

# II Seminário Técnico sobre Economia Circular



## Fibras de Conteira e Valorização de Produtos Endógenos

**PhD. Telmo Manuel Ferreira Eleutério**

Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade dos Açores

14 de Novembro, 2023

# 1. Enquadramento Geral

- Nas últimas décadas a comunidade científica tem-se focado na procura de materiais sustentáveis, para a substituição de materiais de origem fóssil.
- Isto deve-se:
  - à crescente consciencialização da sociedade para com os problemas ambientais,
  - às várias iniciativas desencadeadas pelos agentes governamentais para a conservação do ambiente,
  - ao incentivo de uma estratégia de economia circular.

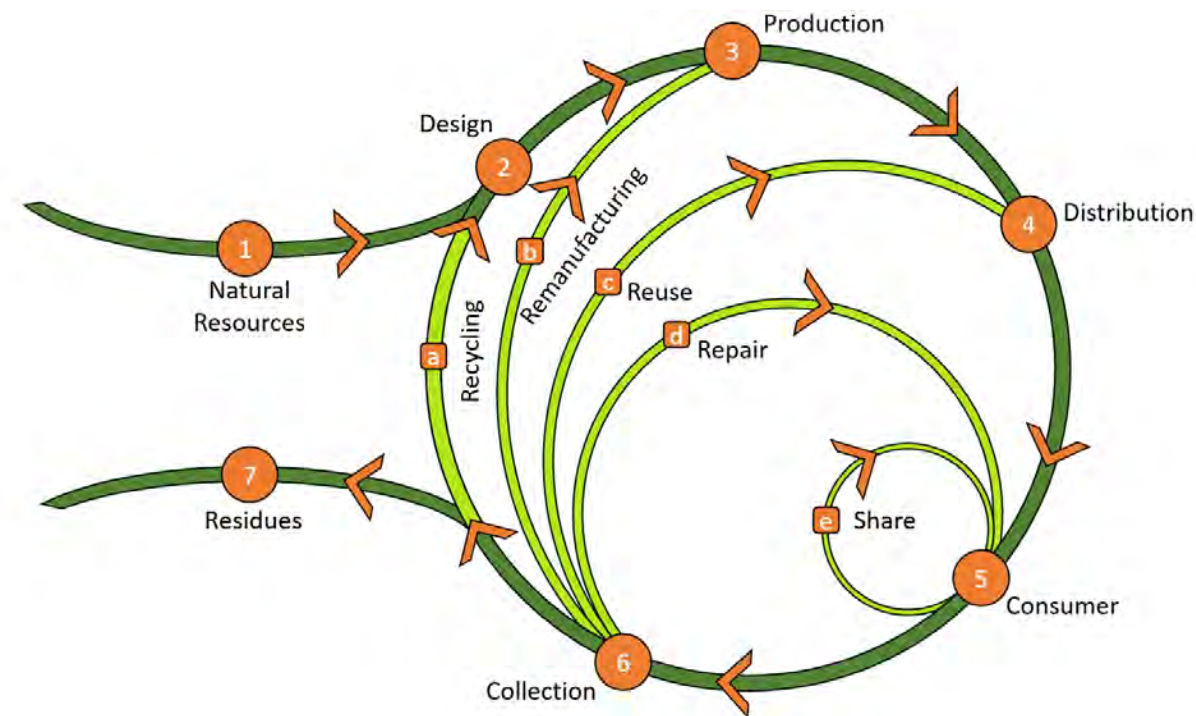


Figura: Esquematização da Economia Circular

Esta procura pressiona cada vez mais várias indústrias (ex. automóvel; têxtil; embalagens; descartáveis) a encontrarem alternativas sustentáveis;

# 1. Enquadramento Geral



## - Os biomateriais ou materiais sustentáveis:

- Recursos renováveis
- Não tóxico
- Biocompatíveis
- Biodegradáveis
- Pegada de carbono neutra



# 1. Enquadramento Geral

## - Fibras Naturais:

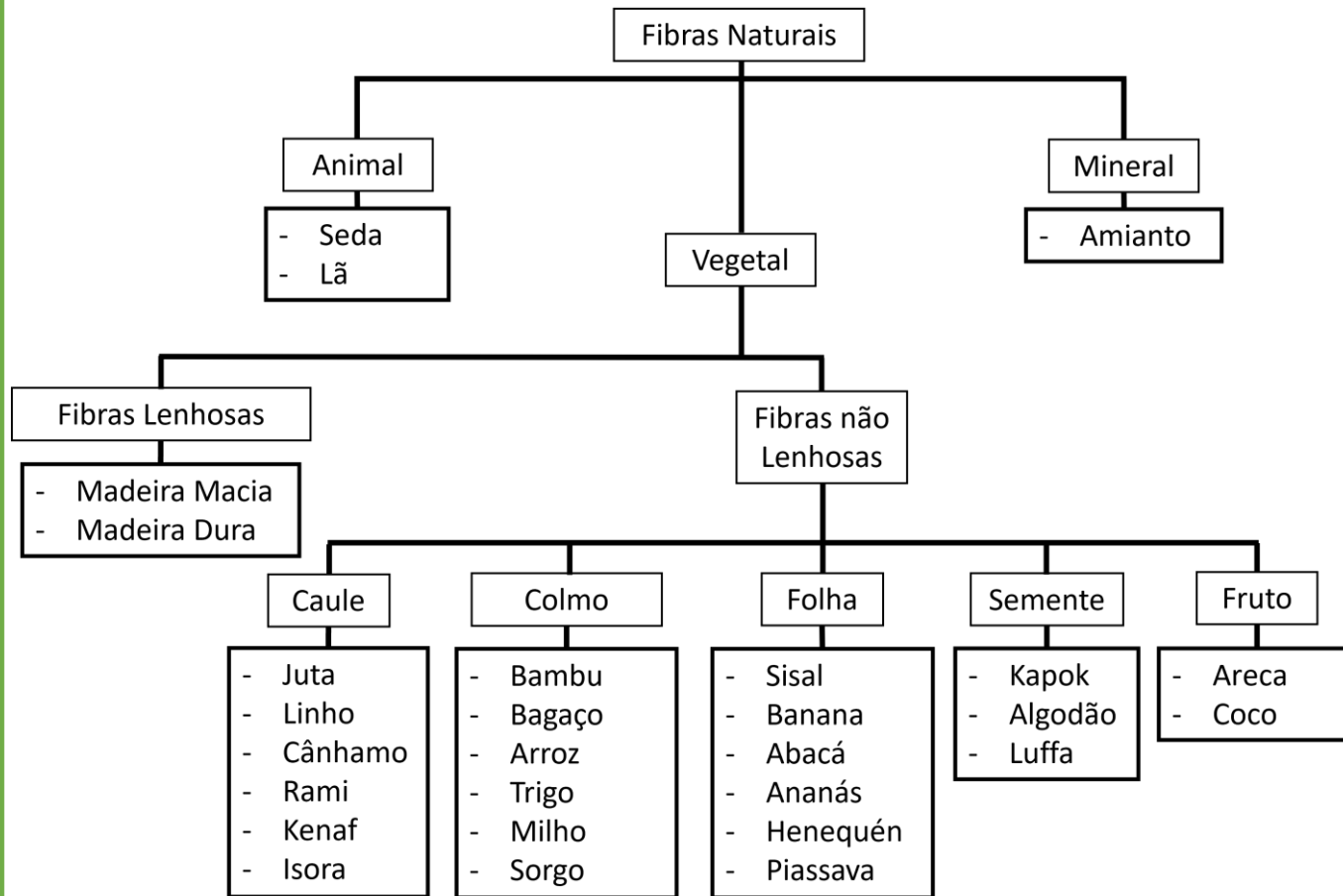
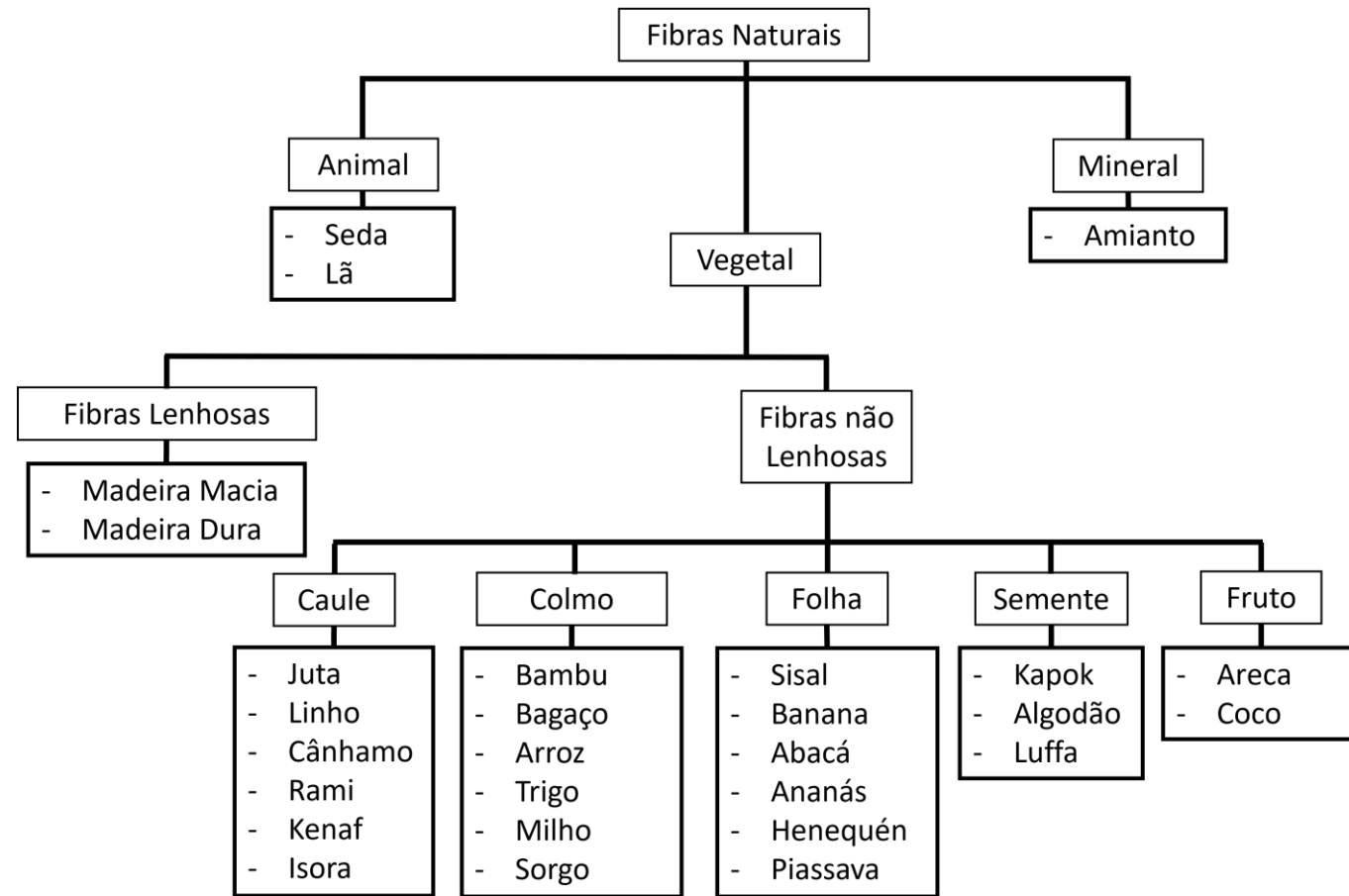


Figura: Classificação das Fibras Naturais.

# 1. Enquadramento Geral



- Fibras Naturais:
- As Fibras naturais são divididas em 3 categorias;
- As fibras lignocelulósicas, são um dos grupos de fibras naturais, mais usados para a substituição de fibras artificiais (Ramamoorthy, et al., 2015);
- Podendo estes apresentar diversas aplicações em engenharia (Arias Arias, et al., 2017).
- Estas fibras, exibem diversas vantagens económicas e ambientais quando comparadas às fibras artificiais tradicionais (carbono, vidro, polímeros).



**Figura:** Classificação das Fibras Naturais.

# 1. Enquadramento Geral



Propriedades	Fibras Naturais	Fibras Artificiais
Abundância	Infinita	Finita
Reciclabilidade	Boa	Moderada
Pegada de Carbono	Neutra	Elevado
Impacto Ambiental	Não	Sim
Durabilidade	Moderada	Elevado
Biodegradabilidade	Elevada	Baixa
Peso	Baixa	Moderado
Custo	Baixo	Elevado
Toxicidade	Não-Toxico	Toxico
Propriedades Mecânicas	Moderada	Elevada
Absorção de Humidade	Elevada	Baixa
Propriedades Térmicas	Moderada	Elevada
Propriedades Acústicas	Moderada	Moderada
Adesão Interfacial	Baixa	Moderada

- Essas fibras apresentam diversas vantagens econômicas e ambientais quando comparadas às fibras artificiais tradicionais (carbono, vidro, polímeros).

**Tabela:** Comparação entre as propriedades das fibras naturais e artificiais.

# 1. Enquadramento Geral



- Fibras naturais vegetais são obtidas:
  - Culturas produzidas, exclusivamente, pelas suas fibras
  - Subprodutos da produção agrícola
  - Resíduos vegetais



# 1. Enquadramento Geral



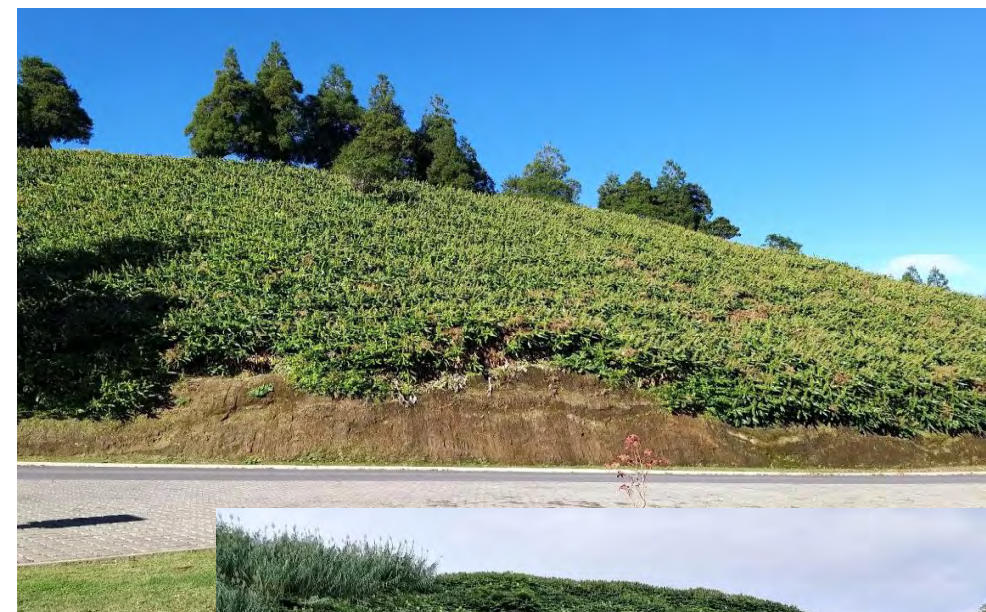
- Espécies como o *Linum usitatissimum* L (Linho) e *Gossypium hirsutum* (Algodão) são cultivadas exclusivamente para a extração das fibras.
- No entanto, associado à maioria destas espécies está uma preocupação gradual com custos e desflorestação (Lloveras, et al., 2016; Zhang, et al., 2016).
- Por esse motivo, a investigação de fibras provenientes de subprodutos e novas fontes de fibras lignocelulósicas naturais tem aumentado (Ramamoorthy, et al., 2015; Khan, et al., 2018).

Fibras	Principais Produtores	Produção Mundial (10 <sup>3</sup> toneladas)
Abacá	Filipinas, Equador, Costa Rica	70
Algodão	China, Índia, USA, Paquistão	25 000
Ananás	Filipinas, Tailândia, Indonésia	74
Bagaço	Brasil, Índia, China	75 000
Bambu	Índia, China, Indonésia	10 000
Banana	Índia	200
Cânhamo	China, França, Filipinas	214
Coco	Índia Sri Lanka	100
Curauá	Brasil, Venezuela	>1
Henequen	México	30
Juta	Índia, China, Bangladesh	2 300
Kapok	Indonésia	123
Kenaf	Índia, Bangladesh, USA	970
Linho	Canadá, China; Rússia	830
Palmeira	Malásia, Indonésia	40
Rami	China, Brasil, Filipinas, Índia	100
Rosélia	Tailândia, China	250
Sisal	Tanzânia, Brasil	378

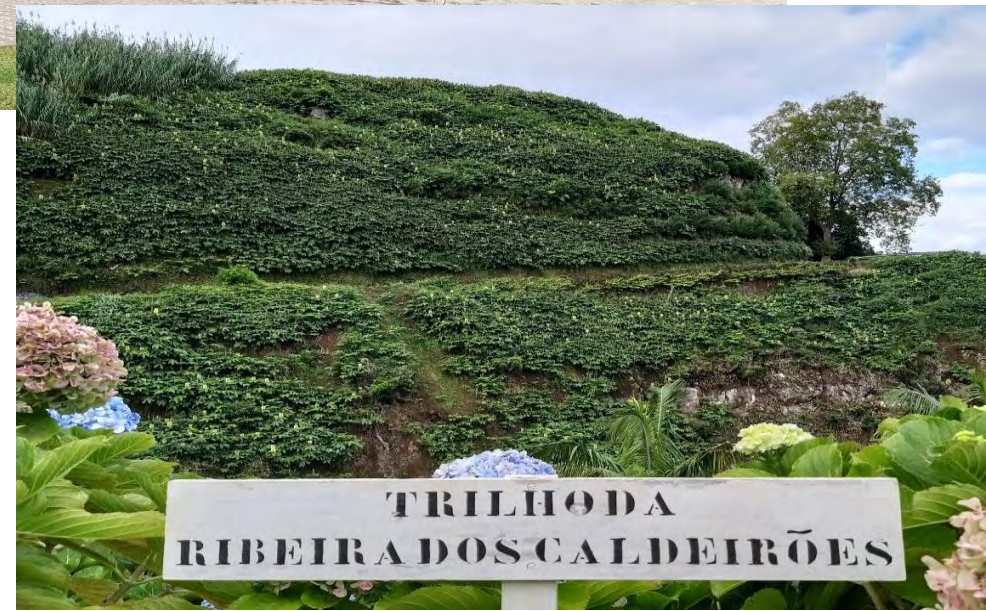
**Tabela 2:** Comparação entre as propriedades das fibras naturais e as artificiais.



## 2. Caso de Estudo.



**Figura:** Fotos de paisagens açorianas dominadas pela *Hedychium gardnerianum*.



## 2. Caso de Estudo.



**Figura:** Fotos de paisagens açorianas dominadas pela *Hedychium gardnerianum*.



## 2. Caso de Estudo.



- É uma espécie nativa das regiões central e oriental do Nepal (Shrestha, *et al.*, 2018), Butão (Noltie, 1994), Mianmar (Tanaka *et al.*, 2016) e Nordeste da Índia (Nirola e Das, 2017).
- É uma planta invasora nos Açores, Havai, Nova Zelândia e África do Sul.
- Está presente em todas as ilhas açorianas, dominando a maior parte dos habitats, estando ausente apenas na zona costeira e acima dos 950 metros de altitude.
- O clima ameno; sem inimigos naturais; sementes dispersas por aves e crescimento rápido.



**Figure:** Distribuição geográfica nativa da *Hedychium gardnerianum*.



**Figura:** Distribuição da *Hedychium gardnerianum* pelo Arquipélago dos Açores (fonte: <https://azoresbioportal.uac.pt/>)

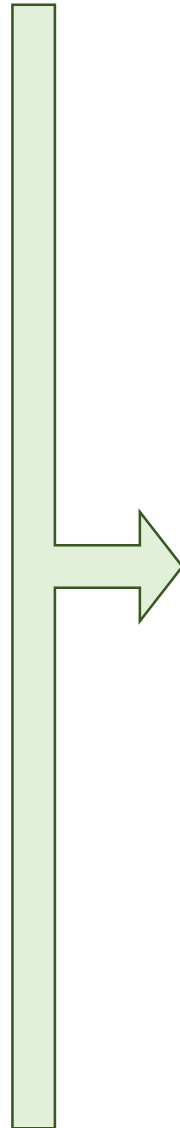
# 3. O Projeto



+



+



**Título:** Valorização e Desenvolvimento de Produtos da Conteira (*H. gardnerianum*) - 01-0247-FEDER-000011.

**Data de Início:** 01-12-2019

**Data de Término:** 30-11-2020

**Orçamento Global:** 100.000,00 €



# 3. O Projeto



- Os objetivos do projeto:

- 1 State of the art
- 2 Estudo da viabilidade tecnológica destas fibras
- 3 Estruturação novos projetos de IC&DT paralelos
- 4 Demonstração de prototipos desenvolvidos
- 5 Analisar a viabilidade futura deste projeto



Figura: *Hedychium gardnerianum*

# 3. O Projeto



- O estudo das fibras de *Hedychium gardnerianum* como fonte de fibras celulósicas iniciou-se com:



Remoção dos espécimes de *H. gardnerianum*



Preparação dos caules e folhas



Extração de fibras



Processamento e caracterização das fibras



### 3. O Projeto



- Estudo de produtividade de fibras de *H. gardnerianum*:

Com o controlo desta espécie, conseguimos obter cerca de 4.7 toneladas de fibras por hectare em áreas sem intervenção e de 0,4 a 3 toneladas de fibras por hectare em áreas onde existiu.

	N	Fibras (Kg/ 100 Kg Peso seco)	Área (m <sup>2</sup> )
Parcelas com remoção dos rizomas	243	20,6 ± 7,44	534,0 ± 142,05
Parcelas apenas com corte dos rebentos	243	23,6 ± 6,42	83,5 ± 22,57
Parcelas sem intervenção (controlo)	243	25,1 ± 6,17	55,1 ± 9,94
		Fibras (t)	Área (ha)
Parcelas com remoção dos rizomas	243	0,4 ± 0,18	1
Parcelas apenas com corte dos rebentos	243	3,0 ± 1,12	1
Parcelas sem intervenção (controlo)	243	4,7 ± 1,27	1

**Tabela:** Áreas e rendimentos na produção de fibras de *Hedychium gardnerianum*. Valores médios ± desvio padrão

### 3. O Projeto



- Caracterização de fibras de *H. gardnerianum*:
- Caracterização Física:
  - Os resultados de absorção de água e humidade são equiparáveis com outras fibras naturais
  - O mesmo acontece para a Densidade
  - Os resultados de diâmetro apresentam um intervalo de medições mais grosseiros, no entanto, isto devesse ao tipo de extração de fibras

Tipo de Fibra	AA (%)	TH (%)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Diâmetro (µm)
Cana- Roca	87 – 100	10 – 13	1.42	140 -330
Abacá	-	15	0,83 - 1,5	17 -130
Cana-de-açúcar	-	8,8	0,55 - 1,45	10 - 400
Bamboo	-	8,9 - 10,14	0,6 - 1,1	25 - 330
Bananeira	60	10,71	0,75 - 1,35	12 - 280
Coco	130 - 180	4,7 - 11,36	0,1 - 1,5	10 - 460
Algodão	-	7,8 - 8,5	1,5 - 1,6	10 - 45
Tamareira	60 - 65	9,55 - 10,67	0,46 - 1,2	155 - 250
Linho	-	7 - 12	1,4 - 1,5	7 - 600
Cânhamo	-	6,2 – 15	1,4 - 1,5	16 - 500
Juta	-	12 - 23	1,3 - 1,5	20 - 350
Espadana	-	10	-	100-200
Ananás	-	11,8 - 13	0,8 - 1,6	5 - 194
Sisal	56	11	0,7 - 1,5	8 - 300

**Legenda:** AA: Absorção de Água; TH: Teor em Humidade.



### 3. O Projeto



#### - Caracterização de fibras de *H. gardnerianum*:

##### - Caracterização Química:

	CC (%)	CHC (%)	CL (%)	CE (%)	TC (%)
Cana - Roca	77 - 78	6 - 8	9 - 12	0,8 - 2	1,8 - 4
Abacá	56 - 64	15 - 25	7 - 13	0,8 - 3	3
Bamboo	26 - 65	30	1 - 31	-	-
Bananeira	60 - 83	6 - 16	5 - 10	3 - 5	-
Algodão	75 - 92	2 - 5,7	0,1 - 2	0,1 - 0,6	0,8 - 2
Linho	60 - 81	14 - 20,6	0,9 - 2,3	0,9 - 2,3	-
Cânhamo	57 - 90	14 - 22,4	3,7 - 13	0,8 - 0,9	0,8
Juta	45 - 84	12 - 22	5 - 26	0,2 - 5	0,5 - 2
Espadana	45,1 - 72	30,1	11,2	0,7	-
Ananás	70 - 83	16 - 19	5 - 12,7	2 - 2,5	-
Sisal	43 - 78	10 - 24	4 - 14	0,4 - 10	0,6 - 1

- O teor em Celulose (78-81%) é maior em comparação com a maioria das outras fibras naturais
- Baixo teor em hemicelulose (4,6-6,4%)

Um alto teor em celulose significa que existe um maior número de grupos OH livres à superfície, para ligar a novas moléculas (Khazraji, 2013)

O baixo teor em hemicelulose poderá implicar que a capacidade de conter humidade será baixa (Céline, 2014)

**Legenda:** **CC:** Concentração de Celulose; **CHC:** Concentração de Hemicelulose; **CL:** Concentração de Lignina; **CE:** Concentração de Extraíveis; **TC:** Teor em Cinzas.

### 3. O Projeto



#### - Caracterização de fibras de *H. gardnerianum*:

##### - Caracterização Mecânica:

- A % de deformação das fibras é baixa o que é explicado pela baixa concentração de lignina
- Os resultados de tensão de rotura não foram muito variados, em comparação com outras fibras naturais
- O Modulo de *Young* está enquadrado com o expectável para as fibras naturais

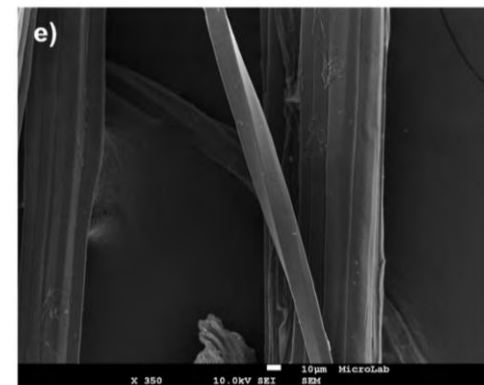
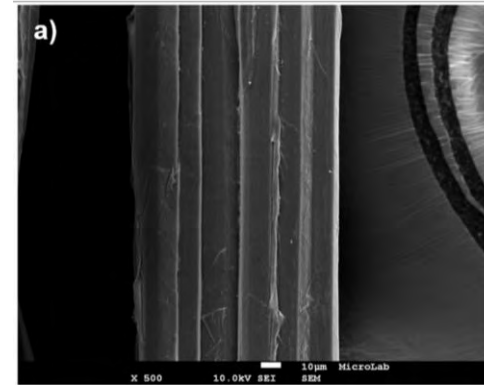
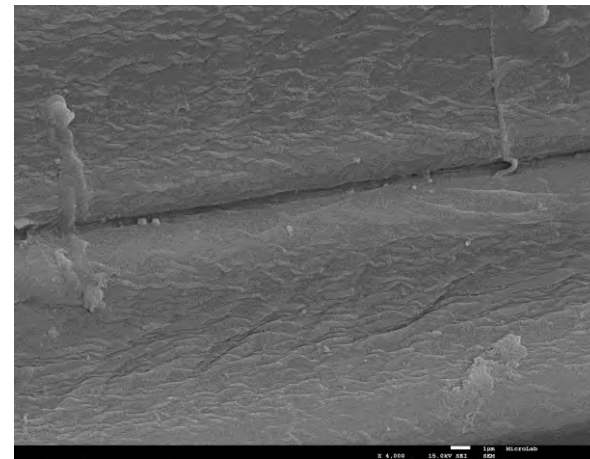
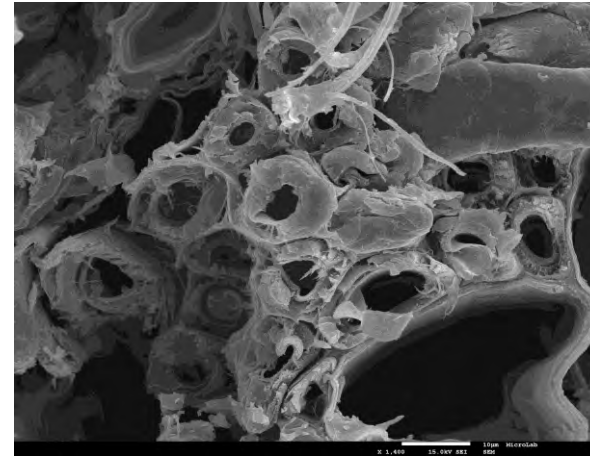
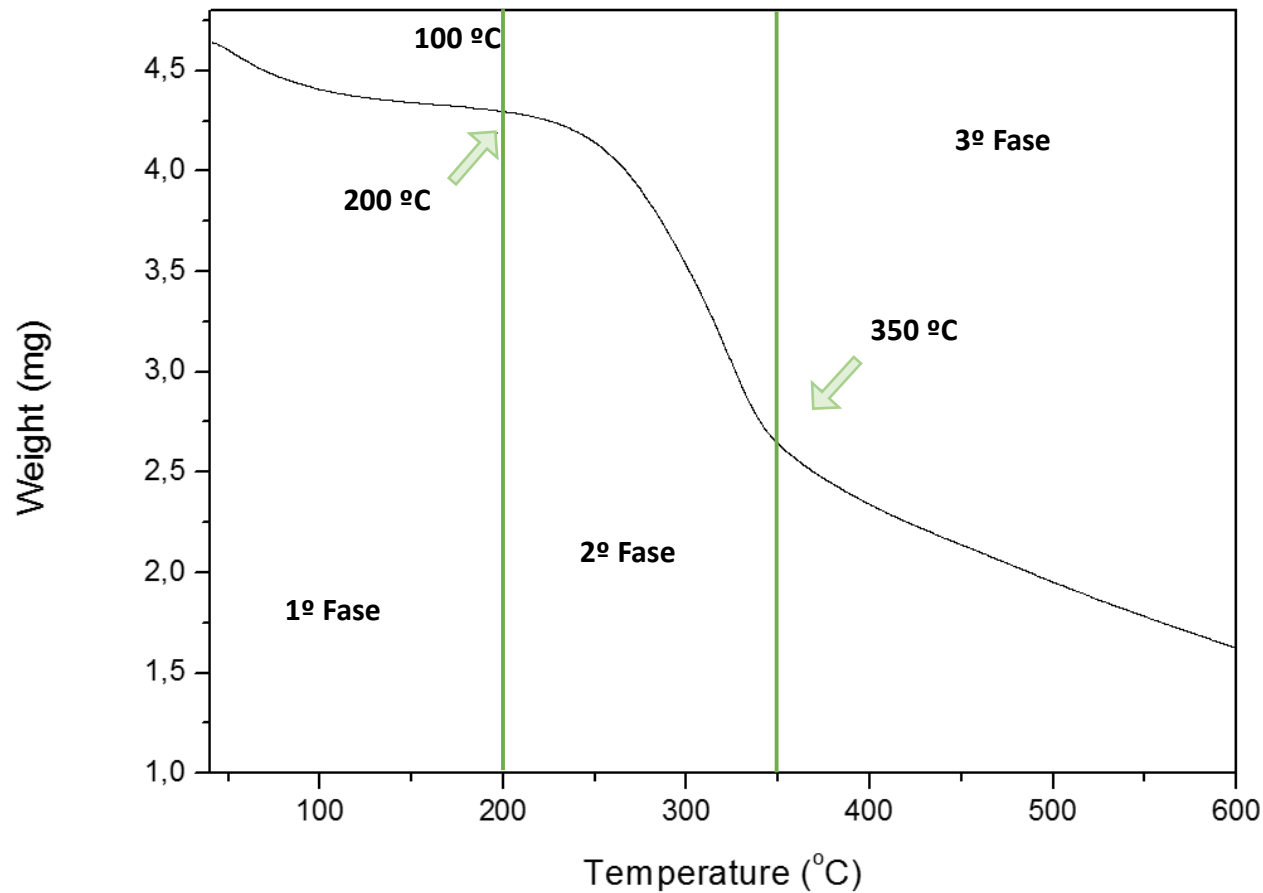
Tipo de Fibras	Provete (mm)	Deformação (%)	Tensão de rotura (MPa)	Modulo de Young (GPa)
Cana - Roca	100 - 300	0,7 - 1,7	120 - 180	8,6 - 23,2
Abacá	10 - 100	1 - 10	400 - 980	6,2 - 20
Cana-de-açúcar	-	0,9 - 1,1	20 - 290	2,7 - 27,1
Bamboo	100	1,4 - 3,7	140 - 800	11 - 35,9
Bananeira	150	1,5 - 10	180 - 914	7,7 - 32
Algodão	-	2 - 10	287 - 800	3,44 - 12,6
Tamareira	100	2 - 4,5	97 - 459	1,91 - 70
Linho	-	0,2 - 3,3	343 - 2000	18,4 - 103
Cânhamo	-	1 - 4,7	58 - 1100	3 - 90
Juta	60	1 - 8	187 - 938	3 - 78
Ananás	10	0,8 - 14,5	144 - 1627	1,44 - 2,5
Sisal	50	2 - 14	268 - 855	9 - 38

# 3. O Projeto



- Caracterização de fibras de *H. gardnerianum*:

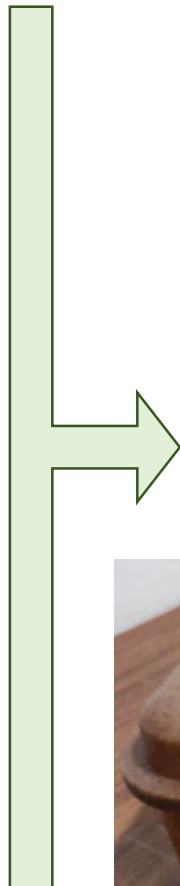
- Caracterização Térmica e Estrutural:



# 3. O Projeto



- Desenvolvimento de Prototipos:



### 3. O Projeto



- Os resultados obtidos sobre as fibras de *H. gardnerianum* neste projecto:

- 1). FEDER, através POACORES pelo projeto “Valorização e Desenvolvimento de Produtos da Conteira (*H. gardnerianum*)” - 01-0247-FEDER-000011



**Figura:** Prototipos criado com fibras de *Hedychium gardnerianum* com misturas poliméricas desenvolvidos para o projeto “Valorização e Desenvolvimento de Produtos da Conteira (*H. gardnerianum*)”.



## 4. Novos Projetos de IC&DT

- Os resultados obtidos sobre as fibras de *H. gardnerianum* promoveram o financiamento de projetos paralelos de IC&DT:
- 2) Era.net, através da FRCT (Fundo Regional para a Ciência e Tecnologia), pelo projeto “ECOPLACKAGING” – M2.2.A/F/001/2018 – ERA-NET ECOPLACKAGING:



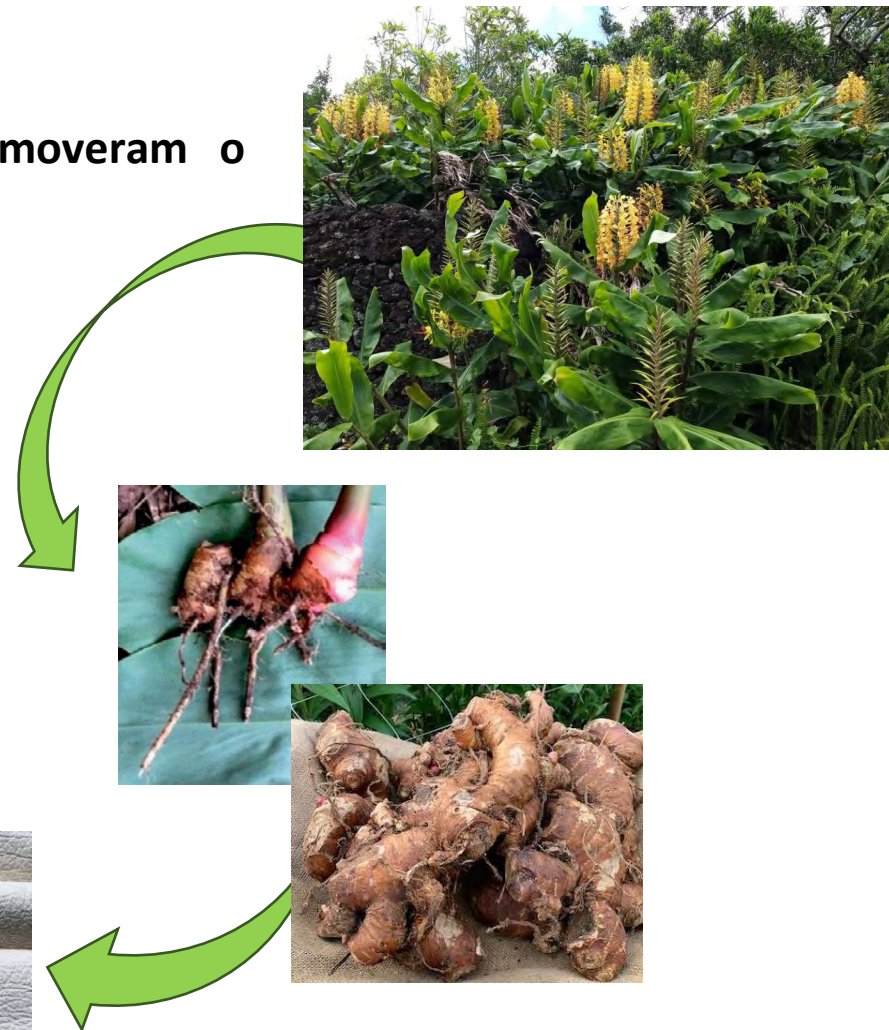
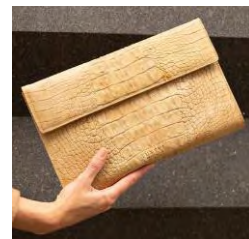
**Figura:** Prototipos de compósitos de PLA reforçados com fibras de *Hedychium gardnerianum* desenvolvidos durante o projeto “Ecoplackaging”



## 4. Novos Projetos de IC&DT

- Os resultados obtidos sobre as fibras de *H. gardnerianum* promoveram o financiamento de projetos paralelos de IC&DT:
- 3) FCT (Fundação para a Ciência e Tecnologia), pelo projeto “Development of a Sustainable Alternative Leather from *Hedychium gardnerianum* Rhizomes” – 2022.10367.PTDC:

**FCT**  
Fundação para a Ciência e a Tecnologia  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR



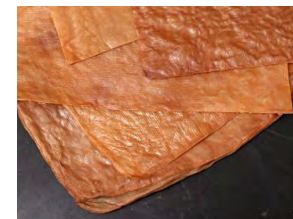
**Figura:** Protótipos de compósitos de PLA reforçados com fibras de *Hedychium gardnerianum* desenvolvidos durante o projeto “Ecoplacking”

# 5. Conclusões



## - Ponto de situação:

- Estamos a continuar a estudar novas formas de valorizar esta espécie
- E estamos a iniciar o desenvolvimento de uma Unidade Piloto na ilha das Flores para a valorização de Fibras



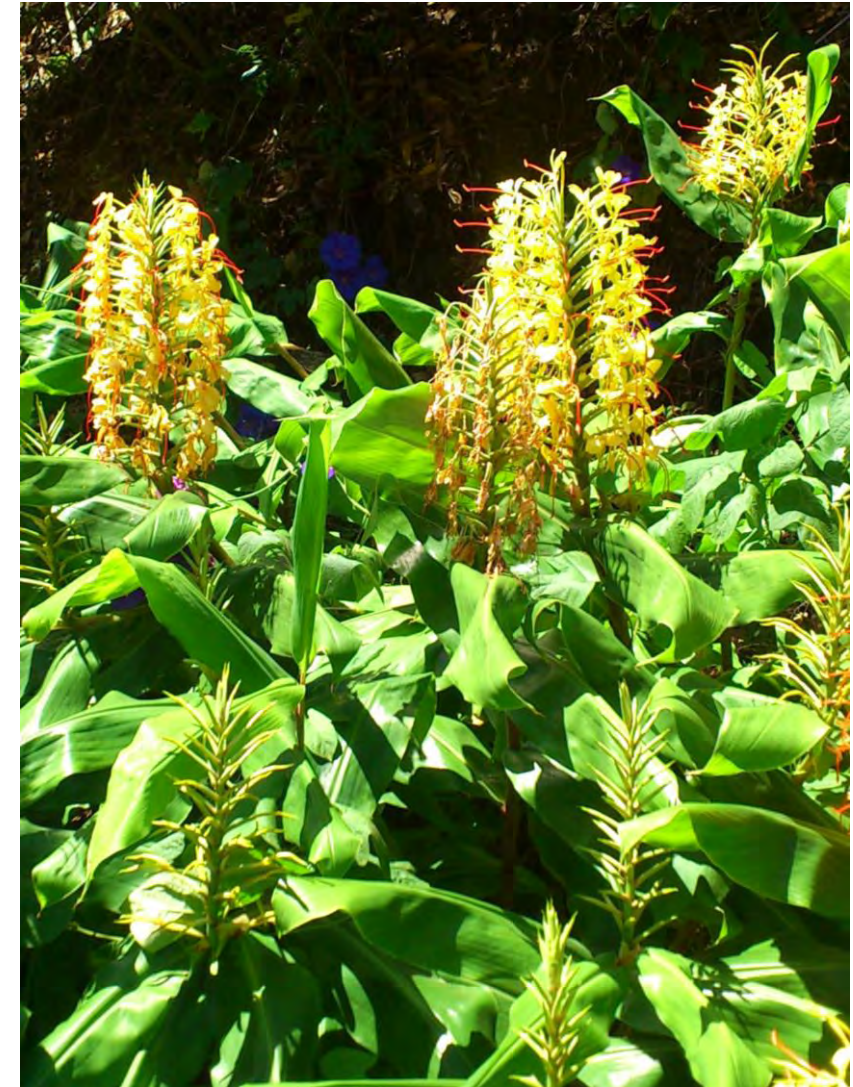


## 5. Conclusões

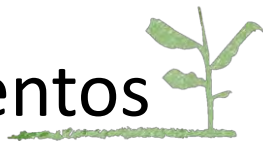


### - Considerações Finais:

- Contribui para a preservação do ambiente na região, pois haverá um maior controlo desta espécie.
- Acreditamos que este projeto terá um forte impacto positivo na região
- Pretende-se transformar um recurso endógeno da região em produtos de valor acrescentado
- Produtos ecológicos, sustentáveis e inovadores
- Com potencial no mercado regional e internacional



## 6. Agradecimentos



- O FRCT (Fundo Regional para a Ciência e Tecnologia) apoiou financeiramente Telmo Eleutério com uma bolsa de Doutoramento [ref: M3.1.a/F/040/2015]
- FEDER, através POACORES pelo projeto “Valorização e Desenvolvimento de Produtos da Conteira (*H. gardnerianum*)” - 01-0247-FEDER-000011
- M-ERA.NET, através da FRCT (Fundo Regional para a Ciência e Tecnologia), pelo projeto “ECOPLACKAGING” – M2.2.A/F/001/2018 – ERA-NET ECOPLACKAGING
- FCT (Fundação para a Ciência e Tecnologia), pelo projeto “Development of a Sustainable Alternative Leather from *Hedychium gardnerianum* Rhizomes” – 2022.10367.PTDC



GOVERNO  
DOS AÇORES



FRCT

FUNDO REGIONAL PARA A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA



UAç  
UNIVERSIDADE  
DOS AÇORES



FCT  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DOS AÇORES



CBA  
CENTRO DE BIOTECNOLOGIA DOS AÇORES  
UNIVERSIDADE DOS AÇORES



3C  
Bio

3.º CICLO EM BIOLOGIA | AÇORES



UNIVERSIDADE DO MINHO

cinn



CEFITEC  
CENTRO DE FÍSICA E INVESTIGAÇÃO TECNOLÓGICA  
Centre of Physics and Technological Research



DIGNIDADE E  
AA  
UNIVERSIDADE DOS AÇORES  
RENDIMENTO



TÉCNICO  
LISBOA



Fibrenamics  
Azores Fibre the future



IGA  
INNOVATION GREEN AZORES



FCT  
Fundação para a Ciência e a Tecnologia  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR



Synpo



FCT  
FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA



Açores  
2020  
PROGRAMA OPERACIONAL  
FEDER FSE



# II Seminário Técnico sobre Economia Circular



## Fibras de Conteira e Valorização de Produtos Endógenos

**PhD. Telmo Manuel Ferreira Eleutério**

Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade dos Açores

14 de Novembro, 2023