



# Processamento do WPC

## Técnicas, Vantagens e Desvantagens

ENG. ESP. CLAUDIO R. PASSATORE, MSc.





✓ **Formação:**

- Mestre em Nanociências e Materiais Avançados - UFABC
- Especialista em Gestão em Serviços – Poli-USP Vanzolini
- Eng. Químico – Faculdades Oswaldo Cruz

✓ **Experiência Profissional:**

- M.H. Indústria de Máquinas e Equipamentos Especiais  
Gerente Comercial
- Faculdades Oswaldo Cruz  
Professor Coordenador do Curso de Eng. de Produção Química



**Fundada em 1961, a MH Equipamentos surgiu para atender à crescente industrialização da região, com a produção de equipamentos para mistura de vários materiais, com o objetivo de atender a necessidade dos Clientes, sempre provendo soluções adequadas e econômicas.**

# Processamento de Polímeros





## **Nos últimos 20 anos estão sendo desenvolvidos, na comunidade científica e na indústria:**

- Novos materiais poliméricos.
- Blendas poliméricas de polímeros diversos, sendo as vezes, materiais reciclados.
- Compósitos reforçados com fibras naturais e minerais em busca de melhores propriedades aos tradicionais *commodities*.



**Nos últimos 20 anos estão sendo desenvolvidos, na comunidade científica e na indústria:**

- Novos materiais poliméricos.
- Blendas poliméricas de polímeros diversos, sendo as vezes, materiais reciclados.
- Compósitos reforçados com fibras naturais e minerais em busca de melhores propriedades aos tradicionais *commodities*.



**Aplicações:**

**Áreas Aeronaval, Petroquímica, Automobilística,  
Construção Civil entre outros.**



**Blenda Polimérica** - mistura física de dois ou mais polímeros, sem reação química intencional entre os componentes.

A interação molecular entre as cadeias poliméricas é predominantemente do tipo secundária (intermolecular).

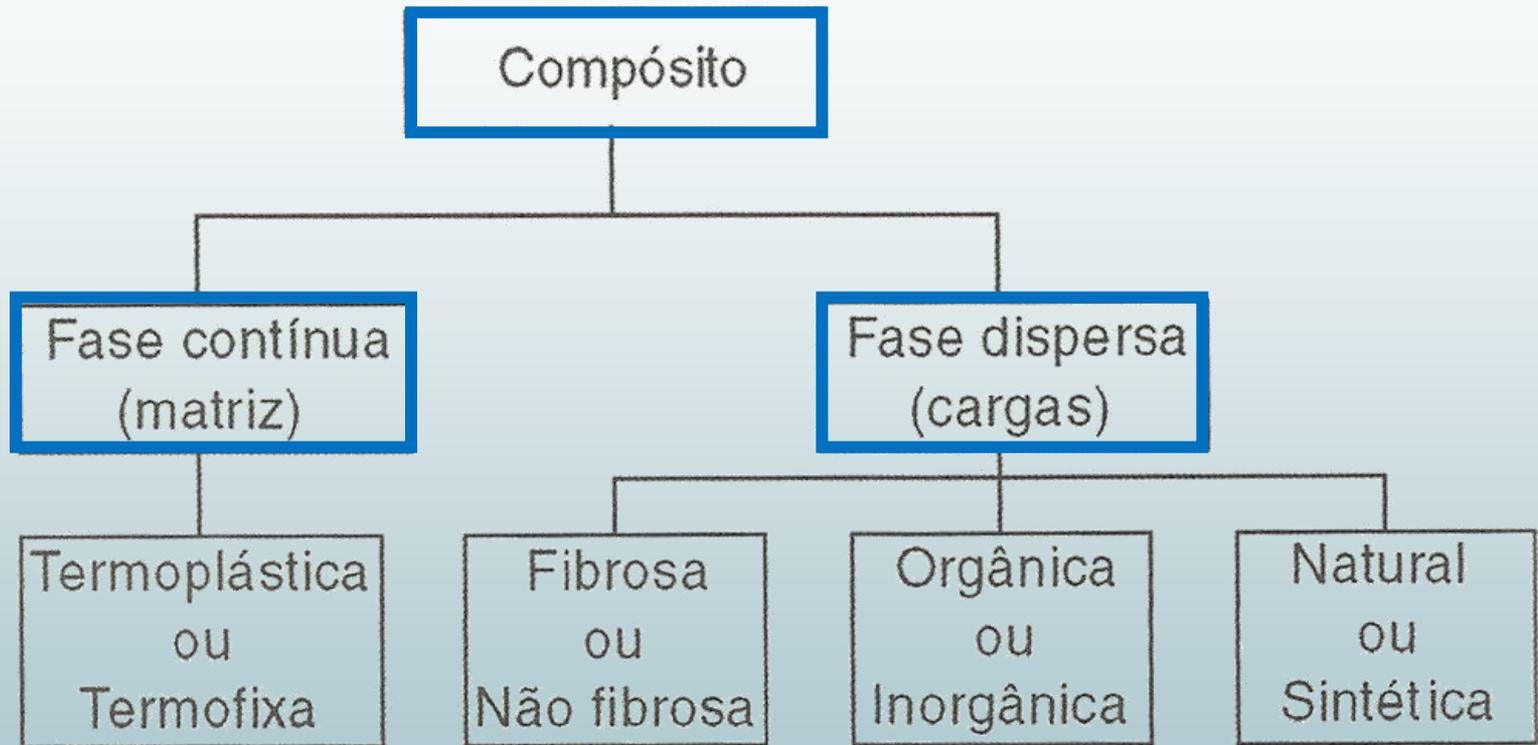
Uma blenda pode ser miscível ou imiscível, dependendo das características termodinâmicas de seus componentes, compatibilizada ou não, dependendo do interesse tecnológico.



**Compósitos** são multifásicos e podem ser constituídos por apenas duas fases, uma denominada **matriz**, a qual é contínua e envolve a outra fase, chamada de fase **dispersa ou carga**.

As propriedades obtidas, principalmente as de adesão na interface, são função das fases constituintes, de suas quantidades relativas e da geometria da fase dispersa, isto é, sua **forma, tamanho, distribuição e orientação dessas partículas**.

# ✓ WPC = Compósito





# ✓ Compósitos WPC

Vantagens	Desvantagens
Obtenção de materiais leves	A temperatura de processamento não deve exceder 200°C
Maciez e abrasividade reduzida	Baixa estabilidade dimensional
Recicláveis, não tóxicos e biodegradáveis	Elevada sensibilidade à intempéries
Baixo custo e abundantes na natureza	As características físico químicas das fibras variam muito e interferem nas propriedades dos compósitos



# ✓ Compósitos WPC

Vantagens	Desvantagens
Obtenção de materiais leves	A temperatura de processamento não deve exceder 200°C
Maciez e abrasividade reduzida	Baixa estabilidade dimensional
Recicláveis, não tóxicos e biodegradáveis	Elevada sensibilidade à intempéries
Baixo custo e abundantes na natureza	As características físico químicas das fibras variam muito e interferem nas propriedades dos compósitos

# ✓ Compósitos WPC



Vantagens	Desvantagens
Obtenção de materiais leves	A temperatura de processamento não deve exceder 200°C
Maciez e abrasividade reduzida	Baixa estabilidade dimensional
Recicláveis, não tóxicos e biodegradáveis	Elevada sensibilidade à intempéries
Baixo custo e abundantes na natureza	As características físico químicas das fibras variam muito e interferem nas propriedades dos compósitos

# Diversas técnicas de processamento



# ✓ Aplicações de compósitos WPC



# ✓ Técnicas de processamento



**Continuous Mixer**

**Extrusoras Mono Rosca**

**Calandra**

**Misturador Termocinético ou Drais**

**Misturadores Verticais**

**Dupla Rosca Co-Rotante**

**Compressão**

- ✓ Parâmetros que interferem na escolha da Técnica de Processamento **mais adequada:**



## Matriz Polimérica

- Fusibilidade: Termoplástico ou Termofixo
- Granulometria: Pó ou Grão ou Flake



✓ Parâmetros que interferem na escolha da Técnica de Processamento **mais adequada**:

## Fibra

- Teor de Umidade: Variável de Região para Região
- Composição Físico Química: Teor de Celulose e Lignina
- Tamanho Inicial: Fibra Curta ou Longa
- Tamanho Final Desejado: Fibra Curta ou Longa (Compósito)



- ✓ Parâmetros que interferem na escolha da Técnica de Processamento **mais adequada:**

## Compósito Obtido

- Teor de fibra que deseja no seu produto final
- Formato final: Perfil ou Grão
- Tamanho Final Desejado da Fibra: Fibra Curta ou Longa (Compósito)
- Aplicação Final: Propriedades Finais



## ✓ Variáveis:

**Escolha da  
fibra**

**Aplicação  
Compósito**

**Ambiente**

**Produção  
mês**

**Propriedades  
desejadas**

**Características  
da fibra**

**Escolha  
matriz**

**Equipamento  
a utilizar**



## ✓ Variáveis:

Escolha da  
fibra

Aplicação  
Compósito

Ambiente

Produção  
mês

**Investimento**

Propriedades  
desejadas

Características  
da fibra

Escolha  
matriz

Equipamento  
a utilizar



✓ É Possível Processar WPC?



✓ É Possível Processar WPC?

✓ Sim



# ✓ Técnicas de processamento

**Extrusoras  
Mono Rosca**



**Dupla Rosca**



**Misturador Termocinético  
Ou Drais**



**“Mais tradicionais para WPC”**

Fotos meramente ilustrativas



# ✓ Técnicas de processamento



<b>Extrusoras Mono Rosca</b>	
<b>Vantagem</b>	<b>Desvantagem</b>
Baixo custo de aquisição	Incorporação de baixos teores abaixo de 20% para compósitos
Baixo custo de manutenção	Necessidade de secagem da fibra
Várias granulometrias na matriz polimérica	Compósitos com pouca compatibilidade
Vários comprimentos de fibras	Baixas propriedades mecânicas do compósito
Pode ser usada para etapas de transformação final: perfil, flat die, etc.	
Diversas capacidades de produção hora	
Não necessita pré tratamento das fibras	



# ✓ Técnicas de processamento



<b>Dupla Rosca</b>	
<b>Vantagem</b>	<b>Desvantagem</b>
Pode tanto preparar compósitos em grão ou gerar formas finais	Recomendável pré tratamento das fibras
Diversas capacidades de produção hora	Não opera bem com material em forma de flake (atenção a granulometria da matriz polimérica)
Incorporação de teores até 40% para compósitos	Necessidade de secagem da fibra
Incorporação de teores até 70% para perfis (atenção a configuração)	Alto custo de aquisição
Boas propriedades mecânicas no compósito	Alto custo de manutenção
	Granulometrias controladas na matriz: grão e pó somente
	Comprimentos de fibras limitados: pó e curto



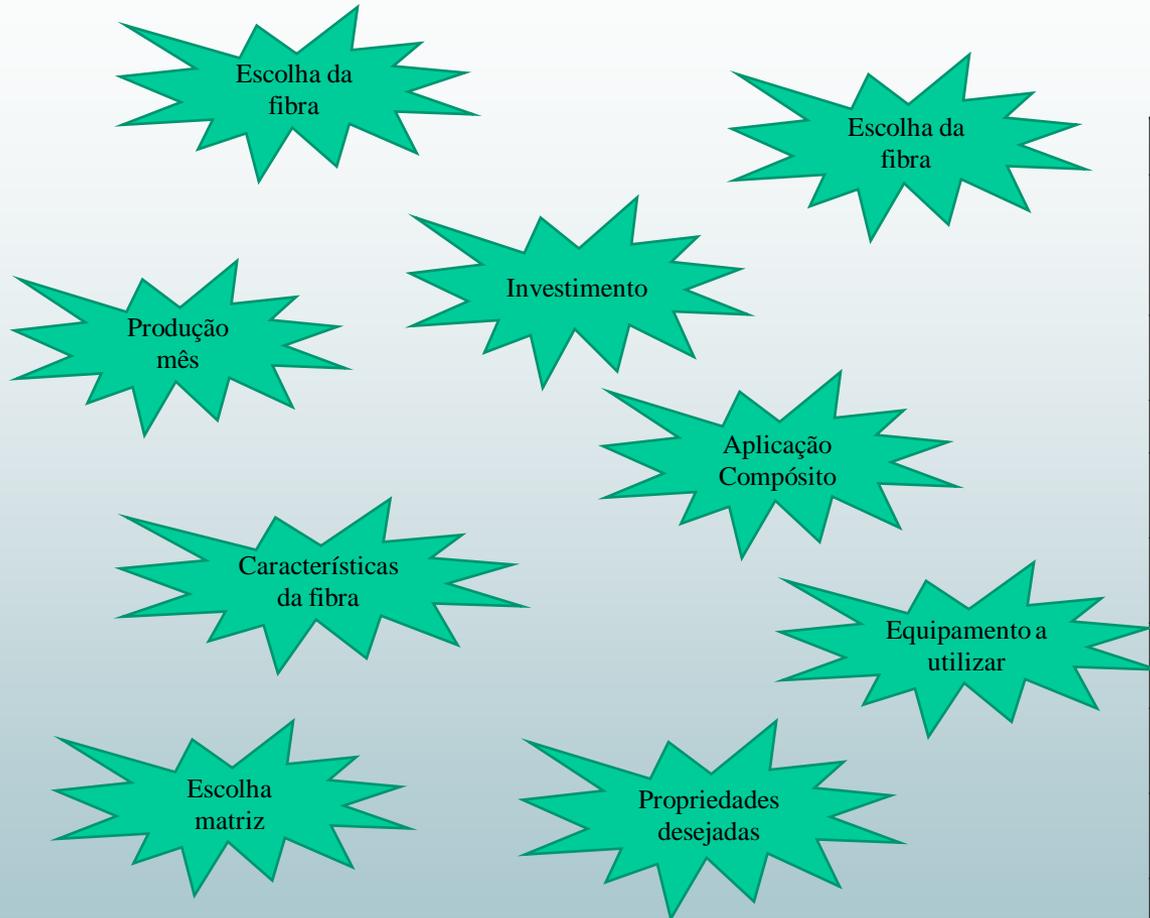
# ✓ Técnicas de processamento



<b>Misturador Termocinético ou Drais</b>	
<b>Vantagem</b>	<b>Desvantagem</b>
Baixo custo de manutenção	Alto custo de aquisição
Várias granulometrias na matriz polimérica	Opera com diferentes unidades integradas
Vários comprimentos de fibras	Opera por batelada
Pode ser usada para etapas de transformação final: perfil, flat die	Limitação quanto a produção hora 150 ou 450 kg/h
Incorporação de teores até 60% para compósitos	
Incorporação de teores até 70% para perfis	
Não necessita de pré secagem das fibras	
Não necessita pré tratamento das fibras	
Boas propriedades mecânicas no compósito	



# ✓ Misturador Termocinético



Vantagem
Baixo custo de manutenção
Várias granulometrias na matriz polimérica
Vários comprimentos de fibras
Pode ser usada para etapas de transformação final: perfil, flat die
Incorporação de teores até 60% para compósitos
Incorporação de teores até 70% para perfis
Não necessita de pré secagem das fibras
Não necessita pré tratamento das fibras
Boas propriedades mecânicas no compósito



## Exemplo: Compósitos WPC em Misturador Termocinético





✓ Importante Definir

## Compósito Obtido

- Fornecedor da Fibra e suas Propriedades Físico Química (Celulose, Lignina, Umidade, Forma e Comprimento)
- Qual matriz utilizar (geralmente PP ou PE) e a aplicação (definição do grade)
- Necessidade de Produção Hora





# ✓ Aditivação do WPC



## *Additives for WPC*



- Pigments → PV Fast®
- Flame retardants → Exolit®
- Lubricants → Licocene®, Licolub®
- Coupling Agents → Licocene®,
- Light Stabilizers → Hostavin®\*
- Antioxidants → Hostanox®\*
- Blowing agents → Hydrocerol® (Div. Masterbatch)
- Biocides → Sanitized®

**Outras marcas aditivos:**  
**Parabor e Eastman**



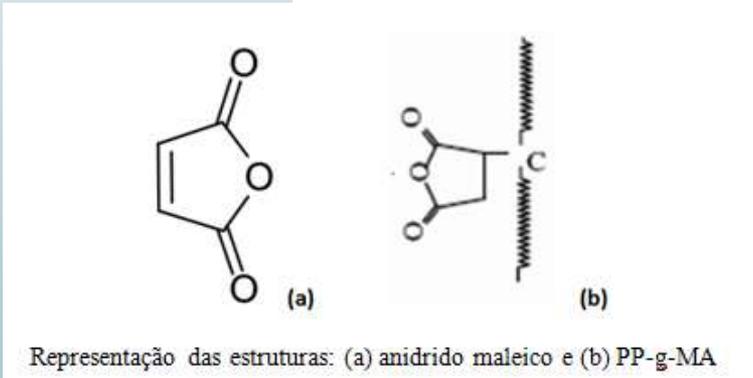
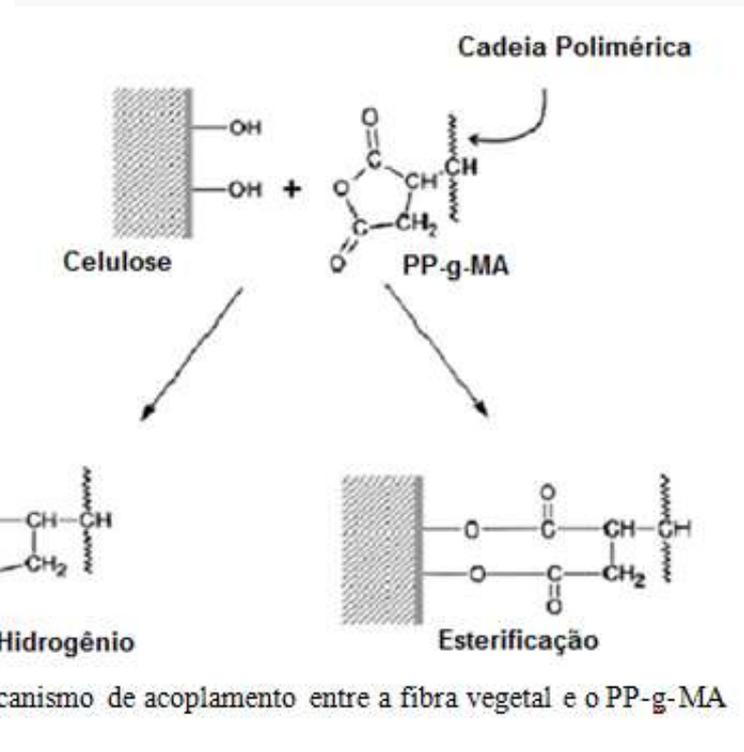
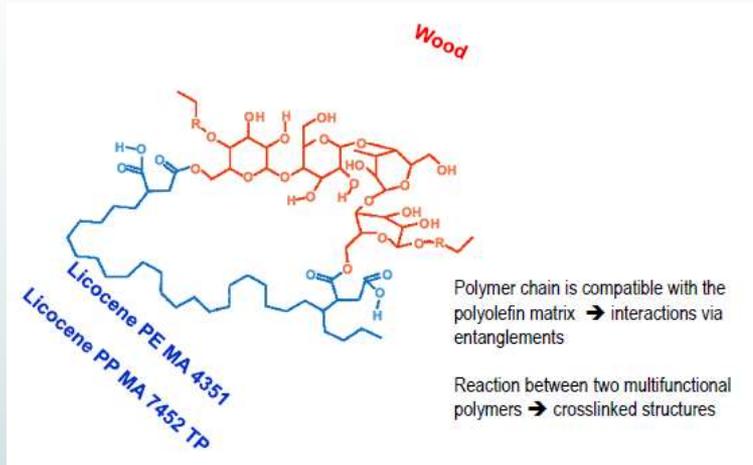
# ✓ Aditivação do WPC (básica)

- Recomendação de formulação:
  - 0,2 a 0,5% de estearato de cálcio
  - 0,10 a 0,15% de antioxidante térmico
  - 2 a 4% de lubrificante
  - 3 a 7% de compatibilizante





# ✓ Compatibilização - WPC



## Fibra *in natura*



## Moagem das fibras



## Pesagem das formulações



**Fibra *in natura***



**Moagem das fibras**



**Pesagem das formulações**



**Processamento dos compósitos**

**Remoção da umidade durante o processamento**



**Alimentação direta de todos os componentes**



Fibra *in natura*



Moagem das fibras



Pesagem das formulações



Moagem



Processamento dos compósitos



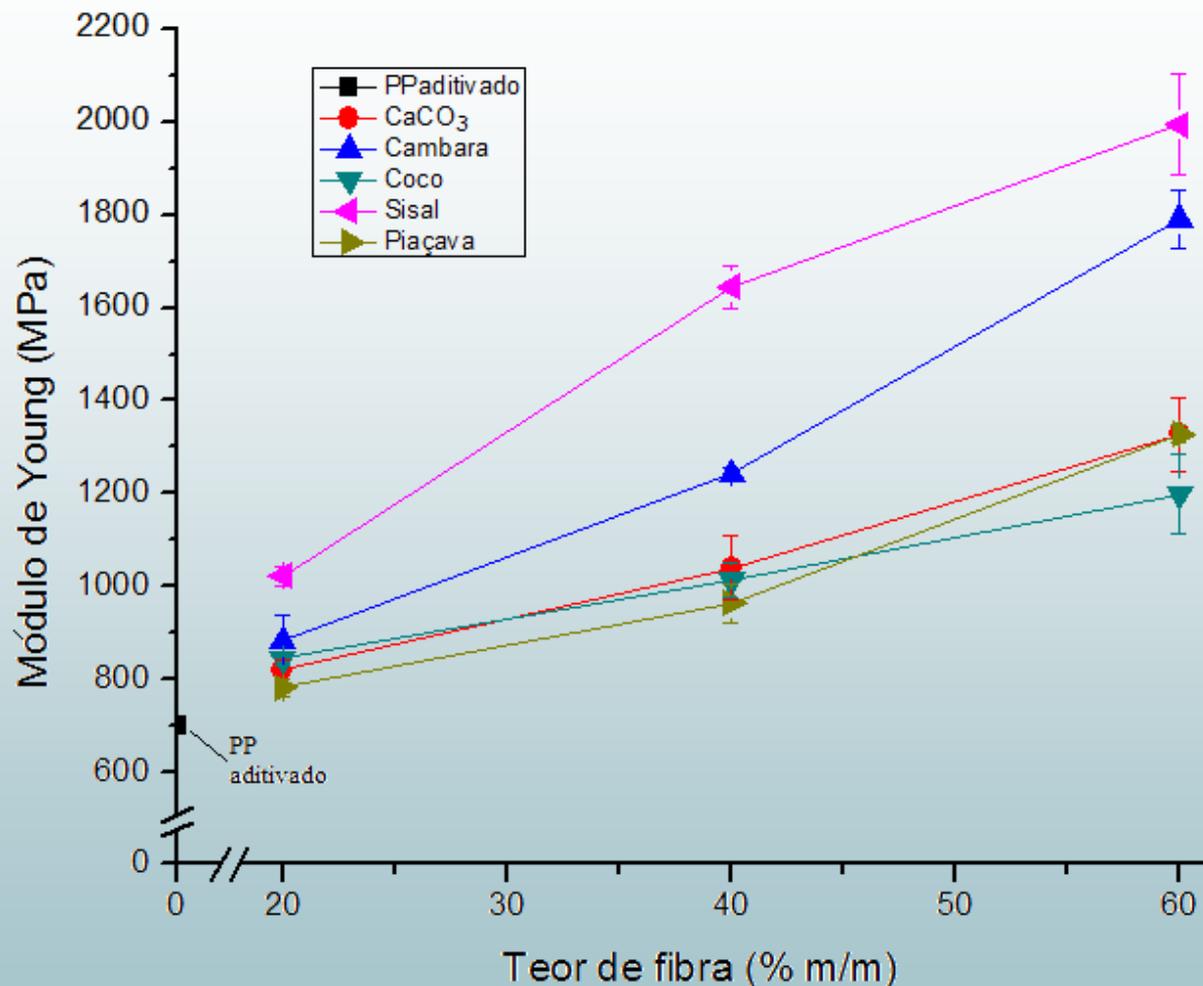
Transformação

ou

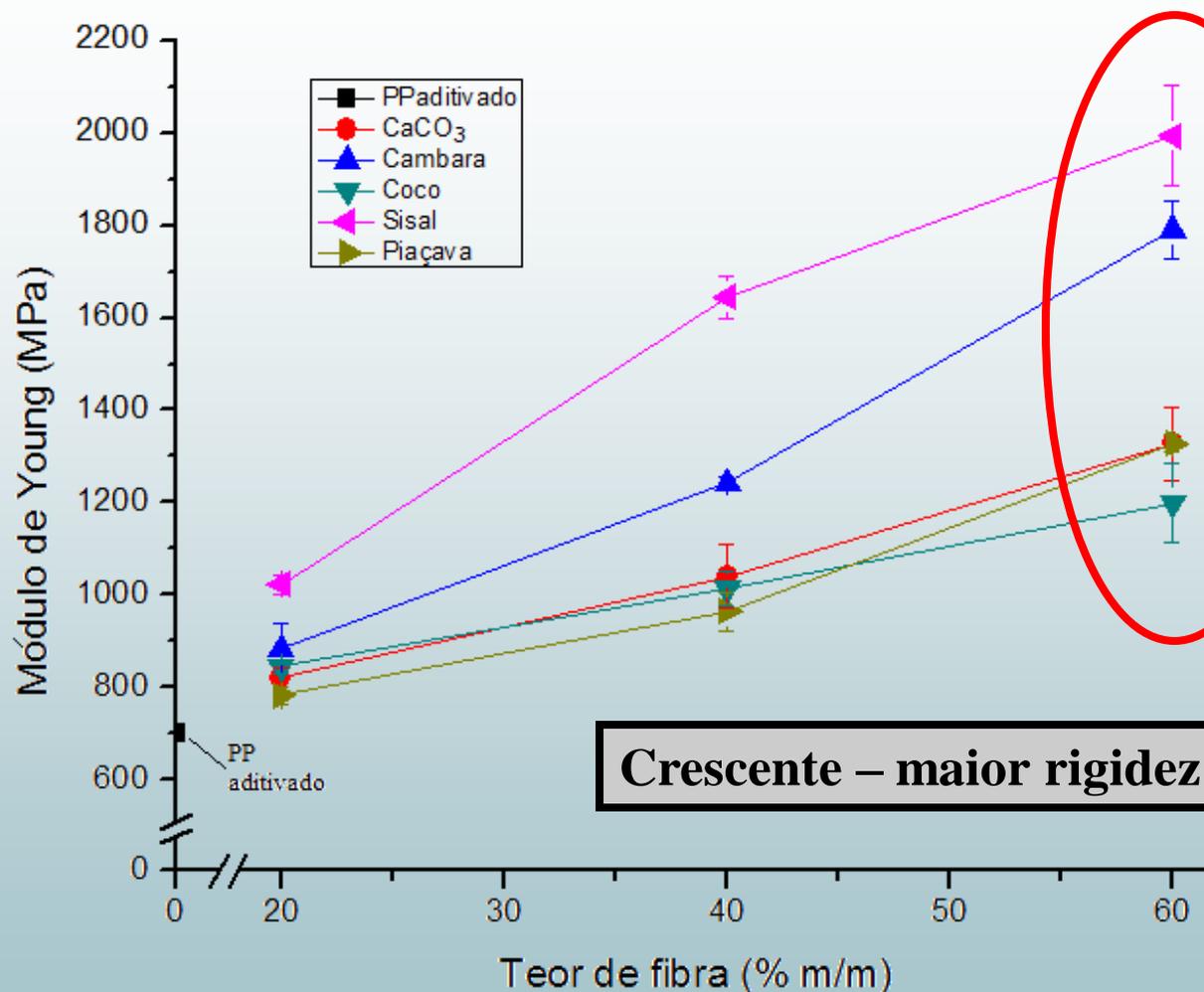


# ✓ Ensaaios Mecânicos: Módulo de Young

# ✓ Ensaios Mecânicos: Módulo de Young



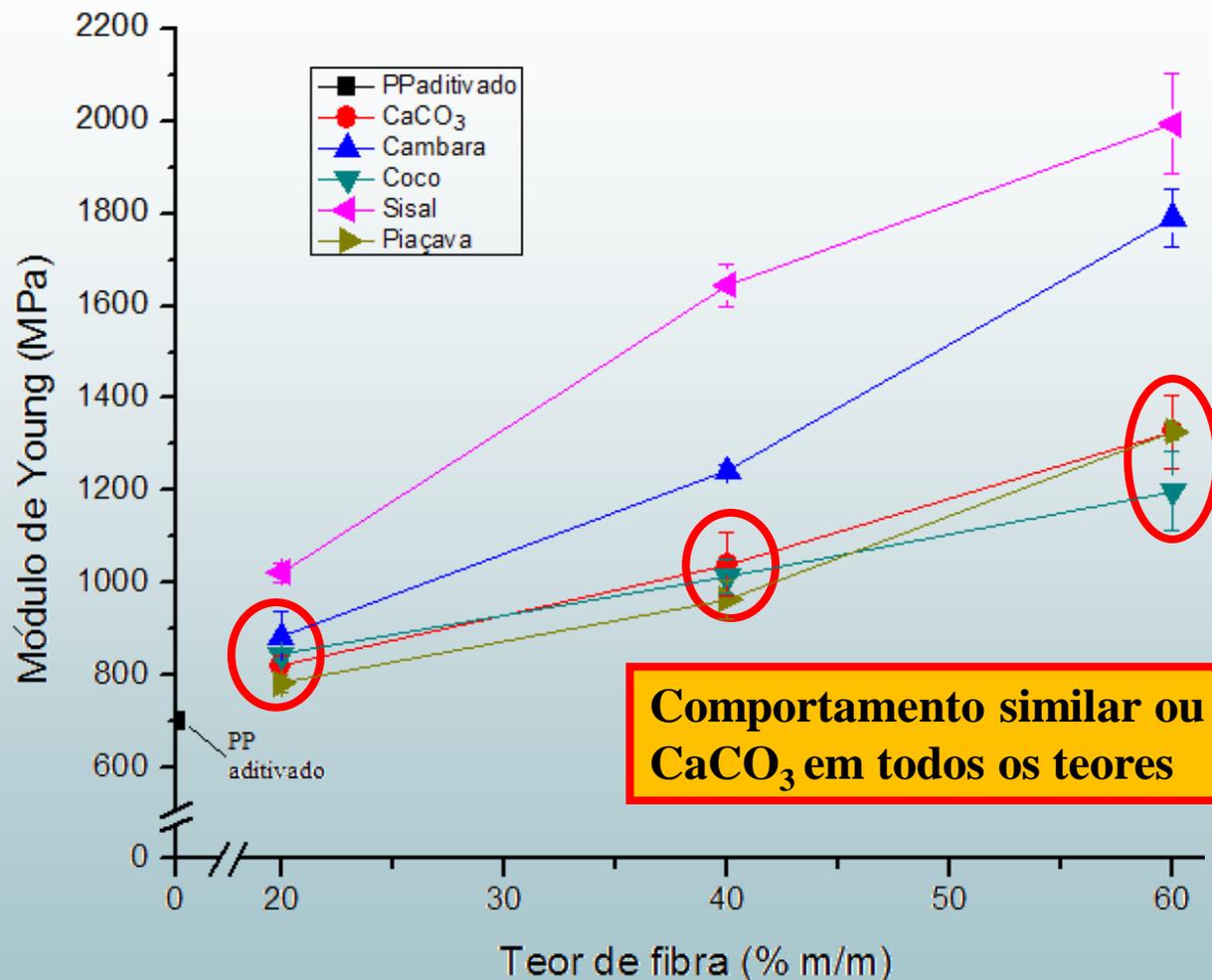
# ✓ Ensaios Mecânicos: Módulo de Young



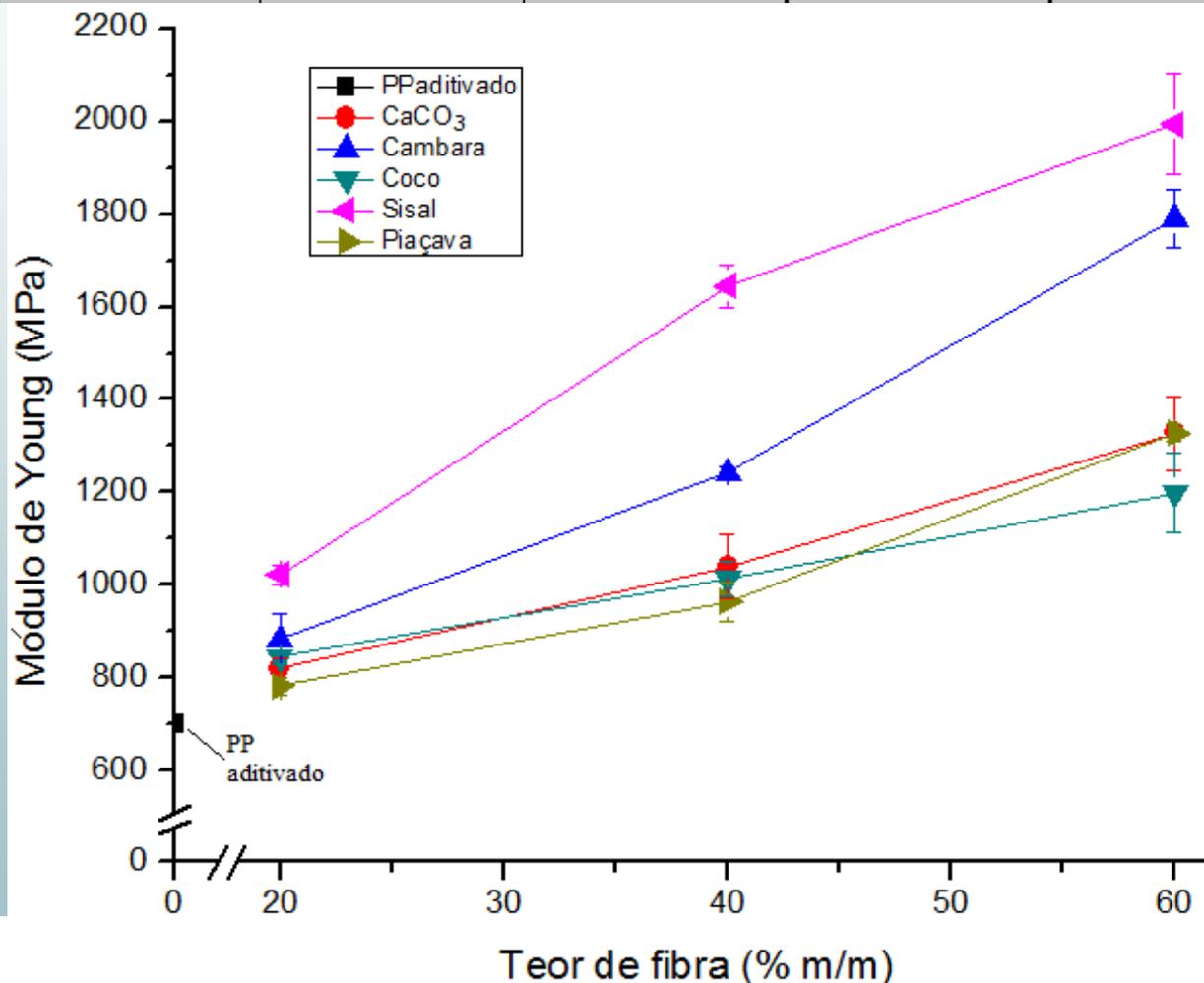
**Altos teores**

**Crescente – maior rigidez**

# ✓ Ensaios Mecânicos: Módulo de Young

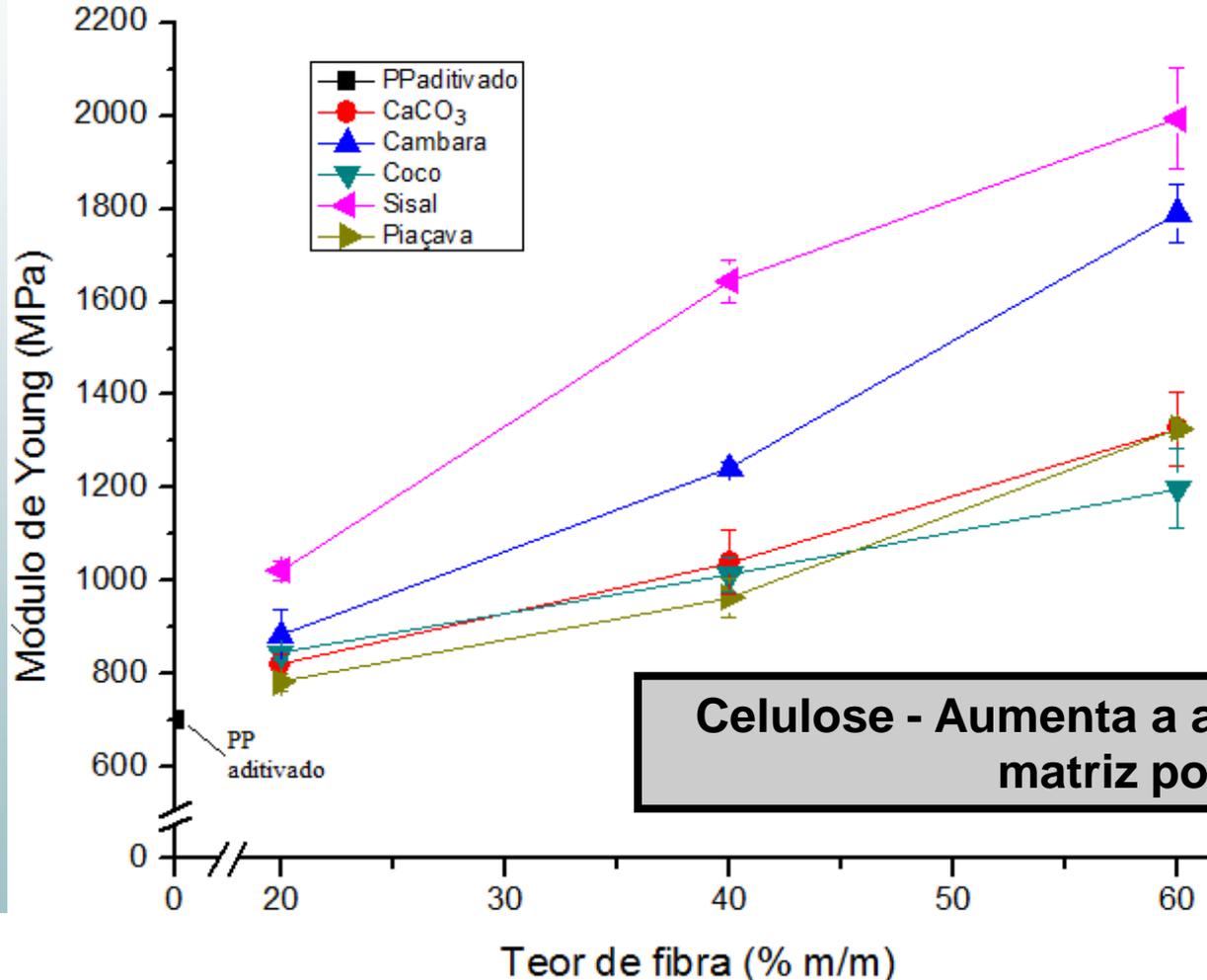


Amostra	Número de onda (cm <sup>-1</sup> )	Grupo funcional	Descrição	Área (uA)
Fibra Sisal	897	Anéis Glicose	Celulose	25,90
Fibra Cambara	897	Anéis Glicose	Celulose	25,33
Fibra Piaçava	897	Anéis Glicose	Celulose	21,18
Fibra Coco	897	Anéis Glicose	Celulose	16,92



Amostra	Número de onda (cm <sup>-1</sup> )	Grupo funcional	Descrição	Área (uA)
Sisal	897	Anéis Glicose	Celulose	25,90
Cambara	897	Anéis Glicose	Celulose	25,33
Piaçava	897	Anéis Glicose	Celulose	21,18
Coco	897	Anéis Glicose	Celulose	16,92

Ordem Crescente



Sisal

Cambara

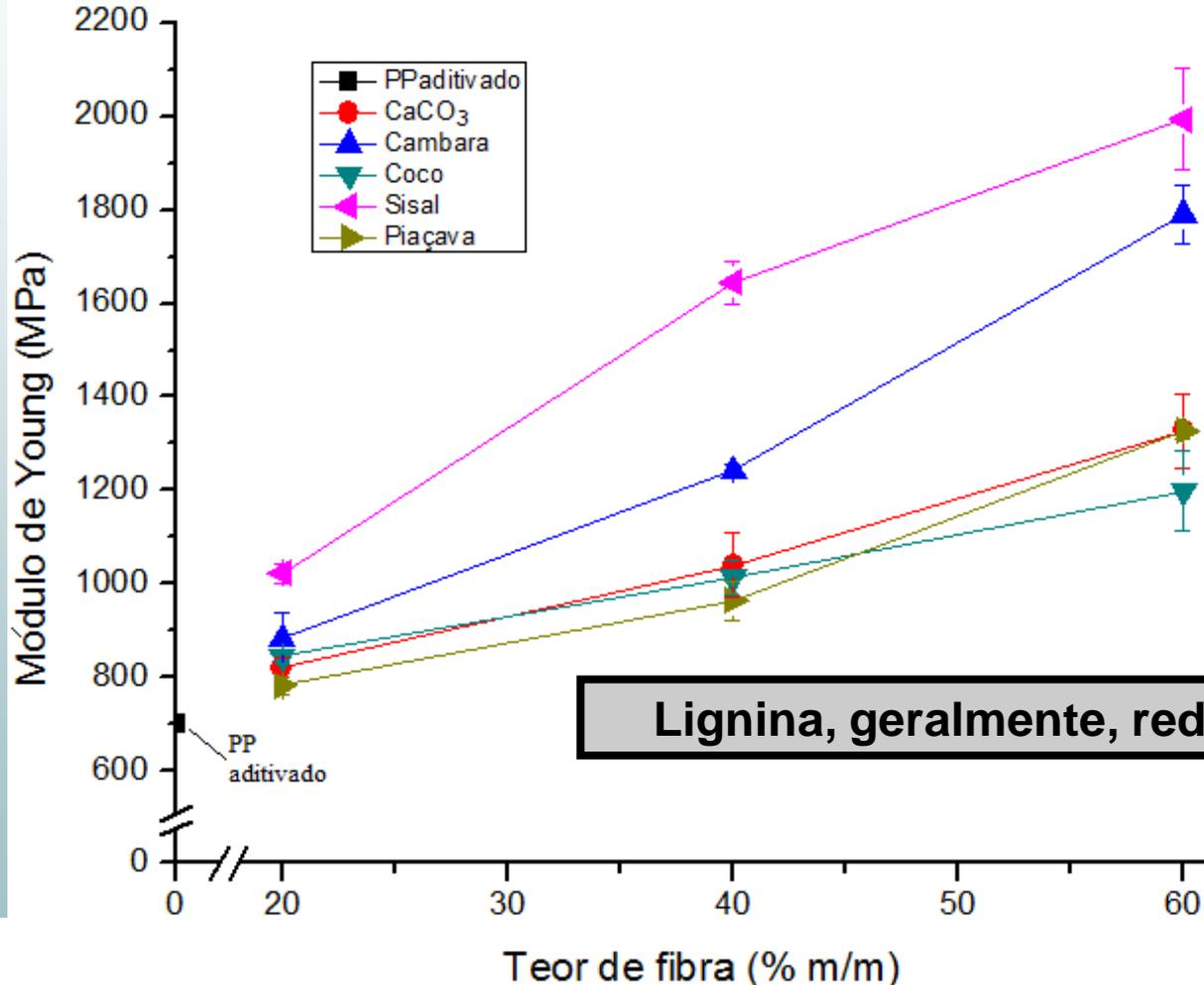
Piaçava

Coco

Celulose - Aumenta a adesão da fibra com a matriz polimérica

Amostra	Número de onda (cm <sup>-1</sup> )	Grupo funcional	Descrição	Área (uA)
Piaçava	1270	C-O	Lignina	232,00
Coco	1270	C-O	Lignina	126,24
Cambara	1270	C-O	Lignina	97,86
Sisal	1270	C-O	Lignina	48,97

← Ordem Decrescente



Sisal

Cambara

Piaçava

Coco

←

Lignina, geralmente, reduz a adesão na interface

# Homogeneizador Misturador Termocinético – “Drais”





## ✓ Homogeneizadores de Laboratório e Produção

- Mais rápido método para preparação de masterbatch, compósitos, blendas e WPC.
- Total repetibilidade do processo entre laboratório e produção.
- Ideal para atender a demandas de pequenos e médios lotes de produção.





**Consiste num misturador horizontal, sem fonte de aquecimento, com sistema de refrigeração e câmara cilíndrica de mistura e eixo com pás estacionárias de alta rotação (acima de 5000 rpm).**



**Câmara de Mistura  
Homogeneizador  
de Laboratório  
50 mL.**

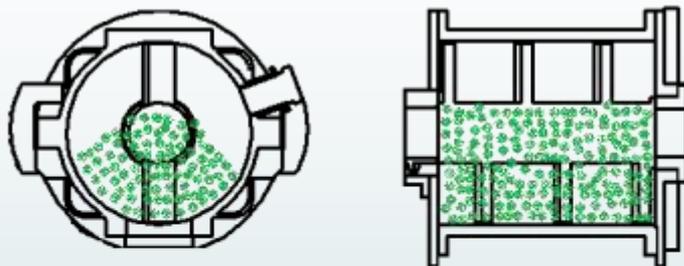


- **Processa materiais com diferentes tamanhos e formas (flakes, reciclados, grãos, serragem, peletes, pós, líquidos, etc.).**
- **Preciso sistema de controle da temperatura de processamento (Infra vermelho).**
- **Remoção da umidade durante o processamento.**
- **Alto controle do tempo de residência do material (previne a degradação térmica).**
- **Ideal para incorporação de altas concentrações de cargas (70% m/m).**

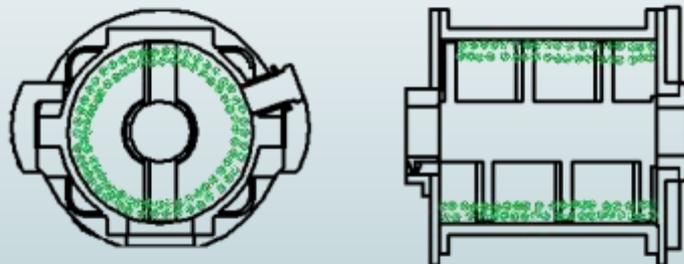




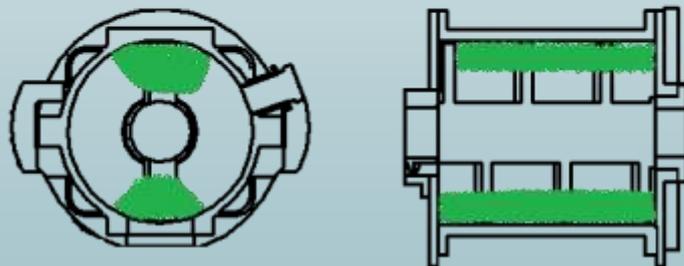
## ✓ Etapas do processamento:



**Moagem das partículas**  
Choque entre os materiais, as pás do eixo e a camisa de mistura



**Nuvem de partículas micrométricas ou até nanométricas (aglomeração)**  
Alta “turbulência” e choque das partículas



**Plastificação ou fusão**



## ✓ Outras Vantagens:

➤ Ótima Dispersão da Mistura (ideal para masterbatch, compósitos e blendas).

➤ Pode operar individualmente ou integrado a outros equipamentos, tais como: **Dosadores, Extrusoras, Prensas e Calandras.**

### ➤ Econômica:

- ✓ Eletricamente: Não requer fonte externa de calor.
- ✓ Manutenção: Baixo custo de manutenção.
- ✓ Set up: Rápido e com pouco gasto de material de limpeza.

➤ Processamento rápido: entre 20 e 90s (em média 60s).





# Modelos Homogeneizadores



**Homogeneizador de  
Laboratório  
50, 100 mL.**



**Pequenos Lotes  
(MH-1000)  
1 Litro**



**Produção  
(MH-5000)  
5 Litros**



**Norma NR12**

**Laboratório:  
MH-50h e MH-100**

- **Mais rápido método para preparação de amostras e desenvolvimento de formulações (50 a 150 gramas).**
- **Pouco gasto de matérias primas (resinas e aditivos).**
- **Diversos acessórios de controle (ideais para desenvolvimento de compósitos e blendas):**
  - **Variação da velocidade.**
  - **Sistema de controle da temperatura de massa.**
  - **Sistema de exaustão de voláteis da amostra.**
- **Capacidade por carga: 50 e 100 mL.**



**Norma NR12**

**Pequenos lotes:  
MH-1000**

- Ideal para desenvolvimento de amostras ou pequenos lotes entre 2 e 25 kg.
- Total repetibilidade do processo entre laboratório e produção.
- Possui todos os acessórios já mencionados.
- Rápido setup, com possibilidade de troca do eixo ou rápida modificação do sistema de pás do eixo.
- Capacidade por carga: 1 Litro.



**Norma NR12**

**Produção: MH-5000**

- Equipamento de produção (150 a 200 kg/h).
- Pode operar individualmente ou integrado a outros equipamentos, tais como: Extrusoras, Prensas e Calandras.
- Possui todos os acessórios já mencionados.
- Capacidade por carga: 5 Litros

# ✓ Bibliografia

Passatore C. R., Leão A. L., Carvalho C. L. e Rosa D. S.\*. **Compósitos de polipropileno com reforço de fibras vegetais tipo cambará, coco, sisal e piaçava.** Dissertação Universidade Federal do ABC, São Paulo, Brasil, 2014.

Passatore C. R., Leão A. L., Carvalho C. L. e Rosa D. S.\*. **Estabilidade térmica de compósitos de polipropileno com fibras de cambará, coco, sisal e piaçava.** 12º Congresso Brasileiro de Polímeros 2013 (CBPol), Florianópolis, SC, Brasil, 2013.

Passatore, C. R.; Leão, A. L. and Rosa, D. S.\*. **Evaluation of polypropylene composites containing different levels of sisal and cambara wood fiber.** 12th International Conference on Frontiers of Polymers and Advanced Materials (ICFPAM), Auckland, New Zealand, 2013.

Passatore, C. R. e Rosa, D. S.\*. **Obtenção de compósitos poliméricos com altos teores de fibras de madeira cambará (in natura – sem tratamento das fibras).** VII Feira e Congresso Plastshow 2014, São Paulo, SP, Brasil, 2014.

Passatore, C. R.; Leão, A. L. and Rosa, D. S.\*. **Evaluation of polypropylene composites containing different levels of sisal and cambara wood fiber.** Molecular Crystals and Liquid Crystals, 2014.



**ENG. ESP. CLAUDIO R. PASSATORE, MSc.**

**11-2086-4202**

**claudiopassatore@mh.ind.br**



# Conheça nossa linha completa para mistura!

## Entre em contato conosco!

[www.mh.ind.br](http://www.mh.ind.br)

