

## **USO DOS RESÍDUOS TERMOPLÁSTICOS NA EXECUÇÃO DE FÔRMAS PARA CONCRETO ARMADO**

**Nelson Parente Junior.**

Engenheiro Civil, Diretor Técnico da EBR – Empresa Brasileira de Reciclagem Ltda.  
Av. Gal. Francisco Glicério n 574, Cep 11065-400, Santos, SP, tel +55-13-3239-4804.  
e-mail [dealnelson@uol.com.br](mailto:dealnelson@uol.com.br)

### **RESUMO**

Em nosso sistema construtivo existe uma forte predominância de estruturas executadas em concreto armado. Essas estruturas são dimensionadas e especificadas em projeto e necessitam da montagem de estrutura auxiliar para o recebimento das armações e do concreto fresco. A referida estrutura auxiliar chamada de fôrmas para concreto armado requer alguns requisitos tais como, estanqueidade, resistência, rigidez e baixo custo. Todos esses requisitos são conseguidos atualmente utilizando a madeira principalmente como elemento de forração, peças metálicas e de madeira como elementos de estruturação, sua montagem é de suma importância para a estrutura que se queira criar onde, uma fôrma mal projetada ou mal executada acarreta prejuízos na área econômica e pode causar acidentes. A situação de equilíbrio dos requisitos necessários na execução das fôrmas vem se agravando com a escassez da madeira. O objetivo desse trabalho é demonstrar a viabilidade técnica e econômica na substituição da madeira largamente utilizada na execução de fôrmas para concreto armado, por perfis de plásticos reciclados, oriundos dos resíduos sólidos urbanos pós-consumo.

Palavras-chaves — lixo municipal, resíduo termoplástico, fôrma para concreto armado.

### **1. INTRODUÇÃO**

O Brasil produz diariamente cerca de 120.000 toneladas de lixo domiciliar [1], dentre os quais 12.000 toneladas são de resíduos termoplásticos, dessas 120.000 toneladas de resíduos sólidos urbanos 76% ficam a céu aberto (lixão). Os termoplásticos depositados em lixões ou em aterros sanitários reduzem a vida útil dos mesmos, pois ocupam grandes volumes e dificultam a troca de gases e líquidos gerados no processo de biodegradação da matéria orgânica. Esse resíduo pode ser reaproveitado na construção civil com elevado valor agregado, benefícios sociais e ambientais.

Por outro lado à construção civil utiliza a madeira como um insumo básico em diversas atividades, principalmente em fôrmas para concreto armado causando grande impacto ambiental em função dos desperdícios incidentes na transformação da madeira bruta em perfis tais como tábuas, sarrafos e pontaletes, no manuseio para execução de fôrmas para concreto armado resultando em sobras de pedaços inutilizados (entulho) e por último na própria sub-utilização das características físicas das madeiras nos projetos de fôrmas para concreto [2] com a inserção de coeficientes de segurança que reduzem as tensões admissíveis em função da exploração e incertezas do próprio material.

Quimicamente existe uma grande semelhança entre esses dois tipos de materiais, a madeira tem sua estrutura celular composta basicamente de celulose e lignina que são macromoléculas chamadas de polímeros naturais e os termoplásticos por sua vez são sintetizados através de monômeros extraídos da Nafta em reações que resultam polímeros sintéticos costumeiramente chamados de plásticos.

Sem dúvida a madeira é um excelente material para a utilização em fôrmas para concreto armado devido a sua, baixa massa específica aparente, custo reduzido, elevado módulo de elasticidade com resistências razoáveis e boa trabalhabilidade resultando no material mais utilizado nessa atividade.

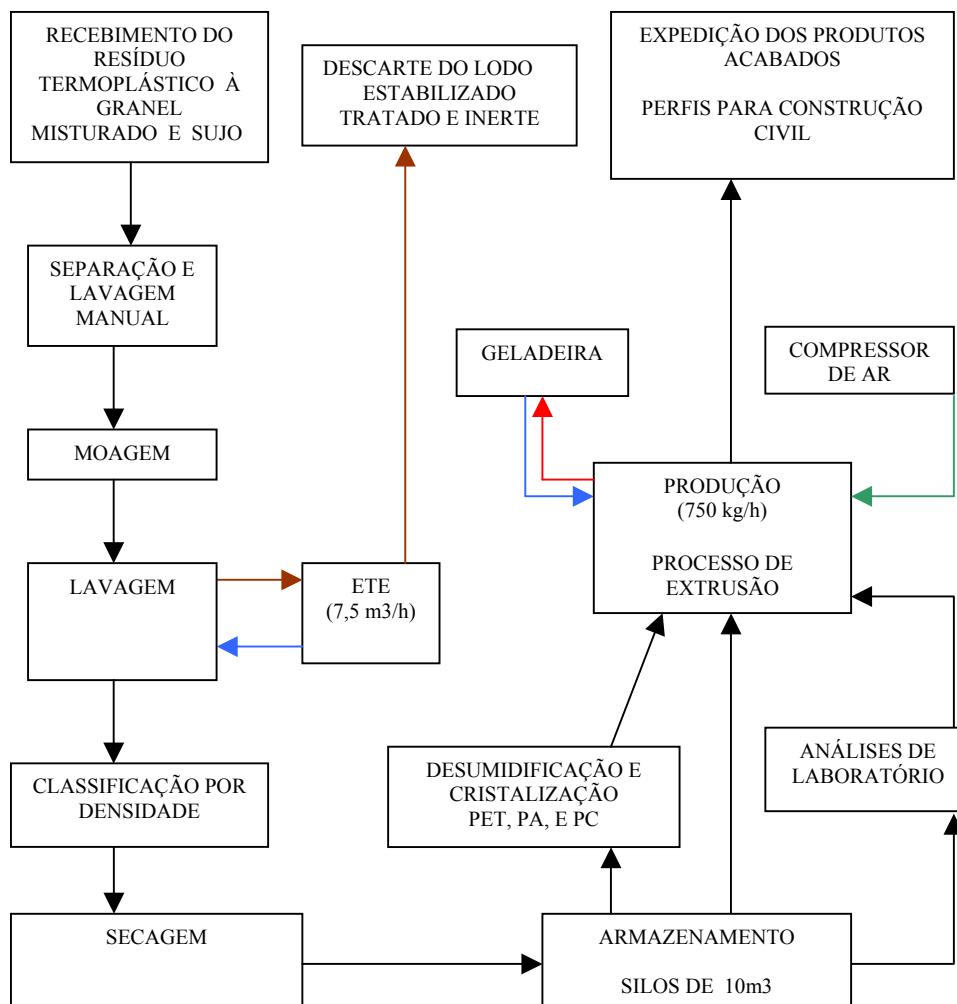
A princípio seria inviável substituir a madeira por termoplásticos nas fôrmas para concreto, pois comparativamente os termoplásticos têm elevada massa específica aparente, custo superior, baixo módulo de elasticidade e resistências superiores, sinalizando que peças executadas em materiais termoplásticos com as mesmas dimensões que as peças de madeira padronizadas em normas técnicas da ABNT seriam mais pesadas, mais caras e com elevada deformação no carregamento.

## 2. PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DOS RESÍDUOS TERMOPLÁSTICOS

### 2.1. Metodologia.

A viabilidade do projeto foi alcançada com a utilização dos conceitos da Resistência dos Materiais[3], Mecânica dos Sólidos[4] e Sistemas de Qualidade nos processos Industriais. Com esses conceitos e as ferramentas da informática chegamos ao desenvolvimento de um sistema industrial de beneficiamento de resíduos termoplásticos com controle de qualidade feito em laboratório de ensaios, implantado na própria indústria.

A figura 1 mostra o fluxograma do processo de beneficiamento



FLUXOGRAMA

Fig. 1

Com o recebimento dos resíduos termoplásticos misturados e sujos a planta industrial tem capacidade para 400 ton. / mês de beneficiamento de resíduos termoplásticos com essa reciclagem em alta escala conseguimos elevada taxa interna de retorno do investimento, pois além de agregar valor ao resíduo plástico o produto final reduz custos para o construtor.

Um grande problema na reciclagem tradicional dos termoplásticos é a separação das várias famílias de termoplásticos devido, suas características diferentes por isso requerem cuidados no processamento para se obter produtos reciclados com qualidade.

## 2.2. Separação das resinas termoplásticas

Os estudos realizados pelo Instituto de Macro Moléculas da Professora Heloisa Mano (IMA) da Universidade Federal do Rio de Janeiro [5] demonstra uma tendência das resinas termoplásticas manterem uma relação proporcional entre a densidade e o módulo de elasticidade.

A figura 2 mostra a relação entre a densidade e o módulo de elasticidade das resinas termoplásticas.

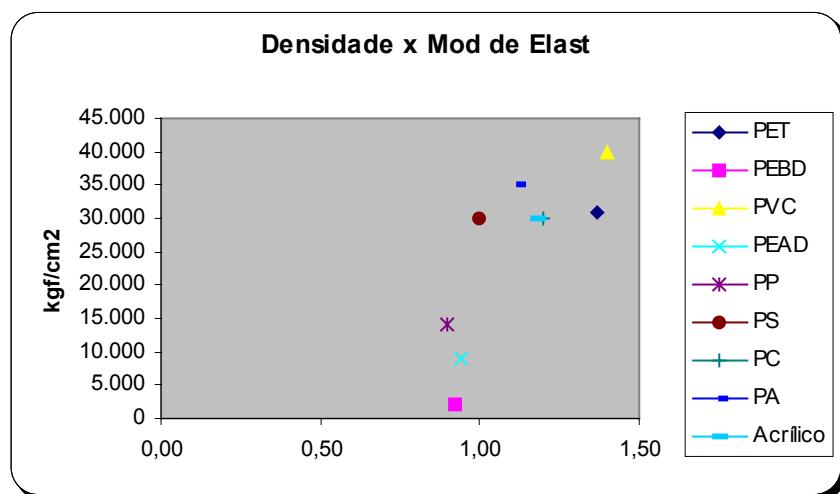


Fig. 2

Essa tendência se mantém na relação entre a densidade e a temperatura de fusão. A figura 3 mostra essa relação

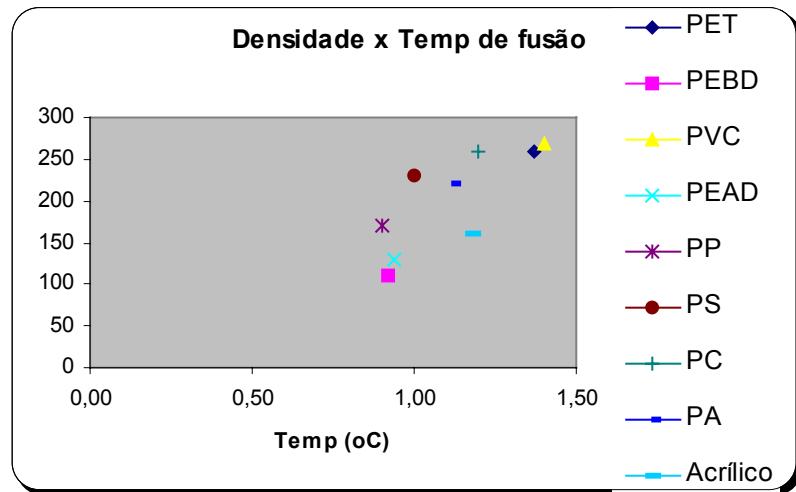
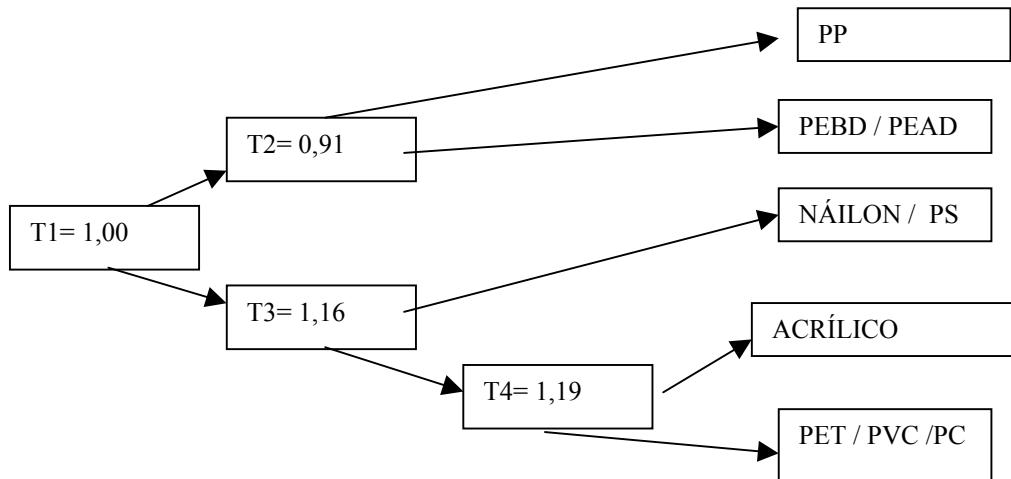


Fig.3

Algumas resinas fogem a essa regra e devem ser tomados alguns cuidados no beneficiamento, entre elas estão os Poliestirenos (PS) os Polipropilenos (PP) e os Acrílicos ( PMMA)

O produto desenvolvido e sua aplicação em fôrmas para concreto armado necessitam de características físicas bem definidas sendo que o aspecto visual pode ficar em segundo plano, portanto o produto desenvolvido a base de resíduos termoplásticos aceita determinados graus de contaminação de duas ou mais resinas termoplásticas. Com isso pudemos adotar um sistema de classificação e separação das resinas por densidade em tanques com diversas soluções.

A figura 4 demonstra o sistema adotado.



### SEPARAÇÃO DAS RESINAS POR DENSIDADE

Fig. 4

### 2.3. Produção dos perfis para utilização nas fôrmas para concreto armado

Os perfis são produzidos pelo processo de extrusão com elevado grau de produtividade e o fator técnico do desenvolvimento foi o desenho de seções vazadas de maior espessura que os perfis tradicionais de madeira elevando-se com isso o momento de inércia das peças sem aumento do peso, conseguindo-se assim grandes carregamentos com pequenas deformações viabilizando técnica e economicamente o projeto.

A tabela 1 a seguir mostra as características físicas dos perfis desenvolvidos.

Tabela 1

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DOS PERFIS						
Peças de cálculo	módulo de resistência cm <sup>3</sup>	espessura cm	área da seção cm <sup>2</sup>			Momento de inércia cm <sup>4</sup>
Tábuas (cm)						
50	55,50	4,00	43,85	50		111,00
30	33,00	4,00	26,87	30		66,00
Travessão	76,77	15,50	27,73	Travessão		595,00
Guias	204,17	23,00	49,32	Guias		2.348,00
Gravatas/vigas	42,33	12,00	20,05	Gravatas/vigas		254,00
Pontaletes	82,71	14,00	29,76	Pontaletes		579,00
Contraventamento	5,36	4,00	5,76	Contraventamento		10,72

### 3. UTILIZAÇÃO EM FÔRMAS PARA CONCRETO ARMADO

Com as atuais ferramentas da informática, usando análise de elementos finitos via computador (CAE), simulamos o comportamento dos perfis desenhados em CAD nos serviços de fôrmas. Essas ferramentas permitem um dimensionamento eficiente desenvolvendo perfis com o menor consumo possível de material para a aplicação definida reduzindo-se com isso seu custo unitário. Os resultados dos projetos de fôrmas foram extremamente satisfatórios com espaçamentos, travamentos e escoramentos praticamente iguais aos projetos tradicionais utilizando a madeira conforme o demonstrado nas tabelas 2, 3 e 4 a seguir.

Tabela 2

Fôrmas para lajes

Espessura da laje (cm)	Esp. trav. 55	Esp Guias 110	Verificação das Escoras				
			Pé Direito =	280,00	cm	Contravent.(s/n)	s
			15				
<b>Espaçamento entre os travessões que as tábuas suportam(cm)</b>							
PET	PEAD	PVC	PEBD	PP	PS	PC	PA
60	40	65	25	40	60	60	65
<b>Espaçamento entre as guias que os travessões suportam(cm)</b>							
PET	PEAD	PVC	PEBD	PP	PS	PC	PA
120	85	120	50	90	105	105	120
<b>Espaçamento entre as escoras que as guias suportam (cm)</b>							
PET	PEAD	PVC	PEBD	PP	PS	PC	PA
145	70	145	40	90	110	110	145
Resina =		Verificação das tábuas		Verificação dos travessões		Verificação das guias	
Resina =		pet		Pet		pet	
		OK		OK		OK	

Tabela 3

Fôrmas para vigas

Largura =	20	cm	
Altura =	60	cm	
<b>Espaçamento entre as gravatas para as tábuas laterais e de fundo resistirem (cm)</b>			
PET	PEAD	PVC	PEBD
40	25	45	15
PP	PS	PC	PA
25	40	40	40

Tabela 4

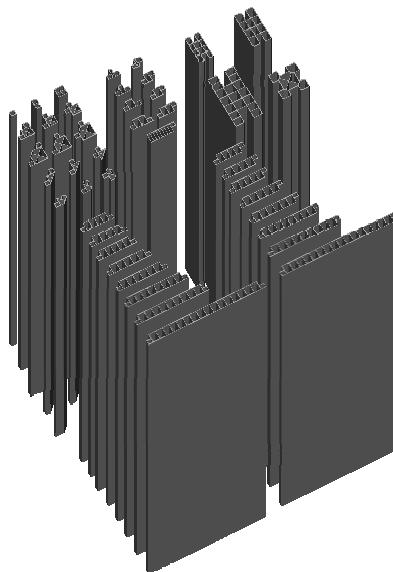
Fôrmas para pilares

Tábuas de	pet	Tirantes a cada =	13,33cm
Dimensões	seção retangular		
Face	b= 40 cm	Pé direito =	280 cm
Face	d= 120 cm		
Espaçamento das gravatas =		50,00 cm	

Com isso aumentamos a eficiência desses serviços com uma relação de consumo médio por metro quadrado de fórmula executada na ordem de 4,75 kg de resíduos termoplásticos contra 13,75 kg/m<sup>2</sup> de madeira [6], a durabilidade do material termoplástico é sem dúvida o grande responsável por essa acentuada redução de consumo de material.

A fabricação industrial dos perfis permite manter um rigoroso controle de qualidade e o processo de extrusão com elevada produtividade, aliado ao uso de resíduos como matéria prima, possibilitou a competitividade do preço final em relação aos perfis de madeira. A aplicação dos perfis nos serviços de fórmulas, a maior produtividade devido ao menor peso e o grande número de reutilizações resulta numa redução de custos que podem chegar na ordem de 25% no metro quadrado de fórmula executada em relação ao sistema tradicional de madeira.

A figura 5 mostra os desenhos das seções.



**PERFIS**

Fig. 5

Os perfis podem ser serrados e pregados na obra, porém o grande ganho estará na pré-fabricação de painéis com a união das peças feita via rebites ou parafusos que permitirão uma reutilização prolongada (fórmula pronta). Outro fator importante é que ao final da obra o construtor pode revender os perfis para a indústria processar nova reciclagem.

#### 4. CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento técnico dos perfis para os serviços de fórmulas para concreto armado conseguimos a viabilidade de utilização em outros serviços na construção civil utilizando-se a resina correta para as mais diversas aplicações tais como, tapumes, gabaritos de obras, alojamentos, guarda-corpos e cavaletes de sinalização de trânsito, conferindo ao projeto uma grande relevância ambiental e social, pois o potencial de utilização dos resíduos termoplásticos em substituição a madeira via reciclagem possibilita a geração de renda e empregos para população de baixa capacitação técnica.

Esse projeto vem ao encontro das regras de implementação do protocolo de Kyoto contra o aquecimento global, pois visa principalmente a redução do desmatamento anual. O alto consumo desse material pela construção civil acabou com algumas espécies tais como o Pinho do Paraná e a Peroba Rosa, tornando inviável o manejo sustentado. O replantio de espécies adequadas para o uso na construção civil é economicamente inviável, pois necessita de grandes áreas e prolongado tempo de crescimento.

Concluímos assim que é possível desenvolver tecnologias limpas Sustentáveis sem causar desemprego. O setor da construção civil pode absorver e reutilizar os resíduos termoplásticos através do beneficiamento e reciclagem tecnicamente controlada por sistemas de qualidade e a metodologia de fabricação de perfis vazados substituem satisfatoriamente a madeira na execução de fôrmas contribuindo para a redução do desmatamento, aumento do ciclo de vida dos aterros sanitários, economia de energia, redução de custo na execução das fôrmas para concreto e aumento na oferta de empregos demonstrando ser um processo totalmente de recuperação ambiental com ganhos sociais ou simplesmente chamado de “DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”.

## **REFERÊNCIAS:**

- [2] Antonio Moliterno “**Escoramentos, Cimbramentos, Fôrmas Para Concreto e Travessias em Estruturas de Madeira**” – 1989.
- [5] Eloísa Mano “**Os Plásticos Reciclados como Materiais Alternativos Na Construção Civil**” - abril de 1997”.
- [1] IPT “**Lixo Municipal Manual de Gerenciamento Integrado**” – 2<sup>a</sup> edição 2000.
- [6] PINI “**Tabela de composição de preços para orçamentos 10**” - 1996.
- [3] Sarkis Melconian “**Resistência dos Materiais**”-8<sup>a</sup> edição 1997.
- [4] Timoshenko/Gere “**Mecânica dos Sólidos**” – 1994.

