



Preparación de Composición de polímeros con alto niveles de fibras naturales (WPC): uso de termocinético mixer (K-mixer)

ING. ESP. CLAUDIO R. PASSATORE, MSc.





✓ **Formación:**

- Mestre en Nanociências y Materiales Avanzados
- Especialista en Gestión de Servicios
- Ing. Químico

✓ **Experiencia Profesional:**

- M.H. Indústria de Máquinas e Equipamentos Especiais
Gerente Comercial
- Faculdades Oswaldo Cruz
Profesor Coordinador del Curso de Ing. de Producción Química



Establecida en 1961, la MH Equipamentos Especiais surgió para atender la creciente industrialización de la región, con la producción de equipos para la mezcla de varios materiales, con el fin de satisfacer las necesidades de los clientes, ofreciendo siempre soluciones adecuadas y económicas.

Procesamiento de Polímeros





En los últimos 20 años están desarrollando, la comunidad científica y en la industria:

- Nuevos materiales poliméricos.
- Mezclas de varios polímeros, y materiales a veces reciclados.
- Materiales compuestos reforzados con fibras naturales y minerales para obtener mejores propiedades a los tradicionales *commodities*.



En los últimos 20 años están desarrollando, la comunidad científica y en la industria:

- Nuevos materiales poliméricos.
- Mezclas de varios polímeros, y materiales a veces reciclados.
- Materiales compuestos reforzados con fibras naturales y minerales para obtener mejores propiedades a los tradicionales *commodities*.



Aplicaciones:

**El área militar, Petroquímica, Automotriz,
Construcción y otros.**



Mezcla de polímeros - mezcla física de dos o más polímeros sin reacción química intencional entre los componentes.

La interacción molecular entre las cadenas de polímero es predominantemente de tipo secundario (intermolecular).

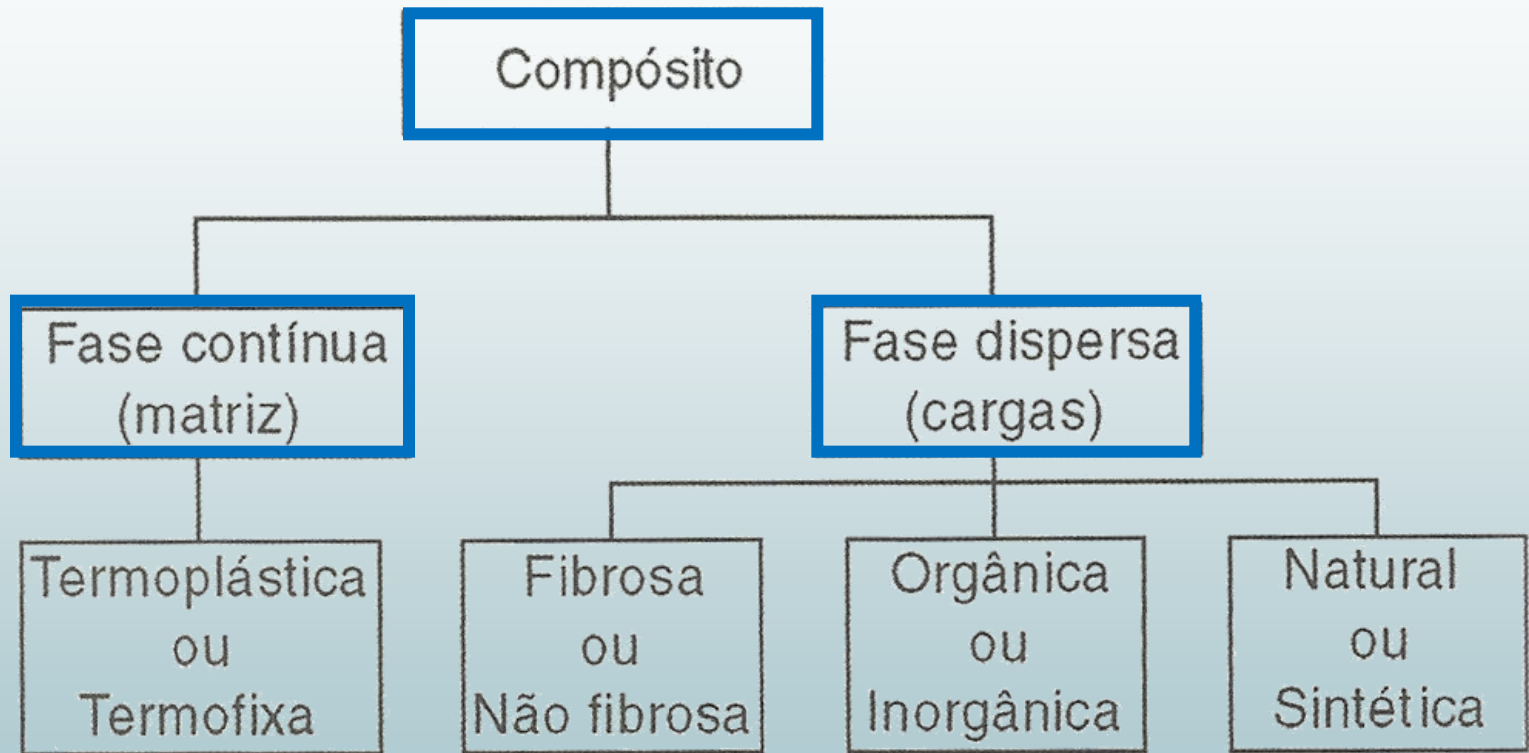
Una mezcla puede ser **miscible o inmiscible** en función de las características termodinámicas de sus componentes, compatibilizada o no, dependiendo del interés tecnológico.



Los compuestos son multifásicos y pueden consistir en sólo dos fases, una llamada **matriz**, que es continua y rodea a la otra fase, la fase **dispersa o carga**.

Las propiedades obtenidas, en especial de adhesión en la interfaz son una función de las fases constituyentes, de sus cantidades relativas y la geometría de la fase dispersa, esto es, su **forma, tamaño, distribución y orientación de estas partículas**.

✓ WPC = Compuesto



✓ Compuestos WPC (Tradicionalmente)



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

✓ Compuestos WPC (Tradicionalmente)



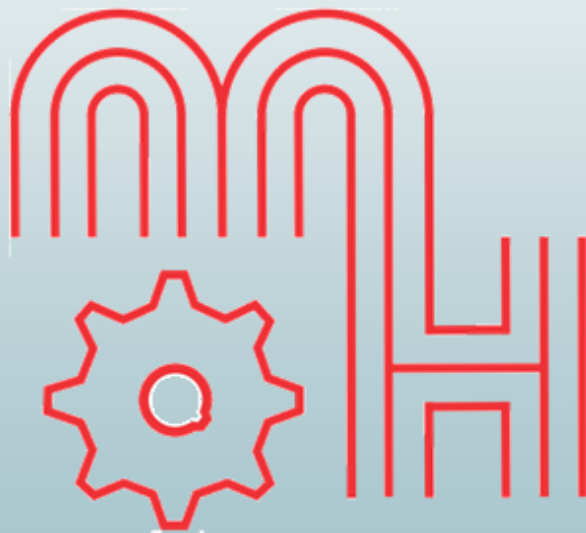
Vantagens	Desvantagens
Obtenção de materiais leves	A temperatura de processamento não deve exceder 200°C
Maciez e abrasividade reduzida	Baixa estabilidade dimensional
Recicláveis, não tóxicos e biodegradáveis	Elevada sensibilidade à intempéries
Baixo custo e abundantes na natureza	As características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

✓ Compuestos WPC (Tradicionalmente)

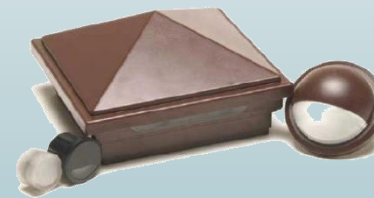


Vantagens	Desvantagens
Obtenção de materiais leves	A temperatura de processamento não deve exceder 200°C
Maciez e abrasividade reduzida	Baixa estabilidade dimensional
Recicláveis, não tóxicos e biodegradáveis	Elevada sensibilidade à intempéries
Baixo custo e abundantes na natureza	As características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

Varias técnicas de procesamiento



✓ Aplicaciones de compuestos WPC



✓ Técnicas de procesamiento



Continuous Mixer

Doble Rosca Co-Rotante o Contra Rotante

Mezcladores Verticales

Extrusoras Mono Rosca

Compresión

Calandra

Termocinético mixer (K-mixer)



Fotos meramente ilustrativas

✓ Técnicas de procesamiento



Termocinético mixer (K-mixer)



Homogeneizador MH-5000

Fotos meramente ilustrativas



✓ Los parámetros que influyen en la elección de la Técnica de Procesamiento **más adecuada**:

Matriz Polimérica

- Fusibilidad: termoplástico o termofijos.
- Granulometría: polvo, grano o en flake.

✓ Los parámetros que influyen en la elección de la Técnica de Procesamiento **más adecuada**:



Fibra

- Contenido de **humedad**: Puede variar de una región para otra.
- Composición Físico Química: El contenido de **celulosa** y **lignina**.
- Tamaño Inicial: **Fibra corto o largo**.
- Tamaño Final Deseado: Fibra corto o largo (compuesto).

✓ Los parámetros que influyen en la elección de la Técnica de Procesamiento **más adecuada**:



Compuesto Obtenido

- El contenido en fibra que desea en su producto final.
- Formato final: **Perfil o grano**.
- Tamaño final deseado de la fibra: La fibra corta o larga (Compuesto).
- Aplicación Final: **Propiedades finales**.



✓ Variables:

Elección de la fibra

Aplicación Compuesto

Origen de la fibra

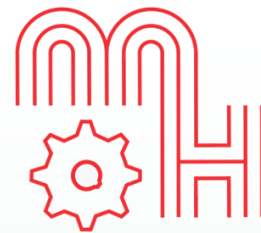
Producción mes

Propiedades deseadas

Características de la fibra

Elección matriz

Equipo a utilizar



✓ Variables:





✓ Se Puede Procesar WPC?



✓ Se Puede Procesar WPC?

✓ Sí



✓ Técnicas de procesamiento

**Extrusoras
Mono Rosca**



Doble Rosca



**Mezcladora Termocinético
o Drais**



“Más tradicionales para WPC”

Fotos meramente ilustrativas



✓ Técnicas de procesamiento



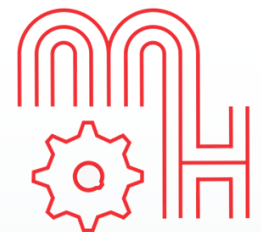
Extrusoras Mono Rosca	
Ventaja	Desventaja
Bajo costo de adquisición	Incorporación de bajos niveles por debajo de 20% para materiales compuestos
Bajo costo de mantenimiento	Necesidad de secado de fibra
Diversas granulometrías en la matriz de polímero	Compuestos con poca compatibilidad
Varias longitudes de fibras	Bajas propiedades mecánicas del compuesto
Puede ser usada para las etapas finales transformación: perfil, flat die, etc.	
Diversas capacidades de producción hora	
No necesita pretratamiento de las fibras	



✓ Técnicas de procesamiento



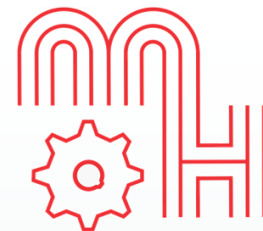
Dupla Rosca	
Ventaja	Desventaja
Puede preparar compuestos en grano o gerar formas finales	Recomendable pretratamiento de las fibras
Diversas capacidades de producción hora	No opera bien con material en forma de flake (atención a la granulometría de la matriz polimérica)
Incorporación de teores de hasta 40% para compuestos (grano)	Necesidad de secado de la fibra
Incorporación de teores de hasta 70% para perfis (atención a la configuración)	Alto costo de adquisición
Buenas propiedades mecánicas en el compuesto	Alto costo de mantenimiento
	Longitudes de fibras limitadas: en polvo y corto



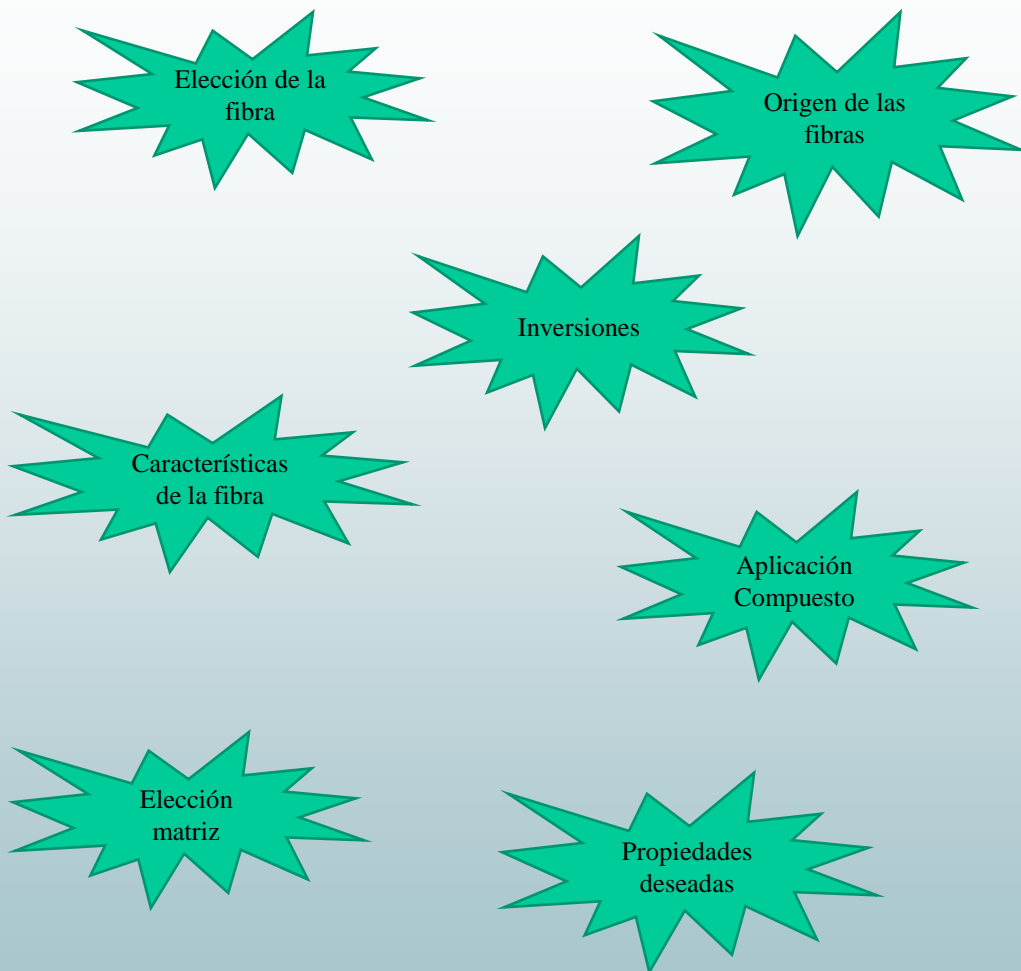
✓ Técnicas de procesamiento



Mezcladora Termocinético ou Drais	
Ventaja	Desventaja
Bajo costo de mantenimiento	Alto costo de adquisición
Diversas granulometrías en la matriz polimérica	Funciona con diferentes unidades integradas
Vários comprimentos de fibras	Operación por lotes
Puede ser utilizada para las etapas de transformación final: perfil, flat die	Limitación en el tiempo de producción de 150 o 450 kg / h
Incorporación de teores de hasta 60% para compósitos	
Incorporación de teores de hasta 70% para perfiles	
No necessitas de pré secado de las fibras	
No necesita pretratamiento das fibras	
Buenas propiedades mecánicas en los compuestos	



✓ Mezcladora Termocinético



Ventaja
Bajo costo de mantenimiento
Diversas granulometrías en la matriz polimérica
Diversos longitud de las fibras
Puede ser utilizado para las etapas de transformación final: perfil, flat die
Incorporación de teores de hasta 60% para compósitos
Incorporación de teores de hasta 70% para perfiles
No necesitas de pré secado de las fibras
No necesita de pretratamiento de las fibras
Buenas propiedades mecánicas em los compuestos



Ejemplo: Mezclas de WPC en Mezcladora Termocinético K-Mixer





✓ Importante Definir

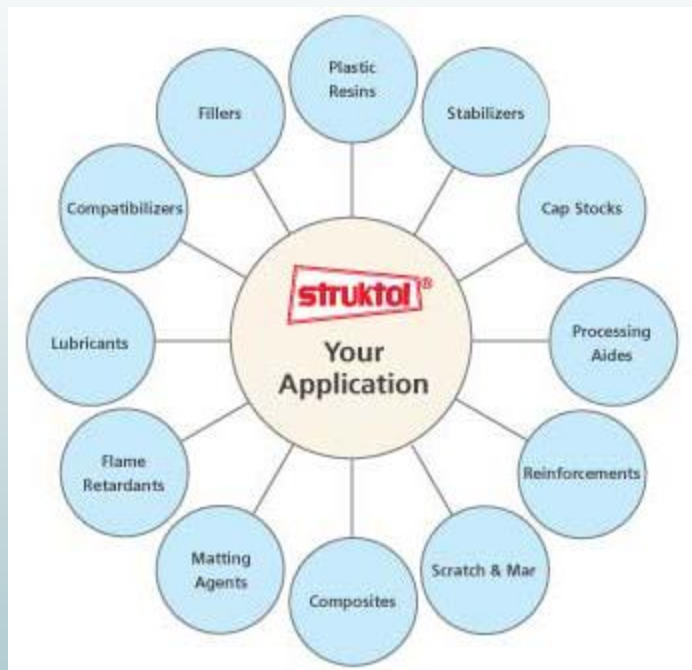
Compuesto Obtenido

- Proveedor de fibra y sus propiedades Físico químicas (celulosa, lignina, humedad, forma y la longitud).
- Cual matriz se utiliza (generalmente PP o PE) y la aplicación (forma final).
- Necesidad de Producción Hora.
- Aplicación.





✓ Aditivos del WPC



RECOMENDACIONES PARA SU APLICACIÓN

STRUKTOL® TPW 113 es un lubricante funcional indicado para proveer una alta humectación de las cargas y excelentes características de dispersión en una amplia variedad de sistemas poliméricos. Este producto ha sido diseñado para mejoras significativas del procesamiento y la velocidad de producción para compuestos cargados.

STRUKTOL® TPW 113 se recomienda para compuestos de Madera Plástica en base a poliolefinas para los que se requiera mejor procesabilidad y mayor velocidad de producción.

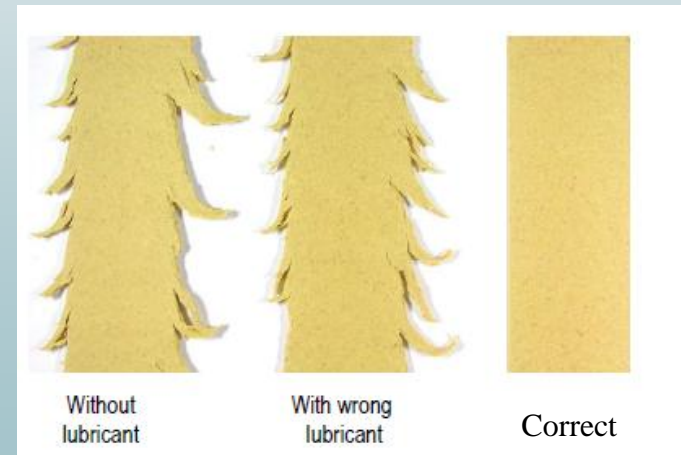




✓ Aditivo WPC (básico)

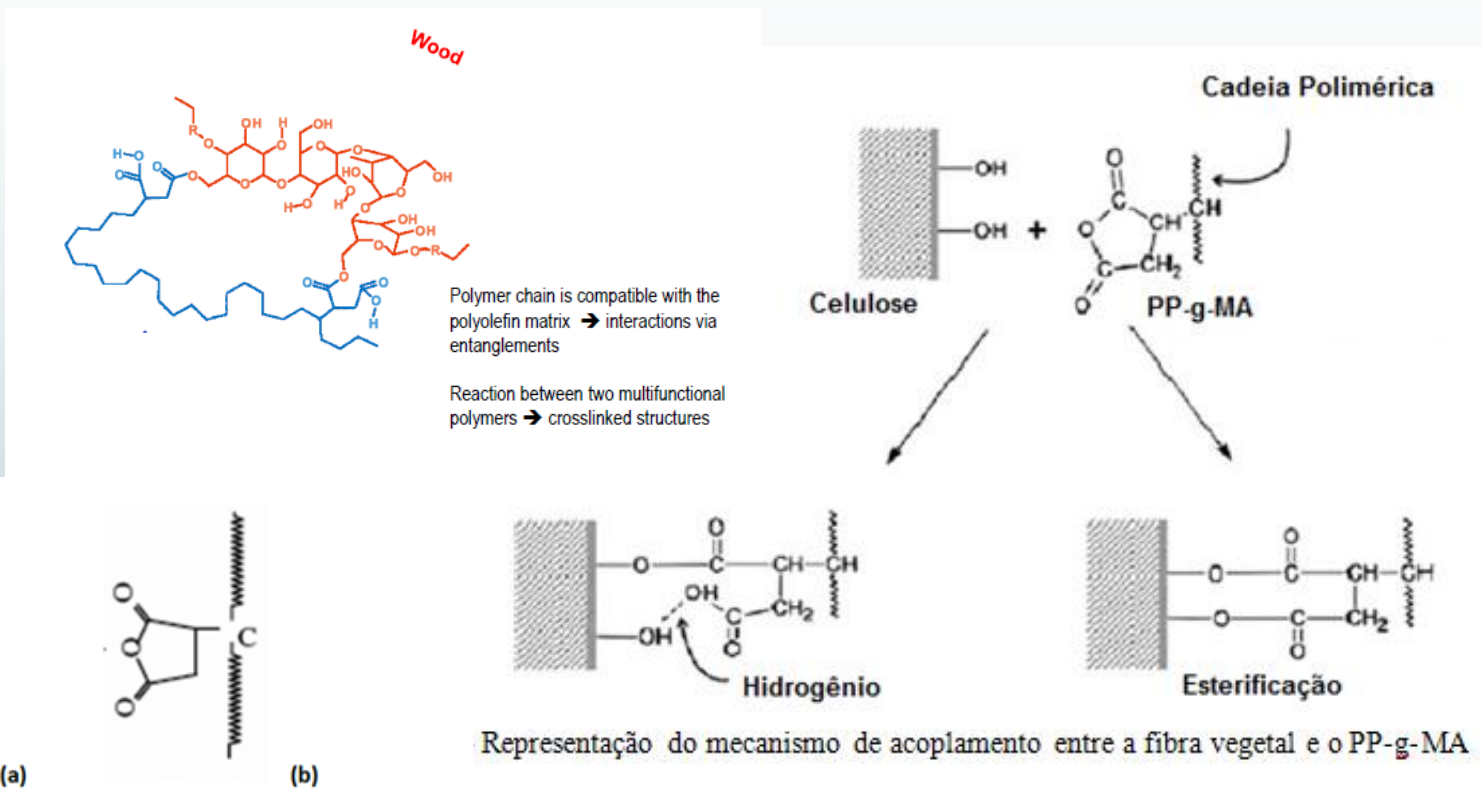
➤ Recomendación de formulación:

- 0,2 a 0,5% de estearato de calcio
- 0,10 a 0,15% de antioxidante térmico
- 3 a 6% de lubricante
- 3 a 7% de compatibilizador

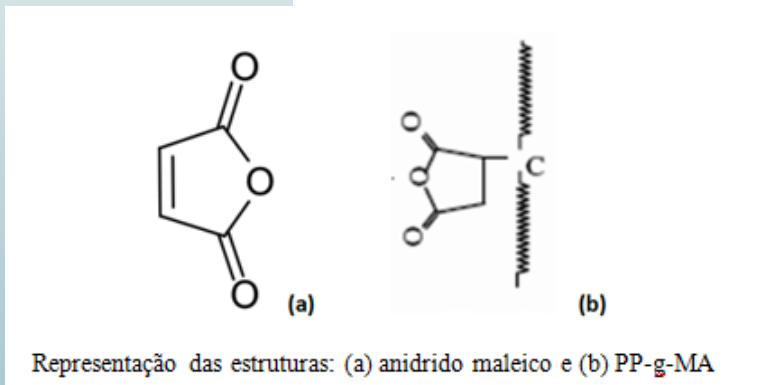




✓ Compatibilización - WPC

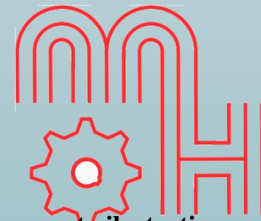


Representação do mecanismo de acoplamento entre a fibra vegetal e o PP-g-MA



✓ WPC – Alto contenido de Fibras

- **Aditivo de acoplamiento o compatibilizante:** PP-g-MA en forma de granos.
- **Lubrificante externo:** Cera de polietileno en forma de polvo.
- **Lubrificante interno:** Estearato de calcio - $\text{Ca}(\text{C}_{18}\text{H}_{35}\text{O}_2)_2$.
- **Antioxidante secundario:** En forma de polvo.
- **Fibras:** (contenido el 60% en peso)
Cambará in natura (Vochysia divergens).
Sisal in natura (Agave Sisalana).
Coco in natura (Cocos nucifera L.).
Piaçava in natura (Attalea Funifera).



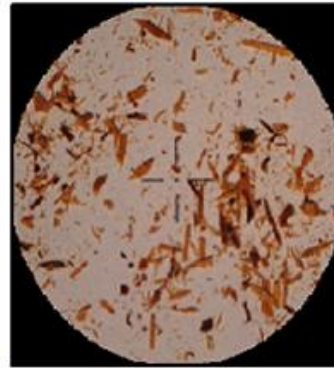
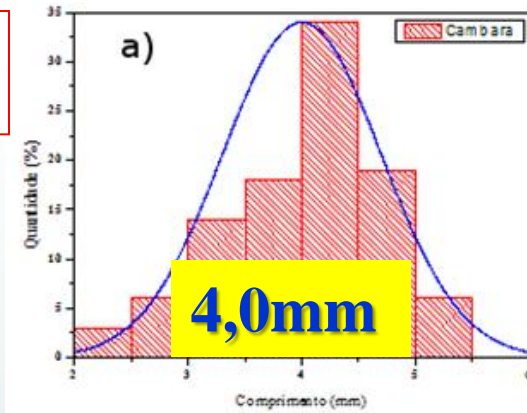
Fotos meramente ilustrativas



- **Caracterización de longitud de las fibras**

La longitud de la fibra ha sido analizada antes y después del procesamiento

Antes

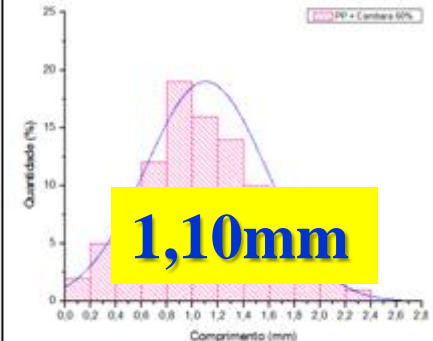
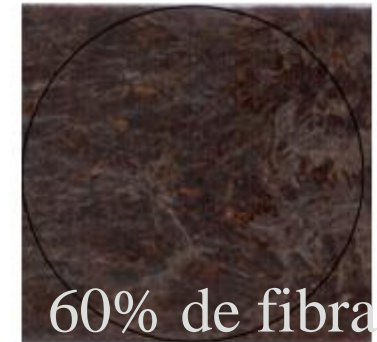
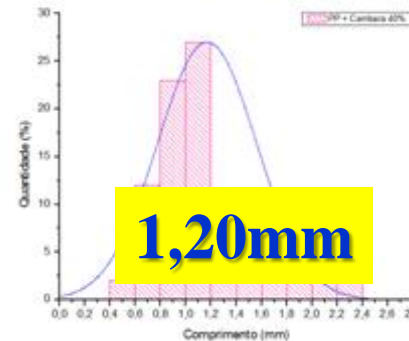
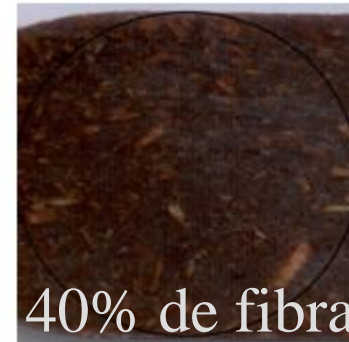
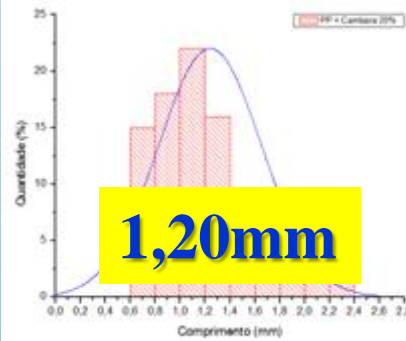


PARABOR
COLOMBIA

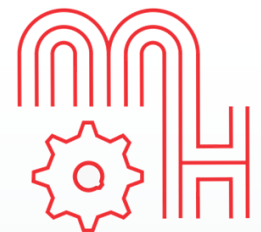


Madera Cambará

Después



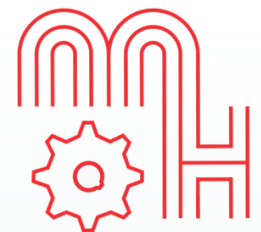
Longitud de las fibras



Tipo de Fibra	Comprimento da fibra após o processamento			Valor médio antes (mm)	Valor médio depois (mm)	Percentual de redução
	20% (m/m)	40% (m/m)	60% (m/m)			
Cambará	1,2 ± 0,4	1,2 ± 0,4	1,1 ± 0,5	4,0	1,2	71%
Coco	1,3 ± 0,5	1,3 ± 0,5	1,3 ± 0,5	4,1	1,3	68%
Sisal	1,6 ± 0,4	1,7 ± 0,4	1,6 ± 0,4	4,7	1,6	65%
Piaçava	1,4 ± 0,6	1,5 ± 0,4	1,4 ± 0,4	5,0	1,5	71%
Média redução						69%

El procesamiento en mezcladora termocinético ha reducido en aproximadamente el 70% de la longitud de las fibras.





Relação L/D de las fibras antes y después del procesamiento

Relação L/D		
Fibra	L/D antes	L/D depois
Cambar a	5,7	3,3
Sisal	17,4	8,6
Coco	13,7	5,9
Piaçava	7,9	4,8

Fibras cortas $LD \leq 100$

Fibra *in natura*



Molienda de las fibras



Pesaje de las formulaciones



Fibra *in natura*



Molienda de las fibras



Pesaje de las formulaciones



Procesamiento de los compuestos



Remoción de la humedad durante el procesamiento

Alimentación directa de todos los componentes



Fibra *in natura*



Molienda de las fibras



Pesaje de las formulaciones



Molienda



Procesamiento de los compuestos



Transformación



0



Feria Internacional de Plásticos, Cauchos y Petroquímica • Feria Internacional de Envases y Empaques

COLOMBIAPLAST • EXPOEMPAQUE



Ensayos mecánicos

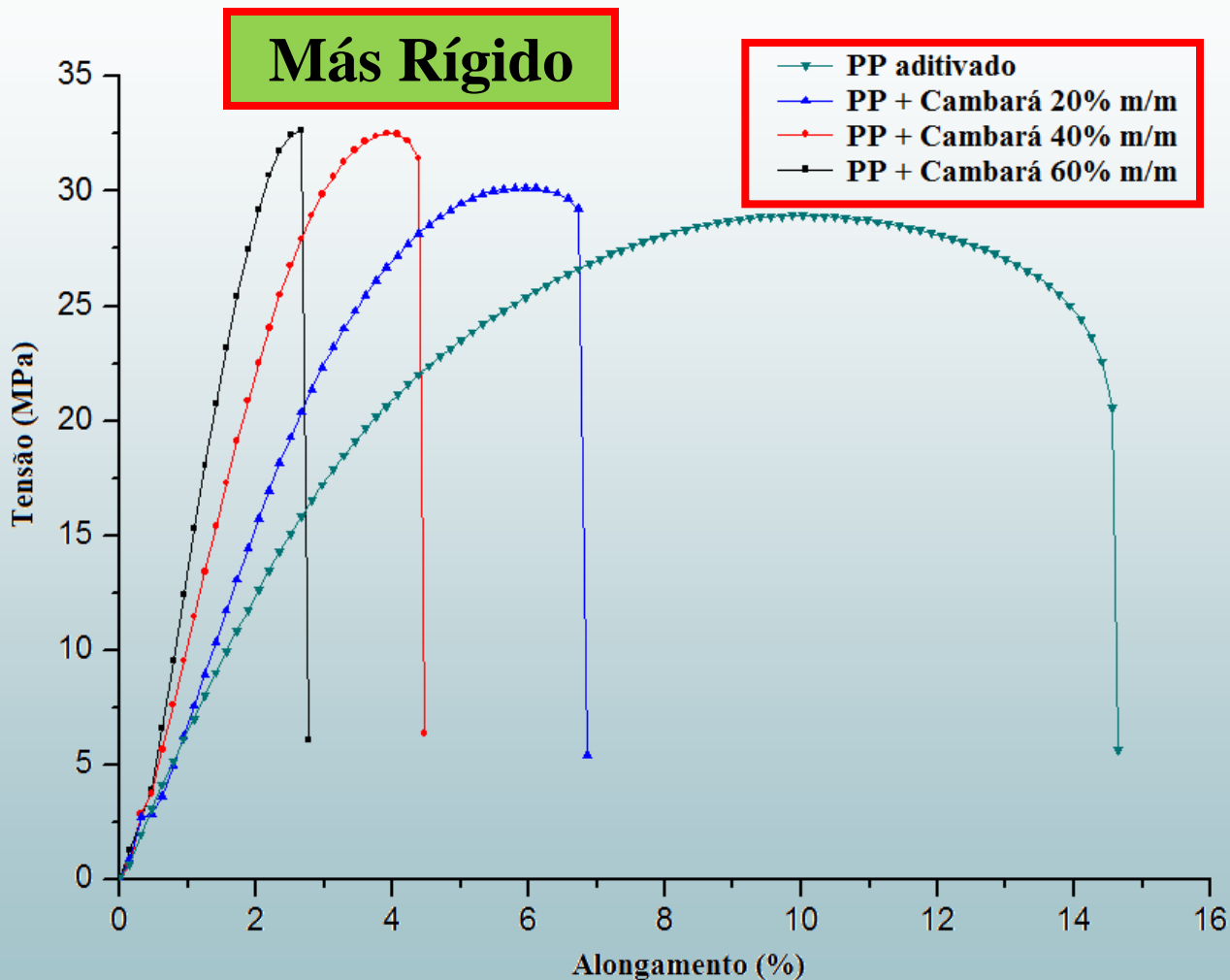
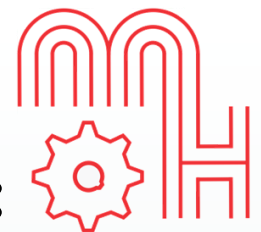


Feria Internacional de Plásticos, Cauchos y Petroquímica • Feria Internacional de Envases y Empaques

COLOMBIAPLAST • EXPOEMPAQUE

Ensayos mecánicos

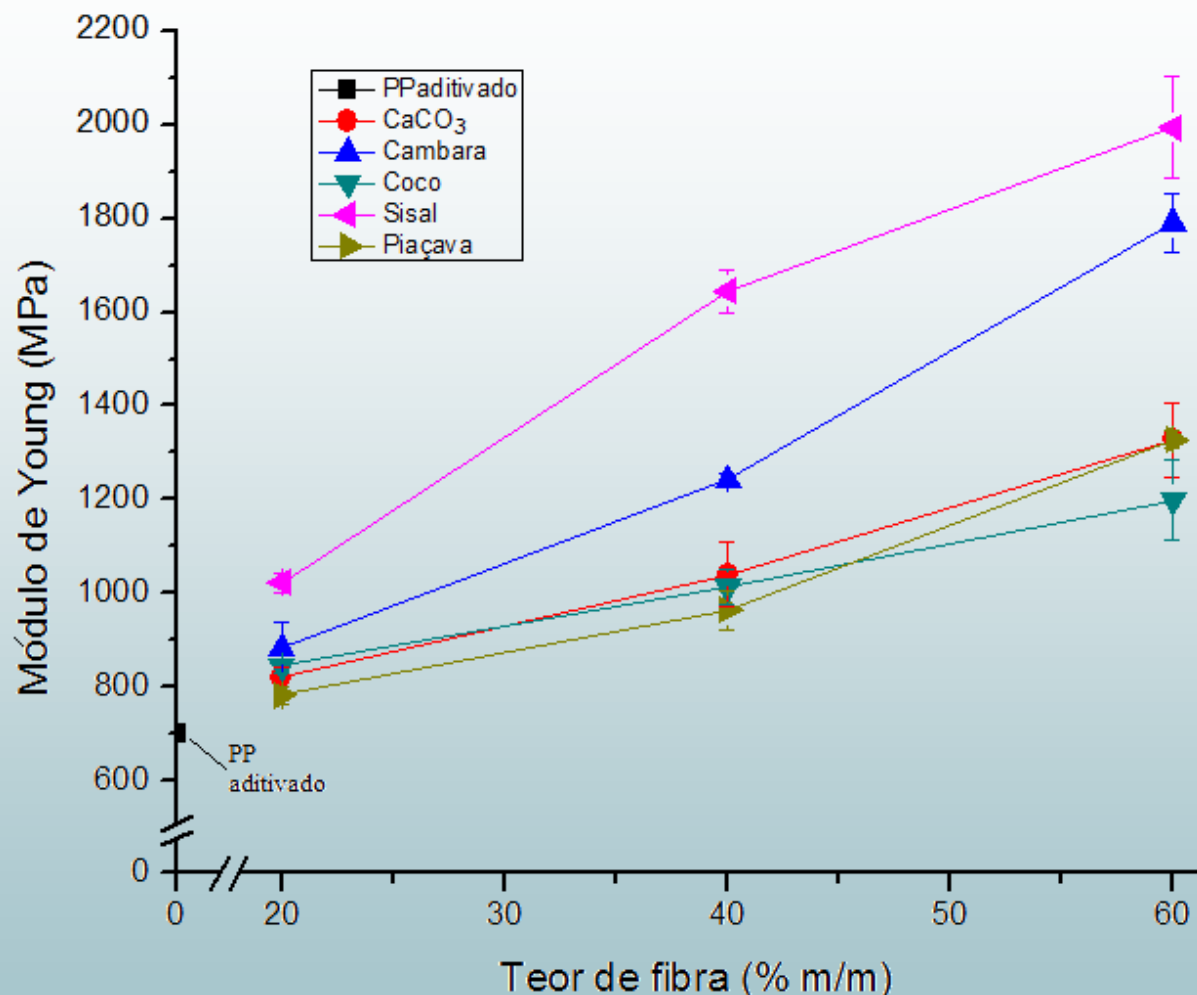
Curva tensión x deformación máxima – Ejemplo:



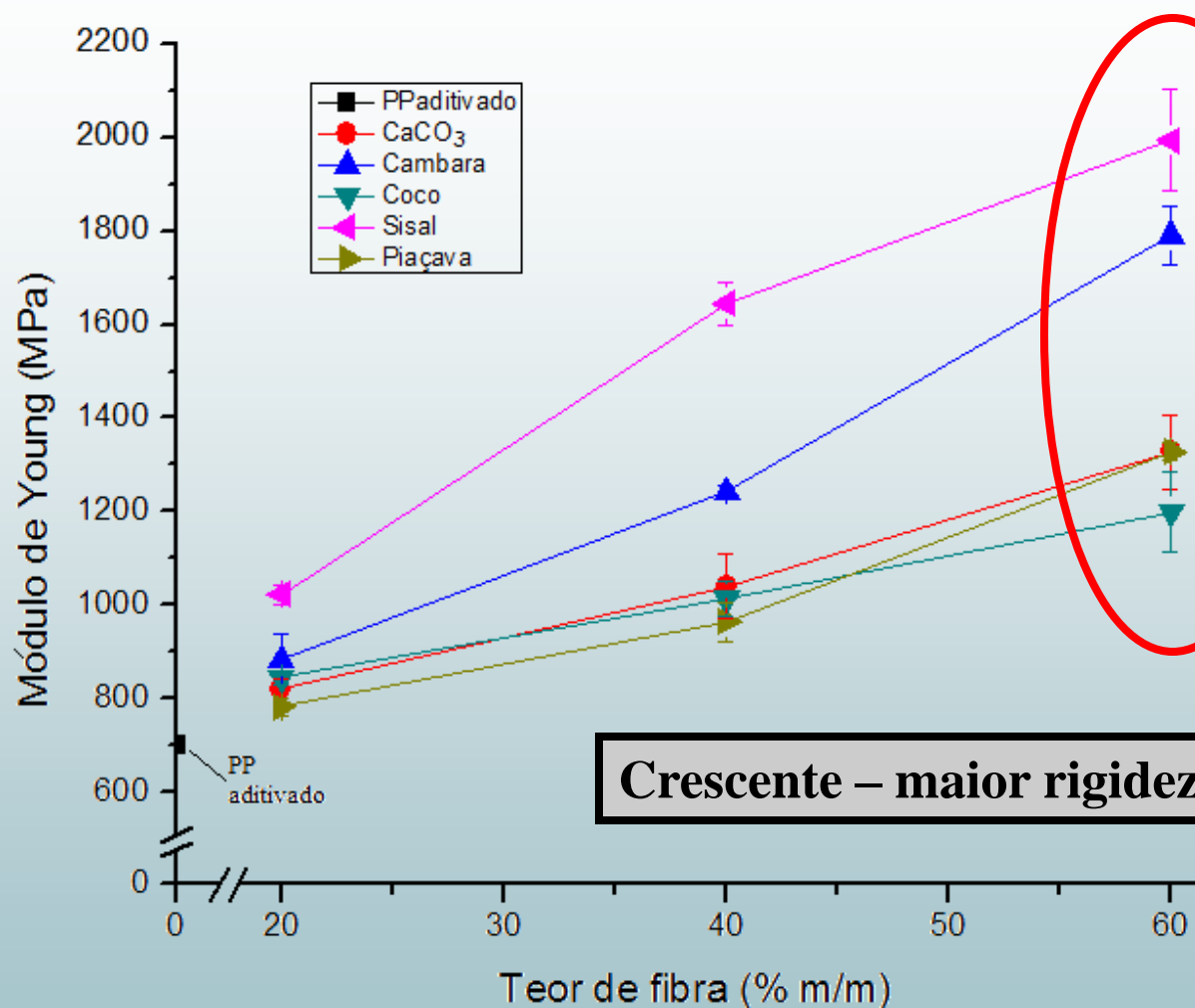
✓ Ensayos Mecánicos: Módulo de Young



✓ Ensayos Mecánicos: Módulo de Young



✓ Ensayos Mecánicos: Módulo de Young

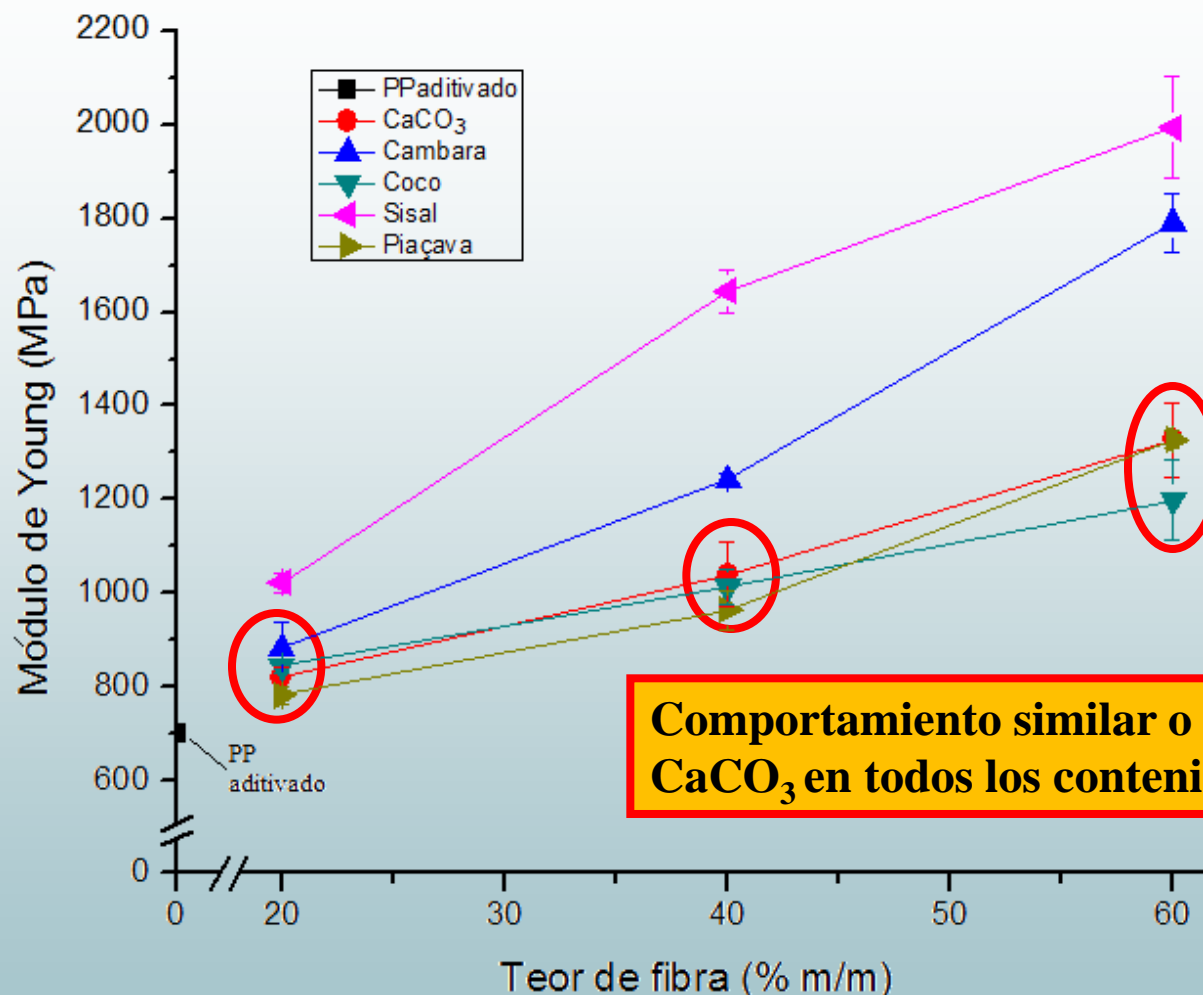


Elevado
Contenido

Crescente – maior rigidez



✓ Ensayos Mecánicos: Módulo de Young



Comportamiento similar o superior ao CaCO₃ en todos los contenidos

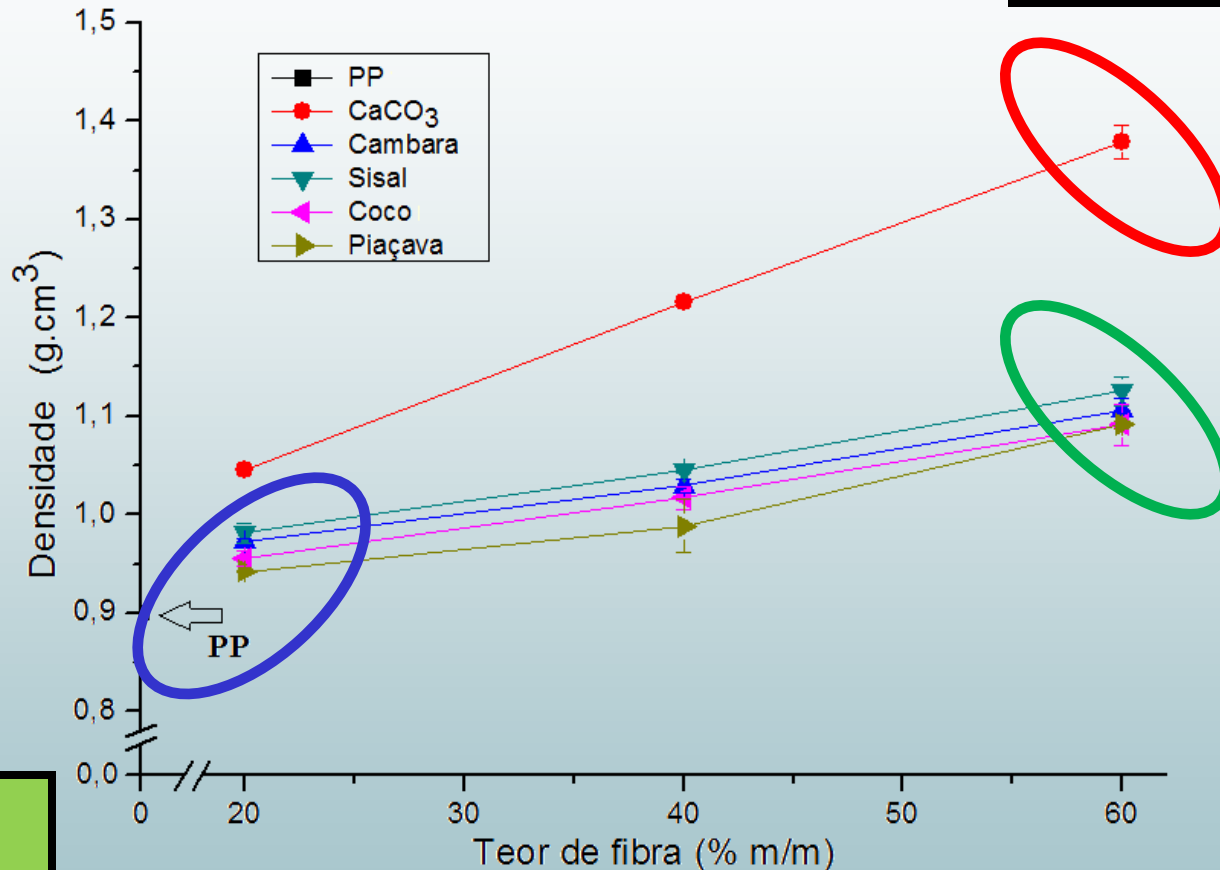
Densidad

Compuestos

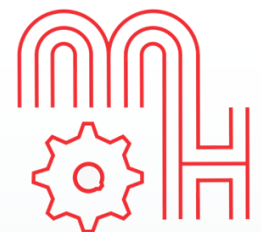


Densidad Compuestos

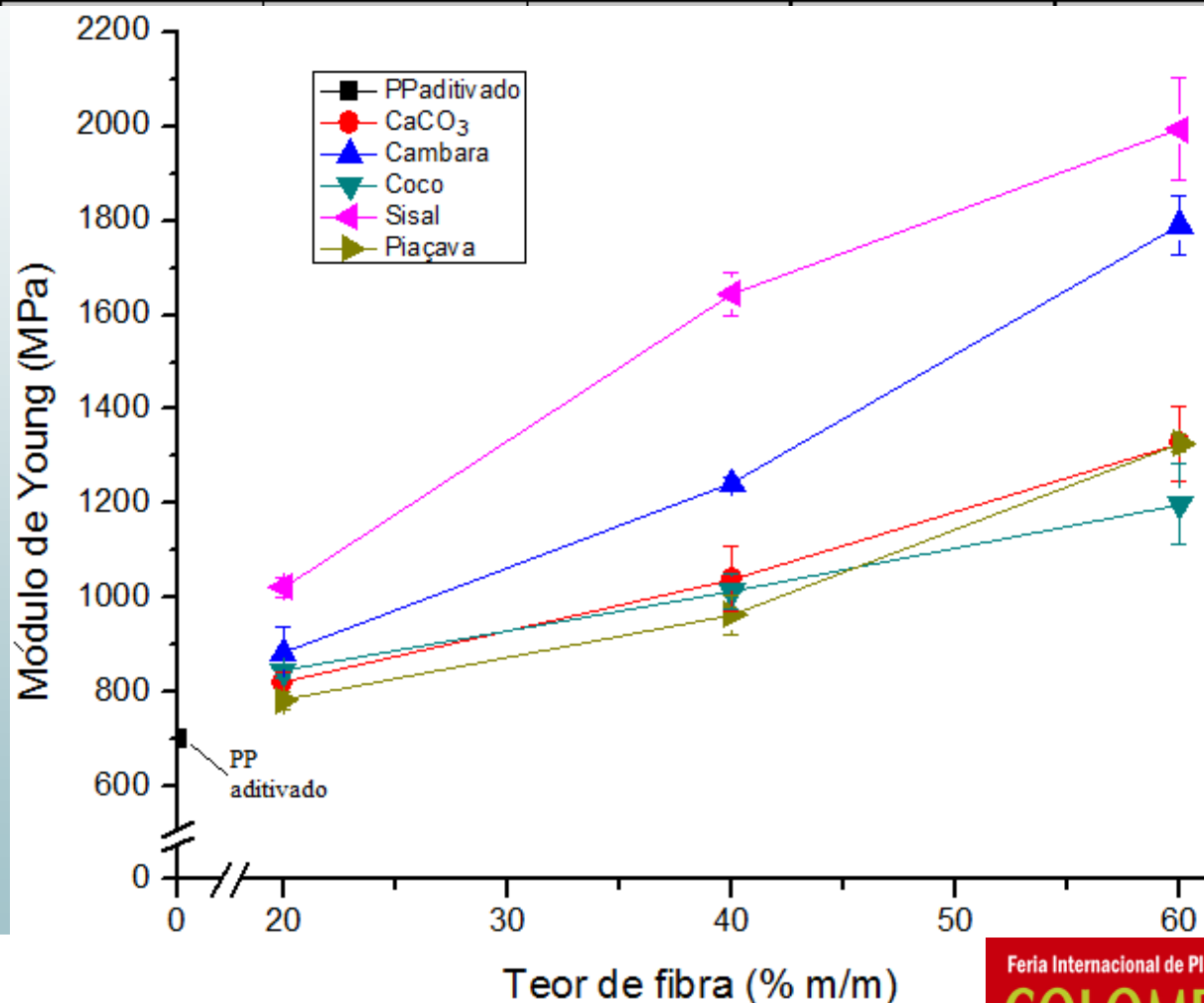
El 25% menos
denso que el
 CaCO_3



Más denso
que el PP

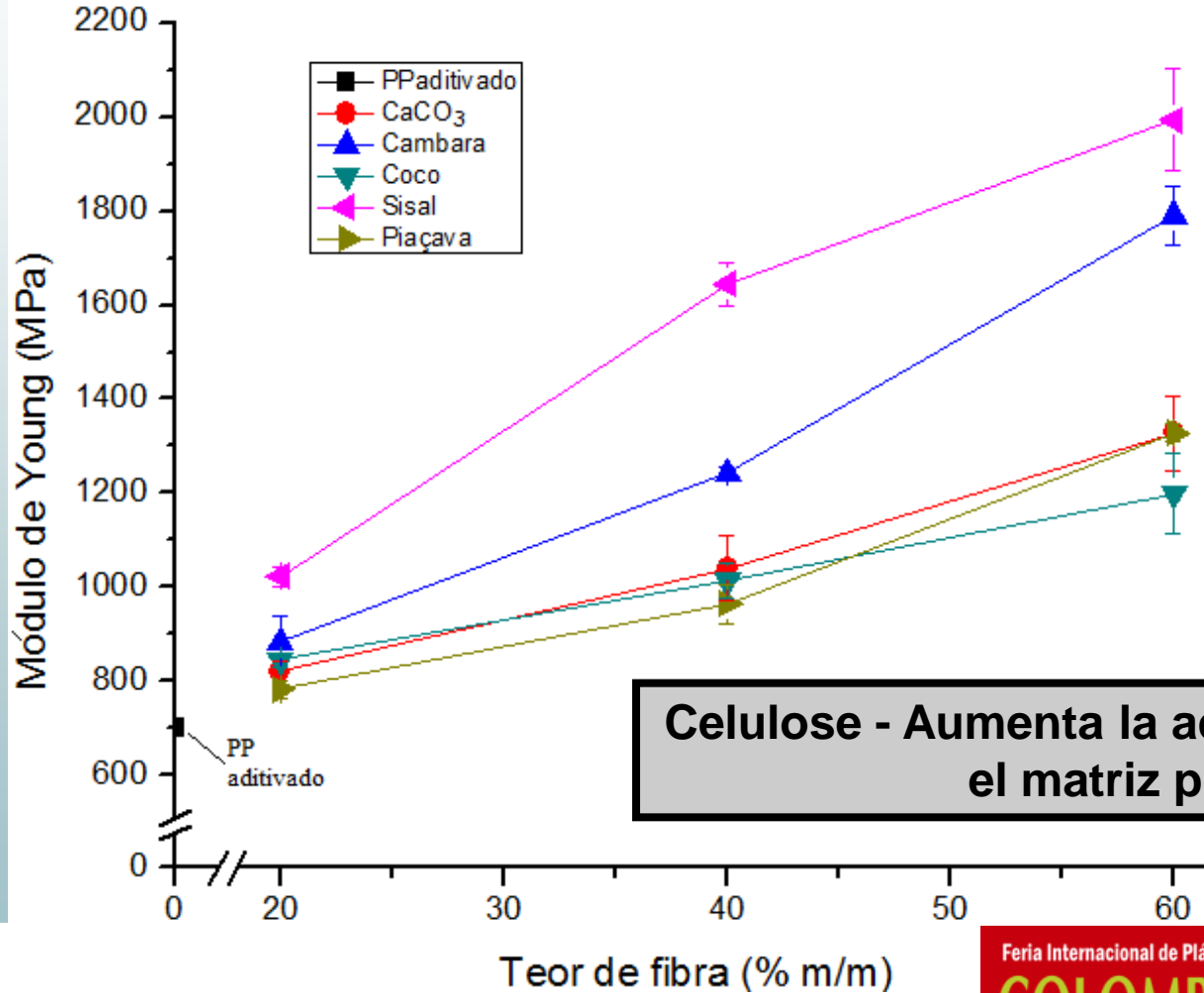


Amostra	Número de onda (cm ⁻¹)	Grupo funcional	Descrição	Área (uA)
Fibra Sisal	897	Anéis Glicose	Celulose	25,90
Fibra Cambara	897	Anéis Glicose	Celulose	25,33
Fibra Piaçava	897	Anéis Glicose	Celulose	21,18
Fibra Coco	897	Anéis Glicose	Celulose	16,92



Amostra	Número de onda (cm ⁻¹)	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

Orden
Crescente



Sisal

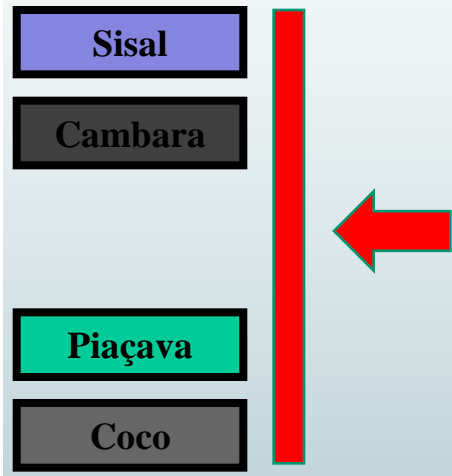
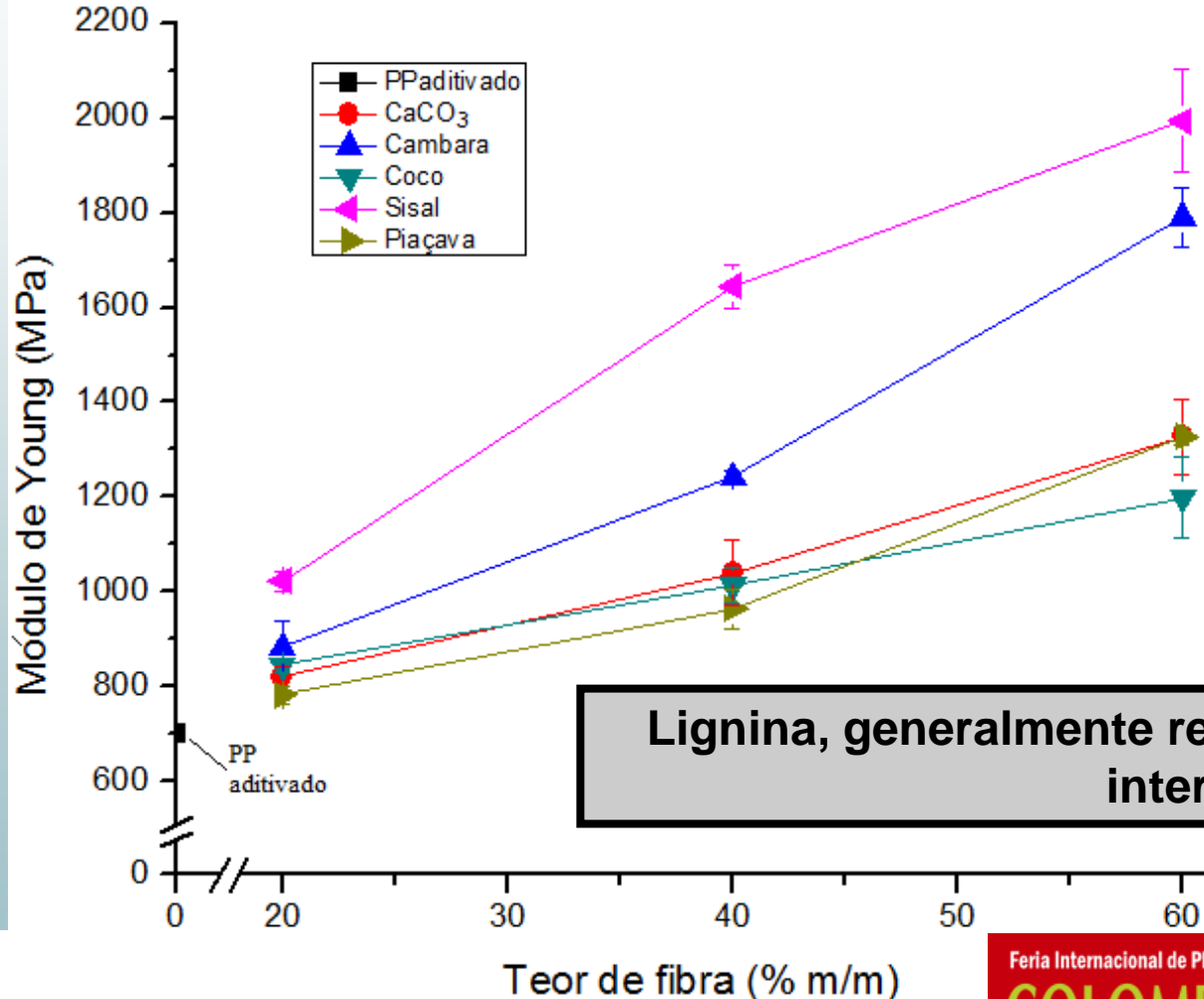
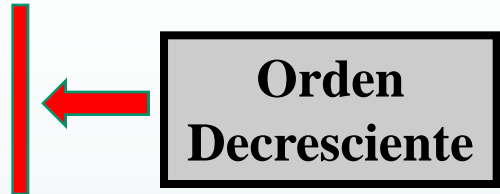
Cambara

Piaçava

Coco

Celulose - Aumenta la adhesión de la fibra con el matriz polimérica

Amostra	Número de onda (cm ⁻¹)	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



Lignina, generalmente reduce la adherencia en la interfase

Homogeneizador Mezclador Termocinético – K-Mixer

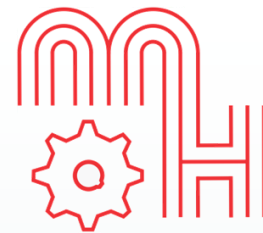




✓ K-Mixer de Laboratorio y Produção

- Método más rápido para la preparación de masterbatches, compuestos, mezclas y WPC.
- Absoluta repetición del proceso entre laboratorio y producción.
- Ideal para atender las demandas de los pequeños y medianos lotes de producción.

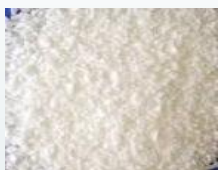
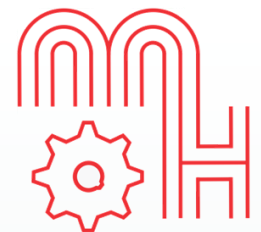




Es un mezclador horizontal, sin fuente de calefacción, con un sistema de refrigeración y cámara cilíndrica de mezcla y eje con palas estacionarias de alta velocidad (mayor que 5000 rpm).



**Cámara de Mezcla
Homogeneizador
de Laboratorio
50 mL.**

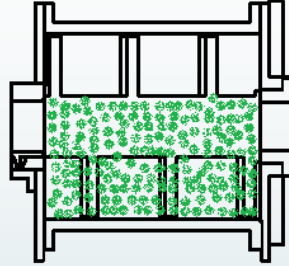
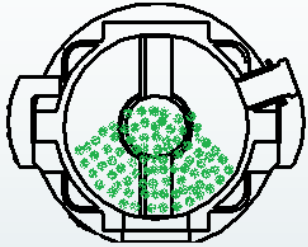


- **Procesa materiales con diferentes tamaños y formas (flakes, reciclados, granos, pellets, polvos, líquidos, etc.).**
- **Preciso sistema de control de la temperatura del procesamiento (Infra rojo).**
- **Elimina la humedad durante el procesamiento.**
- **Alta capacidad del control del tiempo de permanencia de los materiales (evita la degradación térmica).**
- **Ideal para la incorporación de mayores concentraciones de cargas (el 70% m/m).**

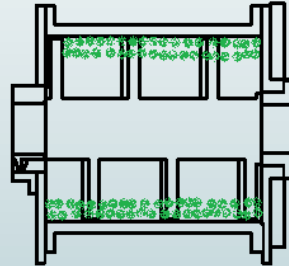
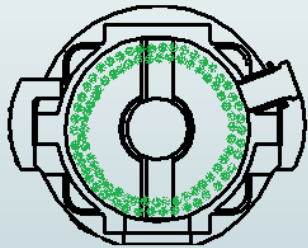




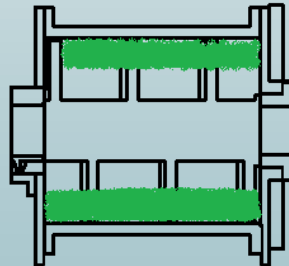
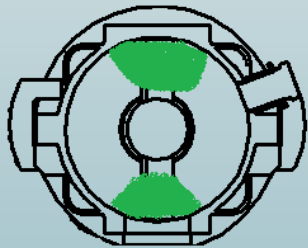
✓ Pasos de Procesamiento:



Molienda de las partículas
Choque entre los materiales, las palas del eje y la cámara se mezclan.

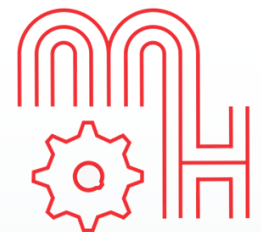


Nube de partículas micrométricas hasta nanométricas (aglomeración), alta "turbulencias" y choque de las partículas.



Plastificación o fusión.





✓ Otras Ventajas :

➤ Excelente dispersión de la mezcla (ideal para masterbatches, compuestos y mezclas).

➤ Puede funcionar por separado o integrado con otros equipos, tales como – **Dosificadores, Extrusoras, Prensas y Calandras.**

➤ Económica:

✓ Eléctricamente: No requiere fuente externa de calor.

✓ Mantenimiento: Bajo costo de mantenimiento.

✓ Set up: Rápido y con poco gasto con productos de limpieza.

➤ Procesamiento rápido: entre 20 y 90 (60 segundos de promedio).





¡Modelos!

Homogeneizadores – K-Mixer



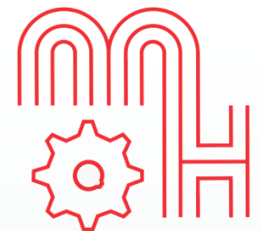
**Homogeneizador de
Laboratorio
50, 100 mL.**



**Pequeños Lotes
(MH-1000)
1 Litro**



**Producción
(MH-5000)
5 Litros**

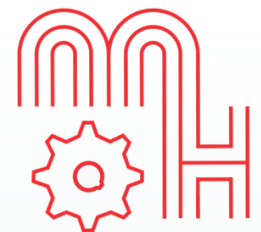


Norma NR12

Laboratorio:

MH-50h y MH-100

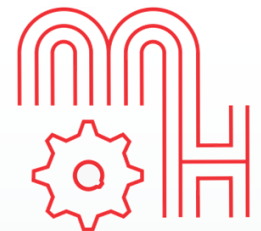
- Método más rápido para la preparación de muestras y desarrollo de formulaciones (50 a 150 gramos);
- Poco gasto de materias primas (resinas y aditivos);
- Varios accesorios de control (adecuados para desarrollo de compuestos y blendas):
 - Variación de la velocidad.
 - Sistema de control de temperatura de la masa.
 - Sistema de escape de volátiles de la muestra;
- Capacidad de carga: 50 y 100 mL.



Norma NR12

**Pequeños lotes:
MH-1000**

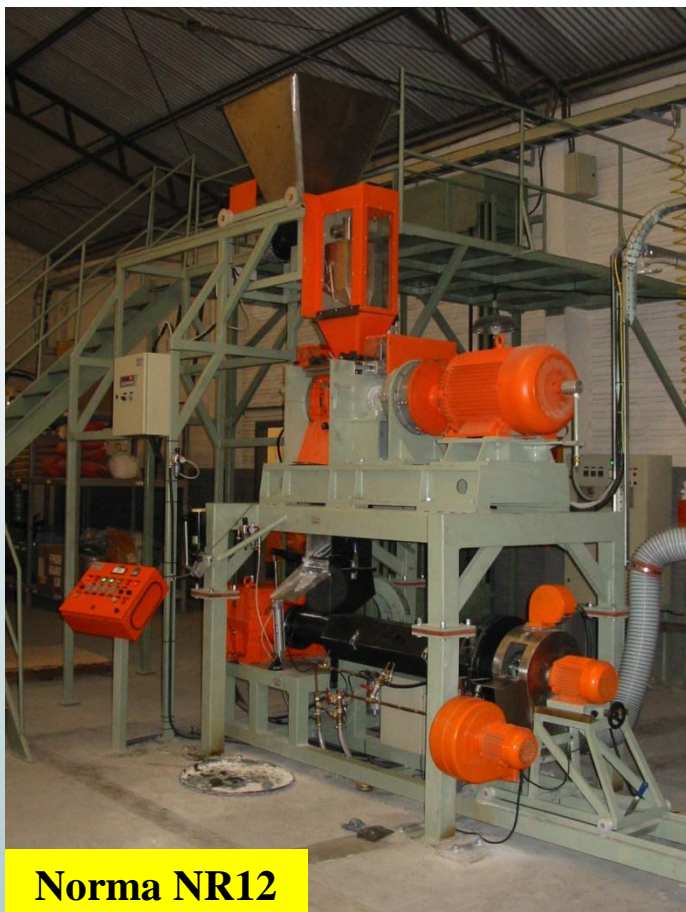
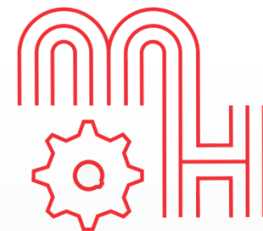
- Ideal para el desarrollo de muestras o lotes pequeños entre 2 y 25 kg;
- Absoluta repetición del proceso entre laboratorio y producción;
- Posee todos los accesorios se ha mencionado anteriormente;
- Set-up rápida, con posibilidad de cambio del eje o rápida modificación del sistema de las palas el eje;
- Capacidad de carga: 1 L.



Norma NR12

Producción: MH-5000

- **Equipo de producción (150 a 200 kg/h);**
- **Puede funcionar por separado o integrado con otros equipos, tales como - Extrusoras, Prensas y Calandras;**
- **Posee todos los accesorios se ha mencionado anteriormente;**
- **Capacidad de carga: 5L.**



Norma NR12

- **Equipo de producción (250 a 600 kg/h);**
- **Hace del proceso por batch continuo;**
- **Con el corte en seco, baño de agua o flat die;**
- **Capacidad de carga: 5 y 20 Litros.**

Producción: Sistema Integrado

✓ Bibliografía

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.

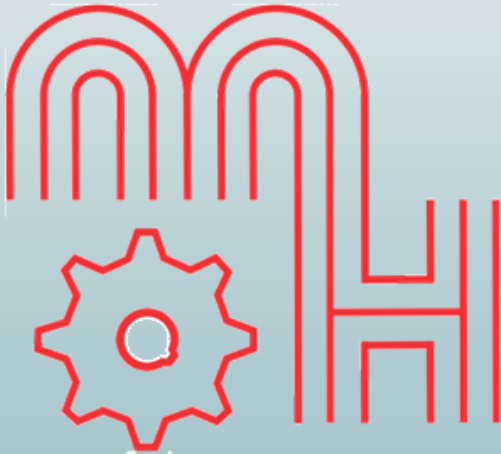
Passatore, C. R.; Leão, A. L. and Rosa, D. S.*. **Evaluation of polypropylene composites containing different levels of sisal and cambara wood fiber.** Molecular Crystals and Liquid Crystals, 2014.



ING. ESP. CLAUDIO R. PASSATORE, MSc.

+55 11 9 5774.0918

claudiopassatore@mh.ind.br



Representante Latinoamericano

Feria Internacional de Plásticos, Cauchos y Petroquímica • Feria Internacional de Envases y Empaques

COLOMBIAPLAST • EXPOEMPAQUE