tijolo de plástico reciclado. Este trabalho teve como objetivo principal o projeto e a execução de um protótipo, na forma de um tijolo plástico, de baixo custo para a construção de moradias. Utilizando um novo modelo estrutural de construção civil com um design inovador fornecendo rigidez estrutural necessária, possibilitando uma rápida e fácil montagem. Seu projeto propicia também a fácil instalação da parte hidráulica e elétrica. A matéria-prima é uma blenda composta, principalmente, de rejeitos poliméricos reciclados.

**Palavras-chaves:** Modelo estrutural; Reciclagem polimérica; Tijolo de plástico.

## DEVELOPMENT OF BRICKS INJECTED POLYMER USED AS A NEW STRUCTURAL MODEL

### Abstract

The Brazilian housing deficit, which in 2007 was about six million units according to João Pinheiro Foundation. Is a very serious problem of uncontrolled urbanization together with the excess waste produced directly by the population increase. Through these two exponential problems, coupled with concern to contribute to improving conditions and quality of life of low-income population was thought in the building a brick house of recycled plastic. This study aimed to design and implement a prototype in the form of a plastic brick, low cost for construction of houses. Using a new structural model of construction with an innovative design providing, necessary structural rigidity, allowing for quick and easy assembly. Its design also provides easy installation of the hydraulics and electrical. The raw material is a blend composed primarily of waste recycled polymer.

**Key words:** Structural model; Polymer recycling; Plastic brick.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 8º Encontro da Cadeia de Ferramentas, Moldes e Matrizes, 11 e 12 de agosto de 2010, São Paulo, SP.

<sup>2</sup> Professor M.Sc. do IFSul-Rio-Grandense, Campus Sapucaia do Sul, Avenida Copacabana, 100 – Bairro Piratini – Sapucaia do Sul, RS – CEP 93216-120. bork@sapucaia.ifsul.edu.br.

<sup>3</sup> Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais. Laboratório de Transformação Mecânica. (LdTM), UFRGS. Av: Bento Gonçalves, 9500. CEP: 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil. Tecnólogo em Fabricação Mecânica, graduado pelo IFSul-Rio-Grandense, Campus Sapucaia do Sul; viniushiper@yahoo.com.br.

<sup>4</sup> Professora Dra. do IFSul-Rio-Grandense, Campus Sapucaia do Sul, Avenida Copacabana, 100 – Bairro Piratini – Sapucaia do Sul, RS – CEP 93216-120. cleia@sapucaia.ifsul.edu.br

<sup>5</sup> Tecnólogos em Fabricação Mecânica, graduados pelo IFSul-Rio-Grandense, Campus Sapucaia do Sul; Avenida Copacabana, 100 – Bairro Piratini – Sapucaia do Sul, RS – CEP 93216-120. fwurzel@pop.com.br; sadi@ibest.com.br;

<sup>6</sup> Graduando do Curso Superior em Tecnologia em Fabricação Mecânica, do IFSul-Rio-Grandense, Campus Sapucaia do Sul; Avenida Copacabana, 100 – Bairro Piratini – Sapucaia do Sul, RS – CEP 93216-120. clovis1208@yahoo.com.br



## 1 INTRODUÇÃO

Os danos causados pelo aquecimento global, o aumento crescente do uso de materiais poliméricos no dia a dia da população mundial, a constante preocupação com o destino deste material polimérico já produzido e o déficit habitacional foi o que direcionou a pesquisa e desenvolvimento deste projeto.

“A blenda de um ou mais polímeros recicláveis pode resultar num material de baixíssimo custo e com boas propriedades, sendo também uma alternativa inteligente para o aproveitamento do lixo produzido”.<sup>(1-3)</sup>

O cuidado cada vez maior com o meio ambiente torna imprescindível um estudo de novos materiais e de melhores soluções geométricas nos projetos. A utilização do material reciclado para a produção de produtos consumíveis pela sociedade vem crescendo impulsionado pela visão ambientalista.

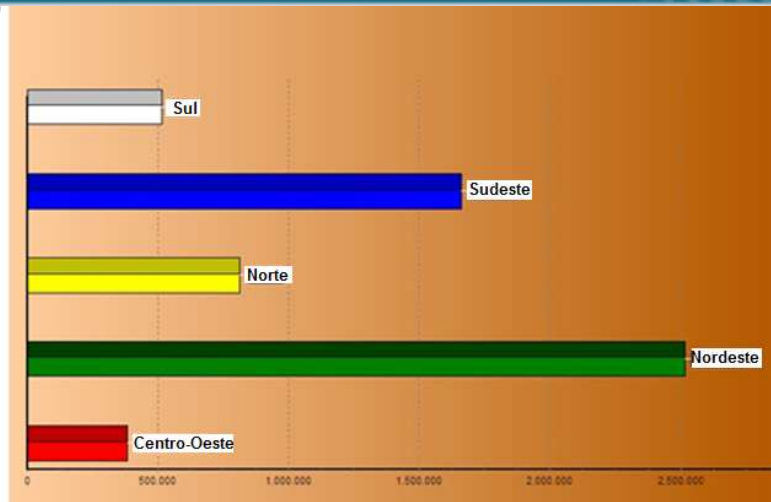
Um dos grandes problemas para a população brasileira é a questão habitacional e o que fazer com o rejeito dos materiais poliméricos. Estudos da Fundação João Pinheiro, Centro de Estatística e Informações (2007), indicam que existe a falta de seis milhões de moradias básicas, principalmente pelo custo e a falta de dinheiro da população, mesmo com os governos municipais, estaduais e federais proporcionando investimentos em habitação, com custos bem reduzidos.<sup>(4)</sup> Da mesma forma, estudos mais recentes apontam o lixo urbano como à grande fonte em riquezas de materiais que podem se transformar em produtos a serem utilizados como bens úteis à sociedade, ao invés de serem enterrados em lixões.<sup>(5)</sup> Estes, além de produzirem enorme risco à saúde, poluem os lençóis freáticos de água, sendo esta uma das grandes fontes da qualidade de vida para a humanidade e provoca a produção de grandes quantidades de CO<sub>2</sub>, considerado o mais prejudicial à camada de ozônio e, por isso, tem sido tema de estudos profundos para minimizar seu efeito.

A proposta de desenvolvimento para a elaboração de blocos similares aos tijolos utilizados em construções de alvenaria, pelo processo de moldagem por injeção, concilia dois problemas: o déficit habitacional, com uma nova forma construtiva, e a utilização de resíduos poliméricos como matéria-prima, minimizando assim os custos e o impacto ambiental dos lixões urbanos desempenhando um papel tecnológico e social.<sup>(6)</sup> O tijolo polimérico possibilita a construção de uma casa popular de fácil e rápida montagem que atende, além da parte estrutural da moradia, a rede elétrica e hidráulica da construção. Devido ao peso e quantidade de produção do tijolo de plástico, também resolverá o problema causado pela elevada quantidade de resíduos poliméricos que são despejados, diariamente, nos lixões urbanos.<sup>(7,8)</sup>

### 1.1 Déficit Habitacional

A falta de moradia em nosso país é um dos maiores problemas que afligem a nossa sociedade. Segundo dados do IBGE, já em 2002, o déficit habitacional no Brasil era de sete milhões de moradias e no RS, de quinhentos e vinte e cinco mil habitações, sendo duzentas mil moradias inadequadas e/ou em áreas de risco e a falta de trezentas mil moradia construídas.<sup>(9,10)</sup> Segundo Santos, “Para combatermos a falta de moradias, precisamos ter uma visão mais ampla do problema e trabalhar com políticas públicas integradas e transdisciplinares, que possam em síntese, combater a exclusão social e oferecer chances para que o indivíduo, uma vez possuidor da sua tão sonhada casa, não tenha de vendê-la para pôr comida à mesa da família”.<sup>(11)</sup>

O gráfico mostrado na Figura 1 demonstra o volume do déficit habitacional, por regiões, em todo o Brasil, mostrando a grande oportunidade de novas tecnologias para a construção de moradias, principalmente, para a população mais carente.



**Figura 1:** Déficit habitacional básico por regiões brasileiras.<sup>(12)</sup>

A Figura 2 apresenta a realidade das moradias de baixa renda nas favelas do Rio de Janeiro. Na Figura 3 pode-se observar a precariedade das sub-habitações de uma parcela expressiva da população mundial de baixa renda.



**Figura 2:** Realidade das moradias de baixa renda nas favelas do Rio de Janeiro.<sup>(13)</sup>



**Figura 3:** Realidade das moradias da população de baixa renda.<sup>(14)</sup>

## 1.2 O Lixo Urbano

O desafio governamental é gigantesco comparado com o resgate social de pessoas que trabalham diretamente com produtos retirados dos lixões, juntamente com a necessidade de qualificação profissional destas pessoas. A Figura 4 mostra um lixão urbano com as condições que são executadas à coleta seletiva por pessoas que vivem da reciclagem de materiais como principal fonte de renda. A Tabela 1 mostra os resíduos encontrados nos lixões brasileiros. O filme de plástico, por sua característica universal de utilização, tornou-se o grande vilão, sendo este material o foco deste trabalho.<sup>(14)</sup> O Perfil do lixo produzido nas grandes cidades brasileiras está apresentado na Tabela 1.



**Figura 4:** Depósito de lixo.<sup>(14)</sup>

**Tabela 1:** Materiais predominantes no lixo brasileiro<sup>(15)</sup>

Papel e papelão	Metais ferrosos	Vidro	Rejeito	Filme plástico	Embalagens longa vida	Alumínio.
39%	16%	15%	8%	7%	2%	1%

## 1.3 Desenvolvimento do Protótipo

Objetivou-se um protótipo com uma forma estrutural em que a moradia popular utilize somente o material polimérico para a sustentação, sem o uso de misturas como cimento, fibra, aço, madeira, etc..

Segundo os autores Sors et al., “os produtos de grandes espessuras, trazem grandes complicações na injeção, e se forem peças complexas mais difíceis serão a fabricação”; o que se torna um desafio para ser injetado devido à forma complexa do molde do protótipo.<sup>(16-22)</sup>

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Testou-se com ensaio de tração e flexão em uma máquina universal Emic DL 2000 de duas blendas, a primeira foi 90% de PP e 10% de rafia e a segunda foi 90% de PP e 10% de PEAD reciclados Para verificação da qualidade do produto, optou-se em injetar somente com 90% de PP e 10% de PEAD reciclados no protótipo.

Primeiramente foi estabelecido qual seria o melhor modelo para o protótipo. Foram verificados os recursos disponíveis para a execução do projeto e definiu-se o

formato final do produto. Definiu-se o layout para o protótipo no molde baseando-se nas informações da revisão de literatura, bem como na experiência profissional dos integrantes do projeto. Foram utilizadas 200 horas no software *Solidworks Education edition 2006* para projetar o modelo e o molde do protótipo do tijolo. Utilizou-se o *Moldflow express*, para ajudar nas definições quanto à posição de injeção e o comportamento do material, durante o processo de injeção. Foram utilizadas 1.390 horas nos laboratórios de usinagem para a fabricação do molde. Posterior a etapa de usinagem foi dado o acabamento final a todos os componentes, como o processo de retificação, que também permitiu garantir o dimensionamento final. Foi realizado a montagem final e o respectivo *Try-out* do molde.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Projeto em CAD

A Figura 5 mostra o protótipo foi desenvolvido no software de CAD Solid Works 2006, bem como o sistema de montagem dos mesmos para a formação das paredes das casas populares. O bloco de tijolo projetado é simétrico longitudinal e transversalmente. Possui também encaixes por interferência de 0,3 mm para sua fixação entre blocos, garantindo assim o perfeito alinhamento da construção. Para facilitar a instalação elétrica, elaboraram-se furações internas sem cantos vivos, o que possibilitou a passagem da fiação elétrica sem riscos ou a necessidade de dutos internos à parede. Para a instalação hidráulica utilizaram-se as mesmas furações internas para a passagem da tubulação. Elaboraram-se dois pontos de quebra no bloco para a instalação do ponto de água. Estes pontos de quebra também servem para a instalação de tomadas e interruptores da parte elétrica.

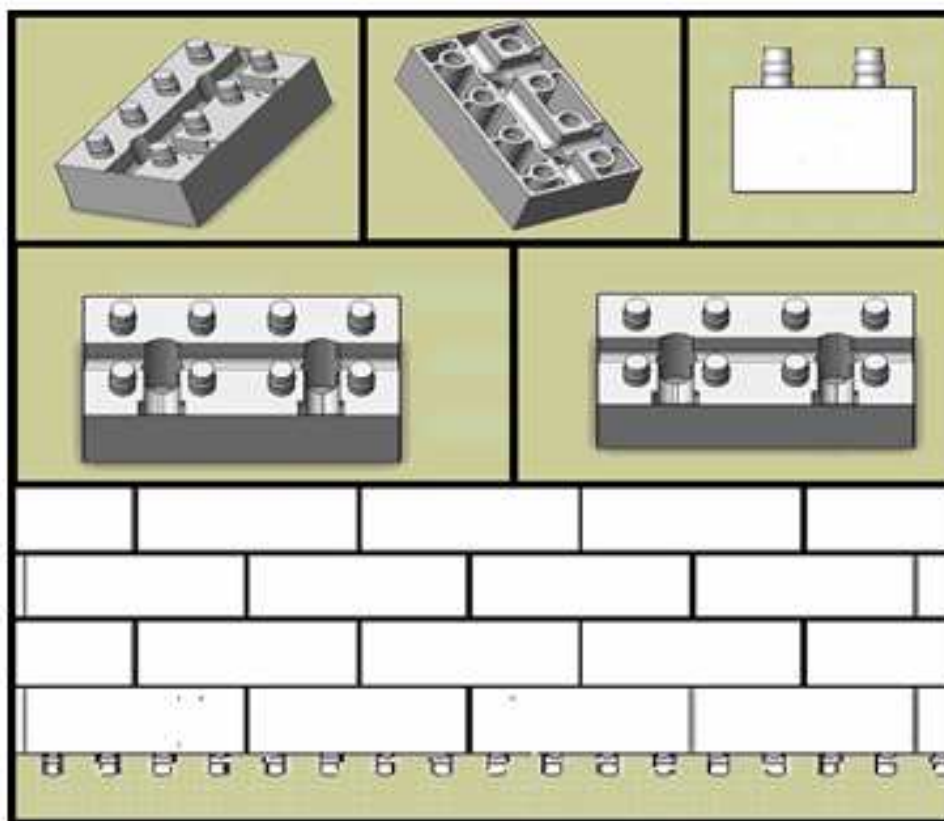


Figura 5: Protótipo do tijolo e sua montagem por interferência.

### 3.2 Ensaio das Blendas Poliméricas

Foi injetado corpos de provas das blendas poliméricas e realizado ensaio de tração como mostra os gráficos das Figuras 6 e 7, onde a amostra de PP+PEAD se comportou melhor.

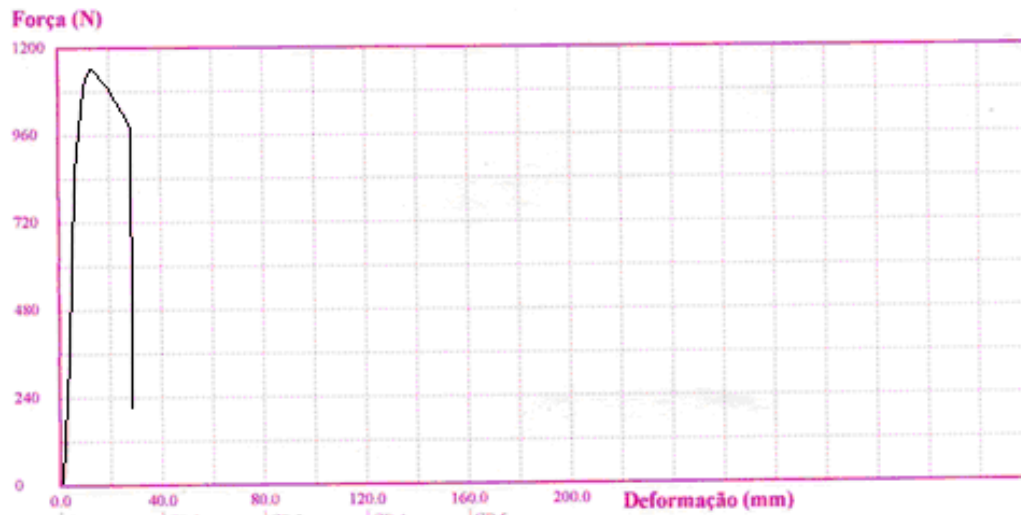


Figura 6: Ensaio de tração da amostra de PP+Ráfia.

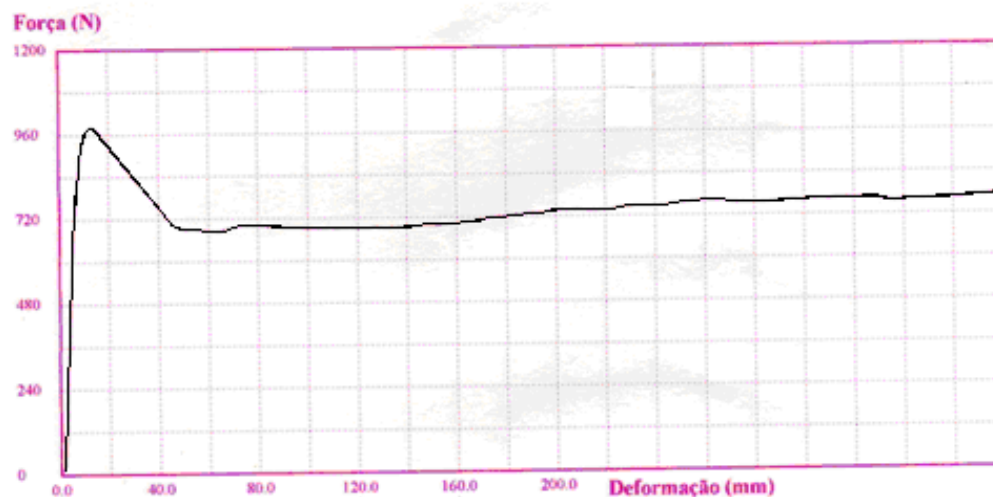
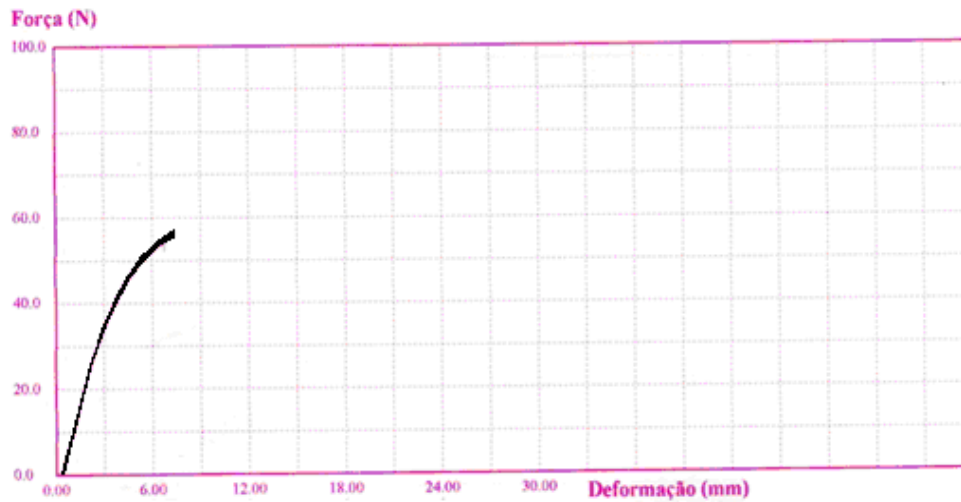
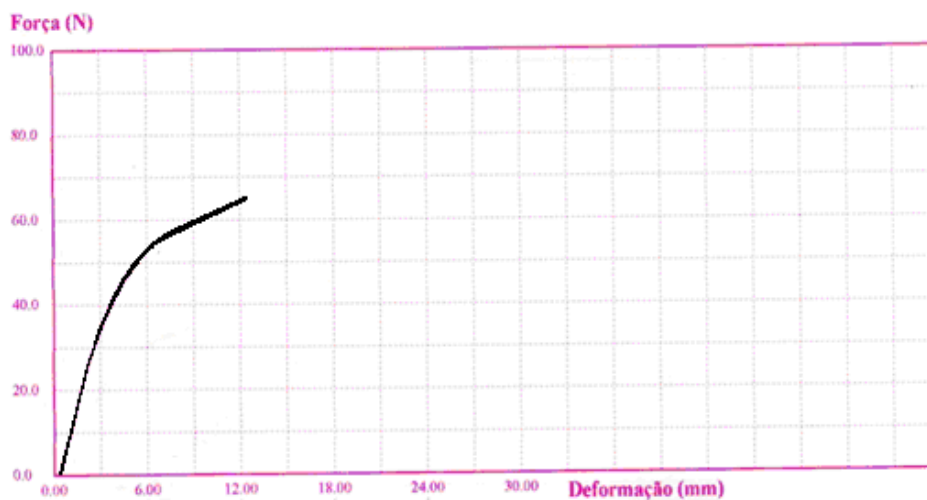


Figura 7: Ensaio de tração da amostra de PP+PEAD.

As Figuras 8 e 9 mostram o ensaio de flexão e o rompimento prematuro, apresentando alta resistência mecânica.



**Figura 8:** Ensaio de flexão da amostra de PP+Ráfia.



**Figura 9:** Ensaio de flexão da amostra de PP+PEAD

As Tabelas 2 e 3 apresentam os valores obtidos no ensaio de tração e de flexão das duas blendas poliméricas.

**Tabela 2:** Ensaio de flexão das blendas poliméricas

Amostra	Material	Largura da amostra (mm)	Distância entre apoios (mm)	Altura da amostra (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Força máxima (N)	Tensão de Máxima (MPa)	Módulo de Ruptura (MPa)
01	PP+Ráfia	12,70	63,00	3,2	1,38	57,04	41,45	2208,57
02	PP+PEAD	12,70	63,00	3,2	1,38	65,40	51,20	2456,35

A Tabela 2 é possível observar que o módulo de ruptura da blenda de PP+PEAD obteve-se um valor mais alto do que o valor da blenda PP+Ráfia.

**Tabela 3:** Ensaio de tração das blendas poliméricas

Amostra	Material	Força máxima (N)	Tensão no escoamento (MPa)	Alongamento no escoamento (%)	Tensão de ruptura (MPa)	Alongamento na Ruptura (%)	Módulo de Ruptura (MPa)
01	PP+Ráfia	1150,5	26,3	9,3	23,27	32	504,14
02	PP+PEAD	981,7	24,54	14,4	19,80	625	455,45

A Tabela 3 apresenta que o módulo de ruptura da blenda de PP+Ráfia obteve-se um valor mais alto do que o valor da blenda PP+PEAD.

### 3.3 Análise MOLDFLOW

Utilizou-se o *Moldflow Express*, como mostram as Figuras 10 e 11, informando o retorno das definições quanto à posição de injeção e o comportamento do material, durante o processo de injeção. Esta análise permitiu verificar que, tanto na parte inferior como superior do protótipo, o ponto escolhido para injeção permitiu o completo preenchimento das cavidades, bem como mostrou o tempo estimado para a injeção. Nesta análise demonstrou que o protótipo tinha condições de ser injetado numa injetora convencional.

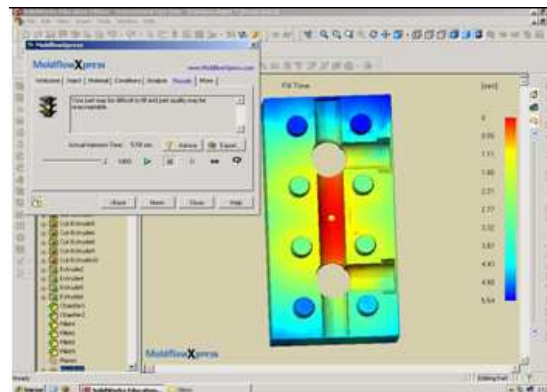


Figura 10: Análise MOLDFLOW (parte inferior do protótipo).

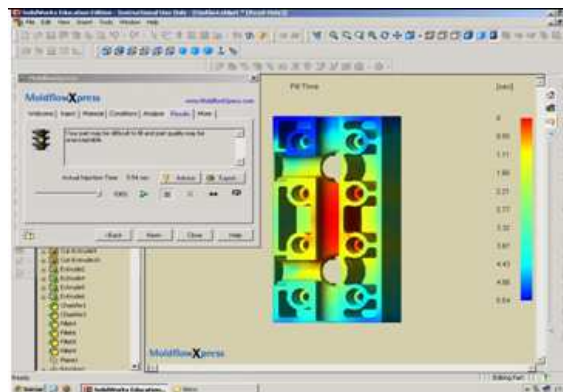


Figura 11: Análise MOLDFLOW (parte superior do protótipo).

### 3.4 Desenvolvimento do Molde e Injeção do Protótipo

A Figura 12 mostra o uma parte peculiar do molde projetado e fabricado do protótipo. Para a fabricação da ferramenta do protótipo tomou-se extremo cuidado com o acabamento externo do molde, mantendo-se o alinhamento e o esquadramento das placas componentes do molde, bem como, colocou-se como acessório, quatro parafusos com a função de preservação dos conectores de refrigeração quando o molde não está preso na máquina ou está colocado em prateleiras adequadas.

Posicionou-se o olhal de sustentação, próximo ao centro de massa da estrutura, quando suspenso, o molde não fique muito inclinado, mas levemente tendendo ao fechamento do mesmo, o que facilita todas as atividades nele executadas e dispensa outra forma qualquer de fixação para transporte ou manuseio das partes móveis. Quando um material plástico é moldado, é muito importante que na cavidade do molde existam saídas de gases bem eficientes, de forma a permitir que o ar saia quando a



massa fundida entrar na cavidade. Saídas ineficientes ou mal localizadas poderão resultar em mau preenchimento da peça, linhas de emendas fracas e contração irregular do moldado.



**Figura 12:** Molde projetado e fabricado do protótipo do tijolo.

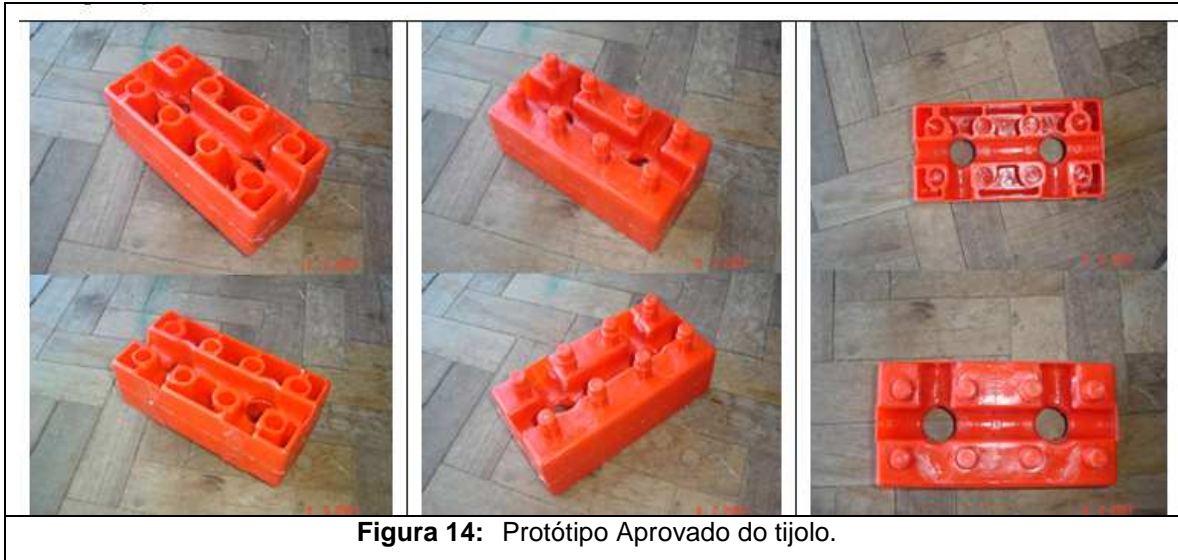


**Figura 13:** Molde projetado e fabricado do protótipo do tijolo.

Devido a obtenção das blendas sugeridas para o ensaio, optou-se em injetar os protótipos com apenas 100% de PP rafia, para termos a visualização do produto fabricado. O produto foi injetado e chegou-se perto do esperado. Houve ocorrência de rebarba no protótipo injetado, isto porque a força de fechamento disponível na máquina estava no limite.

Também a qualidade superficial do moldado não ficou boa em virtude da capacidade de injeção da injetora utilizada ser aproximadamente, 1/3 da requerida neste molde. Para que se pudesse injetar foi necessário que se efetuasse o ciclo em manual, em quase três ciclos e meio de injeção. Por isto, a falta da pressão de recalque gerou a baixa qualidade superficial do moldado e a falta de unicidade do produto. Devido à quantidade de massa injetada e o seu tempo de resfriamento de um molde com apenas uma cavidade tornando comercialmente inviável devido ao elevado custo da unidade produzida.

A Figura 14 mostra 6 fotos do protótipo aprovado de tijolo injetado nas dimensões de 120 mm de largura por 240 mm de comprimento por 80 mm de altura; na cor vermelha.



**Figura 14:** Protótipo Aprovado do tijolo.

A Figura 15 mostra um pedaço de parede construído com os tijolos injetados de várias cores e blendas.



**Figura 15:** Parede construída com o protótipo do tijolo injetado

#### 4 CONCLUSÕES

Sabe-se que o processo de injeção em paredes muito finas e/ou com grandes volumes é crítico e pode ser agravado com um modelamento complexo como o caso do protótipo do tijolo. Neste trabalho desenvolveu-se um produto para a construção civil (tijolos), produzidos com um compósito polimérico, que utiliza rejeitos, pós-consumo, fabricado a partir da transformação de termoplástico pelo processo de injeção. Um produto de baixo custo, que possibilita uma rápida e fácil montagem na construção civil.

Supõe-se que a construção de uma casa de 36 m<sup>2</sup> é de 24 horas, pelo fato de eliminar o uso de cimento para a união dos tijolos, que são encaixados por interferência entre pinos e furos, bem como as vigas de sustentação devido ao elevado nível de resistência à compressão deste material. O produto polimérico provê a rigidez estrutural necessária para uma obra civil, oferecendo maior resistência aos esforços de compressão do que os produtos de argila, atualmente utilizados, com um fator de

segurança oito vezes mais elevado. O tijolo é de fácil instalação da parte hidráulica e elétrica, permitindo o encaixe dos eletrodutos ou dos tubos nos furos dispostos simetricamente nos tijolos, eliminando o corte das paredes. O tijolo pode ser desmontado e reutilizado em outro local, sem dano à sua estrutura física do mesmo.

Para o tijolo proposto ficar com melhor qualidade de moldado se faz necessária a injeção em equipamento com capacidades de pressão e de injeção condizentes com a necessidade do molde. Este protótipo proporcionou que o objetivo traçado neste projeto fosse alcançado, principalmente na facilidade de montagem das paredes de uma nova forma de construção de casas populares que alia proteção ao meio ambiente pela diminuição de polímeros pós-consumo em lixões urbanos.

## REFERÊNCIAS

- 1 HARADA, J. Moldes para Injeção de Termoplásticos, São Paulo, ed. Artliber, 2004.
- 2 PIVA, A. M.; WIEBECK, H. Reciclagem de Plástico, São Paulo, ed. Artliber, 2004.
- 3 WIEBECK, H.; HARADA, J. Plásticos de Engenharia, São Paulo, ed. Artliber, 2005.
- 4 Disponível em : <http://www.fjp.gov.br/index.php/servicos/81-servicos-cei/70-deficit-habitacional-no-brasil> Acesso em: 15/01/2010
- 5 Disponível em : <http://www.oeco.com.br/carlos-gabaglia-penna/88-carlos-gabaglia-penna/20113-lixo-urbano-desafios-e-tecnologias> Acesso em: 15/01/2010
- 6 FADINI, P. S. E FADINI, A. A. B. Lixos: Desafios e compromisso. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola. Edição especial – Maio 2001 brasil.
- 7 Antunes, B. Casas instantâneas revista Construção Técnica ed 79 Brasil. 2005.
- 8 Construção Técnica, Revista da Tecnologia e Negócios da Construção Civil; setembro 2002 .
- 9 IBGE, Disponível em : [http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=345](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=345) Acesso em 5/11/2009.
- 10 IBGE, Censo demográfico - 2000. Microdados. Rio de Janeiro, 2000.
- 11 SANTOS, A. O. Direito Social à Moradia, Jornal Correio do Povo, Porto Alegre, 23/10/2006.
- 12 Estimativa do Déficit Habitacional Básico ( 1) – 2000
- 13 Disponível em : [http://4.bp.blogspot.com/\\_Vgjq\\_uuN44s/SaSmvz7WDqI/AAAAAAACGg/yUvToZwVOY/s400/Favela2.jpg](http://4.bp.blogspot.com/_Vgjq_uuN44s/SaSmvz7WDqI/AAAAAAACGg/yUvToZwVOY/s400/Favela2.jpg) Acesso em: 08/05/2009.
- 14 Disponível em: [http://2.bp.blogspot.com/\\_KBm7F0Cg0aU/RyElgdu7SVI/AAAAAAB7o/o\\_07En11N7g/s400/FAVELA%2BGUARULHOS.jpg](http://2.bp.blogspot.com/_KBm7F0Cg0aU/RyElgdu7SVI/AAAAAAB7o/o_07En11N7g/s400/FAVELA%2BGUARULHOS.jpg) Acesso em: 08/05/2009
- 15 Disponível em: [www.uniblog.com.br](http://www.uniblog.com.br) , Acesso em: 08/05/2009.
- 16 MANRICH, S. Processamento de Termoplásticos, São Paulo, ed. Artliber, 2005.
- 17 VDI. Associação Técnica Brasil-Alemanha, V Simpósio sobre Tecnologia de Plásticos, Automação, Qualidade e Rentabilidade na Indústria de Moldagem por Injeção, São Paulo, 1985.
- 18 SORS. L.; BARDÓCZ. L.; RONÓTI. I. Plásticos, Moldes e Matrizes. Curitiba/PR, ed. Hemus, 2002.
- 19 ALBUQUERQUE, J. A. C.; O Plástico na Prática. 2º ed. Porto Alegre, ed. Sagra Luzato, 1999.
- 20 GARCIA, M. C. R. Moldes para Injeção de Termoplásticos, CEFET/RS, 2006.
- 21 GLANVILL, A. B.; DENTON E. N. Moldes de Injeção, 3ªed, São Paulo, ed. Edgar Blücher, 1994.
- 22 CRUZ, S. Moldes de Injeção, Curitiba, ed. Hemus, 2002.