

# IV. TECNOLOGIA DE FIBRAS

## CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE HÍBRIDOS DE SISAL (1)

ANISIO AZZINI (2,4), DIRCEU CIARAMELLO (2),  
ANTONIO LUIZ DE BARROS SALGADO (2) e MARCO ANTONIO TEIXEIRA ZULLO (3,4)

### RESUMO

No presente estudo procedeu-se à caracterização tecnológica de alguns híbridos de sisal em comparação com a espécie comum (*Agave sisalana* Perr.), colhidos no Centro Experimental de Campinas em 1987. A densidade básica (0,172 a 0,249g/cm<sup>3</sup>) e o teor de matéria seca (16,91 a 24,82%) cresceram da base para a extremidade das folhas de sisal, contrastando com os teores de fibra têxtil (37,71 a 23,43%) e celulósica (21,75 a 14,56%), que decresceram a partir da base das folhas. As fibras celulósicas na base das folhas foram mais curtas, com maior lúmen e menor parede celular. O comprimento das fibras celulósicas do sisal comum (2,63mm) foi maior que os híbridos (1,39 a 2,09mm): estes não apresentaram superioridade tecnológica em relação ao sisal comum.

**Termos de indexação:** agave, sisal, fibras, celulose.

### 1. INTRODUÇÃO

As fibras têxteis obtidas a partir das folhas de sisal classificadas como "duras" ou estruturais, são utilizadas na manufatura de cordas, barbantes, tapetes e outros produtos afins. Nos últimos anos, tem-se verificado crescente valorização

---

(1) Recebido para publicação em 21 de julho de 1988 e aceito em 16 de janeiro de 1989.

(2) Seção de Plantas Fibrosas, Instituto Agronômico (IAC), Caixa Postal 28, 13001 Campinas, SP.

(3) Seção de Fitoquímica, IAC.

(4) Com bolsa de pesquisa do CNPq.

das fibras de sisal como matéria-prima celulósica, principalmente para produção de papéis especiais, tais como: papel para cigarros, filtros, papéis dielétricos, absorventes higiênicos, fraldas etc. (REBOUÇAS & MARTINS, 1985).

A espécie *A. sisalana* é praticamente a única cultivada em nosso País desde sua introdução, ocorrida na Bahia em 1903. Suas características tecnológicas, relacionadas com a quantidade e qualidade das fibras, têm permanecido constantes, em decorrência de sua propagação por via assexuada, através de bulbilhos e rebentões. Com a técnica de induzir artificialmente a produção de sementes, utilizada por MEDINA (1954) no Brasil e KIRBY (1963) na África, foi possível obter híbridos de sisal com características agrônômicas e tecnológicas diferenciadas da espécie comum.

Os trabalhos de melhoramento genético efetuados por MEDINA (1954), LOCK (1962), KIRBY (1963), ALLEN (1971), CIARAMELLO et al. (1975) e SALGADO et al. (1979), resultaram na obtenção de híbridos de sisal com produções agrícolas superiores ao sisal comum, como é o caso do híbrido 11.648, conhecido internacionalmente.

O objetivo do presente estudo foi promover uma caracterização tecnológica de alguns híbridos de sisal obtidos no Instituto Agrônômico, incluindo o híbrido africano 11.648, e compará-los com o sisal comum.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

No presente estudo foram utilizadas trinta folhas de sisal, representando a espécie comum (*Agave sisalana* Perr.), e os híbridos 11.648, 069, 056, 101 e 003, obtidos a partir dos cruzamentos envolvendo as espécies *Agave amanienses* Trelease et Nowel e *Agave angustifolia* Haw. Todo material foi coletado em 1987, no Centro Experimental de Campinas. No laboratório, após a amostragem em triplicata, da base, meio e ponta das folhas, procedeu-se às seguintes determinações:

### 2.1. Densidade básica e matéria seca

A densidade básica da folha de sisal foi calculada pela relação entre o peso da amostra e seu volume saturado por água, conforme método de HALWARD & SANCHEZ (1975). A matéria seca foi determinada em função do peso úmido e seco das amostras, sendo o peso seco determinado em estufa à temperatura de  $105 \pm 3^\circ\text{C}$ .

### 2.2. Fibras têxteis

As fibras têxteis foram obtidas manualmente com auxílio de um pequeno martelo, macerando-se as amostras sobre um suporte de borracha, na presença de água corrente. Após a maceração, elas foram lavadas e conduzidas à

estufa (60°C) para secar. Os teores de fibras têxteis (Ft) em relação ao peso úmido (verde) e seco da folha de sisal foram calculados pelas seguintes relações:

a) Base seca

$$F_t = \frac{\text{Peso seco das fibras têxteis} \times 100}{\text{Peso úmido da amostra} \times \text{teor de matéria seca}} \times 100$$

b) Base úmida

$$F_t = \frac{\text{Peso seco das fibras têxteis}}{\text{Peso úmido da amostra}} \times 100$$

### 2.3. Fibras celulósicas

As fibras celulósicas, componentes básicos das fibras têxteis, foram obtidas após o tratamento destas com solução ácida, composta de ácido acético glacial (50%), água oxigenada a 130 volumes (40%) e água destilada (10%). Esse tratamento foi realizado em banho-maria à temperatura de 70°C até completa deslignificação e individualização das fibras celulósicas.

À semelhança das têxteis, as fibras celulósicas (Fc) foram calculadas em relação ao peso seco e úmido da folha de sisal, conforme as seguintes relações:

a) Base seca

$$F_c = \frac{\text{Peso seco das fibras celulósicas} \times 100}{\text{Peso úmido da amostra} \times \text{teor de matéria seca}} \times 100$$

b) Base úmida

$$F_c = \frac{\text{Peso seco das fibras celulósicas}}{\text{Peso úmido da amostra}} \times 100$$

O rendimento de conversão de fibras têxteis em celulósicas (Rc), que expressa a pureza daquelas quanto à presença de tecido parenquimatoso junto às fibras têxteis, foi calculado pela seguinte relação:

$$R_c = \frac{\text{Peso seco das fibras celulósicas}}{\text{Peso seco das fibras têxteis}} \times 100$$

## 2.4. Dimensões das fibras celulósicas

Com o auxílio de um micrômetro ocular de tambor de Huyghens, foram determinadas as dimensões fundamentais das fibras celulósicas com relação ao comprimento, largura, lúmen e espessura da parede celular. Para cada amostra, foram montadas dez lâminas, dimensionando-se dez fibras por lâmina, totalizando 600 fibras.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores da densidade básica e matéria seca nas folhas de sisal encontram-se no quadro 1.

A densidade básica cresceu da base ( $0,172\text{g/cm}^3$ ) para a extremidade da folha ( $0,249\text{g/cm}^3$ ), evidenciando variações por unidade de área nas concentrações dos tecidos fibrosos e parenquimatosos ao longo da folha. A maior densidade básica foi a do híbrido 069 ( $0,244\text{g/cm}^3$ ), contrastando com o sisal comum e demais híbridos, cujos valores variaram de  $0,201$  a  $0,203\text{g/cm}^3$ . Como ocorreu com a densidade básica, o teor de matéria seca foi menor na base das folhas, crescendo ao longo do seu comprimento ( $16,91$  a  $24,82\%$ ). Com exceção do híbrido 069 ( $23,74\%$ ), os demais ( $19,53$  a  $21,08\%$ ) não apresentaram variações significativas em relação ao sisal comum ( $19,70\%$ ).

As fibras têxteis foram calculadas em relação ao peso seco e úmido das folhas (Quadro 2). Em relação ao peso seco, os teores de fibras têxteis decresceram da base ( $37,71\%$ ) para a extremidade da folha ( $23,43\%$ ), não se observando superioridade significativa dos híbridos ( $26,31$  a  $33,00\%$ ) em relação ao sisal comum ( $30,60\%$ ). Na base úmida, não houve variações significativas, nos teores de fibras têxteis, evidenciando que a correta determinação dessa característica tecnológica deve ser em relação ao peso seco da folha.

O rendimento da conversão de fibras têxteis em fibras celulósicas (Quadro 3) não variou significativamente ao longo do comprimento da folha ( $59,78$  a  $62,17\%$ ). O híbrido 003 ( $66,07\%$ ), que não diferiu do sisal comum ( $63,08\%$ ), apresentou maior rendimento de conversão que os demais. O maior rendimento de conversão está associado à menor concentração de elementos anatômicos não fibrosos junto às fibras têxteis. Para o híbrido africano 11.648, o rendimento obtido ( $60,86\%$ ) foi semelhante ao observado por SILVA et al. (1983).

As fibras celulósicas, à semelhança das têxteis, foram calculadas em relação ao peso seco e úmido da folha (Quadro 4).

Na base seca, esses teores variaram ao longo do comprimento da folha, com valores decrescentes da base ( $21,75\%$ ) para a extremidade ( $14,56\%$ ). Com exceção do híbrido 056 ( $15,97\%$ ), os demais ( $17,40$  a  $20,14\%$ ) não apresentaram

QUADRO 1. Densidade básica e matéria seca nas folhas de sisal<sup>(1)</sup>

Material	Densidade básica			Matéria seca				
	Base	Meio	Ponta	Média	Base	Meio	Ponta	Média
<i>Agave sisalana</i>								
Híbrido 11,648	0,143	0,207	0,260	0,203 b	14,02	20,12	24,97	19,70 b
Híbrido 101	0,155	0,201	0,246	0,201 b	14,83	20,05	23,72	19,53 b
Híbrido 069	0,178	0,196	0,241	0,203 b	17,17	19,92	23,91	20,33 b
Híbrido 056	0,223	0,236	0,274	0,244 a	21,29	22,86	26,76	23,74 a
Híbrido 003	0,177	0,203	0,223	0,201 b	18,57	20,46	24,20	21,08 ab
Média (Região foliar)	0,172 c	0,208 b	0,249 a	0,201 b	15,60	20,73	25,33	20,55 b
dms (Tukey a 5%):								
Folha								2,84%
Região foliar								2,33%
CV								7,38%

<sup>(1)</sup> Médias de cinco repetições.

QUADRO 2. Teores de fibras têxteis nas folhas de sisal<sup>(1)</sup>

Material	Base seca				Base úmida			
	Base	Meio	Ponta	Média	Base	Meio	Ponta	Média
	%							
Agave sisalana	39,70	29,20	22,92	30,60 ab	5,72	5,68	5,71	5,75
Híbrido 11,648	40,10	32,72	26,80	33,00 a	6,00	6,53	6,40	6,31
Híbrido 101	37,70	32,03	27,11	29,81 ab	6,43	5,92	5,17	5,84
Híbrido 069	37,42	33,23	27,11	32,60 a	8,00	7,50	7,33	7,60
Híbrido 056	34,41	24,80	19,80	26,31 b	6,20	5,02	4,72	5,31
Híbrido 003	36,91	29,08	22,20	29,40 ab	5,62	5,90	5,53	5,70
Média (Região foliar)	37,71 a	30,18 b	23,43 c		6,33	6,09	5,81	
dms (Tukey a 5%):								
Folha							4,38%	
Região foliar							3,58%	
CV							6,96%	34,82%

(1) Médias de cinco repetições.

QUADRO 3. Rendimento de conversão de fibras têxteis em fibras celulósicas em sisal (1)

Material	Rendimento de conversão			
	Base	Meio	Ponta	Média
			%	
<i>Agave sisalana</i>	61,95	63,71	63,59	63,08 ab
Híbrido 11.648	58,93	61,64	62,01	60,86 bc
Híbrido 101	57,22	59,97	60,60	59,26 c
Híbrido 069	58,03	59,24	58,18	58,48 c
Híbrido 056	59,59	61,11	59,21	59,97 bc
Híbrido 003	62,97	67,34	67,90	66,07 a
Média (Região foliar)	59,78	62,17	61,92	
dms (Tukey a 5%):				
Folha			3,32%	
Região foliar				
CV			2,60%	

(1) Médias de cinco repetições.

variações significativas em relação ao sisal comum (19,30%). Esses resultados, em função dos diferentes teores de umidade no material estudado, não foram confirmados quando calculados sobre o peso úmido da folha. Na base úmida, não houve variações ao longo da folha (3,77 a 3,60%) e o híbrido 056 (3,20%) não diferiu significativamente do sisal comum (3,60%).

Nos quadros 5 e 6 acham-se as dimensões das fibras celulósicas quanto ao comprimento, largura, lúmen e espessura da parede celular. Dessas dimensões, o comprimento é a principal característica morfológica das fibras celulósicas, pois, através dele se caracterizam as matérias-primas fibrosas em fornecedores de fibras longas e curtas, respectivamente, quando se aproximam das fibras do pinus (3,5mm) e eucalipto (1,0mm).

O comprimento das fibras celulósicas variou ao longo da folha (1,53 a 2,05mm), estando as mais longas localizadas na região mediana e extremidade das folhas. A região basal, embora com maior concentração de tecido fibroso, forneceu fibras com menor comprimento. O sisal comum (2,63mm) mostrou absoluta superioridade em relação aos híbridos (1,39 a 2,09mm). O comprimento médio obtido para as fibras do sisal comum está perfeitamente dentro dos limites obtidos por AZZINI & CIARAMELLO (1977), LOCK (1962) e MEDINA (1954).

QUADRO 4. Teores de fibras celulósicas nas folhas de sisal<sup>(1)</sup>

Material	Base seca			Base úmida				
	Base	Meio	Ponta	Média	Base	Meio	Ponta	Média
<i>Agave sisalana</i>	24,73	18,60	14,53	19,30 a	3,51	3,65	3,64	3,60 bc
Híbrido 11.648	23,72	20,00	16,70	20,14 a	3,60	4,05	4,00	3,90 ab
Híbrido 101	21,15	17,90	13,12	17,40 ab	3,70	3,55	3,13	3,45 bc
Híbrido 069	21,62	19,60	15,72	19,00 a	4,51	4,40	4,23	4,40 a
Híbrido 056	16,23	15,23	12,00	15,97 b	3,74	3,07	2,80	3,20 c
Híbrido 003	23,03	18,80	15,30	19,02 a	3,54	3,95	3,80	3,75 bc
Média (Região foliar)	21,75 a	18,36 b	14,56 c		3,77	3,78		3,60
dms (Tukey a 5%):								
Folha		2,95%						0,64%
Região foliar		2,41%						8,29%
CV		7,66%						

<sup>(1)</sup> Médias de cinco repetições.



QUADRO 5. Comprimento e largura das fibras celulósicas de sisal<sup>(1)</sup>

Material	Comprimento				Largura			
	Base	Meio	Ponta	Média	Base	Meio	Ponta	Média
	mm				µm			
Agave sisalana	2,18	2,80	2,92	2,63 a	16,55	17,33	18,90	17,55 a
Híbrido 11.648	1,80	2,22	2,26	2,09 bc	15,83	16,63	16,83	16,33 abc
Híbrido 101	1,17	1,54	1,54	1,42 ef	16,48	14,18	15,70	15,48 bcd
Híbrido 069	1,41	1,88	1,93	1,74 d	14,20	13,83	15,18	14,49 cd
Híbrido 056	1,24	1,49	1,44	1,39 f	13,69	12,84	13,55	13,34 d
Híbrido 003	1,37	2,00	2,19	1,85 cd	18,69	16,62	18,21	17,83 a
Média (Região foliar)	1,53 b	1,99 a	2,05 a		15,91	15,24	16,40	
dms (Tukey a 5%):								
Folha	0,27mm				0,02mm			
Região foliar	0,22mm				7,76%			
CV	7,82%							

<sup>(1)</sup> Médias de cem fibras.

QUADRO 6. Lúmen e espessura da parede celular das fibras celulósicas de sisal<sup>(1)</sup>

Material	Lúmen					Parede celular				
	Base	Meio	Ponta	Média	Base	Meio	Ponta	Média		
	$\mu\text{m}$									
Agave sisalana	6,71	5,49	5,92	5,99 bc	4,92	5,92	6,49	5,78 a		
Híbrido 11.648	6,71	6,21	5,71	6,21 bc	4,56	5,21	5,56	5,06 ab		
Híbrido 101	8,06	6,06	6,14	6,78 ab	4,21	4,06	4,78	4,35 cd		
Híbrido 069	5,64	4,85	5,06	5,21 c	4,28	4,49	5,06	4,64 bcd		
Híbrido 056	5,99	5,28	5,71	5,64 bc	3,85	3,78	3,92	3,85 d		
Híbrido 003	9,13	6,64	7,79	7,85 a	4,78	4,99	5,21	4,99 bc		
Média (Região foliar)	7,04 a	5,76 b	6,06 ab		4,43 b	4,74 b	5,17 a			
dms (Tukey a 5%):										
Folha			1,29mm					0,50mm		
Região foliar			1,07mm					0,42mm		
CV			11,07%					5,68%		

<sup>(1)</sup> Médias de cem folhas.

A largura das fibras celulósicas não variou significativamente em função da região foliar (15,91 a 16,40mm). As mais estreitas foram obtidas com os híbridos 056, 069 e 101, cujos valores variaram de 13,34 a 15,48mm. Os híbridos 003 (17,83mm) e 11.648 (16,33mm) não diferiram significativamente do sisal comum (17,55 mm).

Quanto ao lúmen e espessura da parede celular, houve variações significativas em função da região foliar e do material estudado. As fibras celulósicas da base da folha apresentaram maior lúmen e menor espessura da parede celular. O híbrido 003, em comparação ao sisal comum, apresentou maior lúmen e menor parede celular. Essas características morfológicas conferem às fibras maior flexibilidade, favorecendo a manufatura de papel com melhor resistência físico-mecânica que dependa das ligações entre as fibras, conforme observou BUSNARDO et al. (1985) e REBOUÇAS & MARTINS (1985).

#### 4. CONCLUSÕES

1) A densidade básica e o teor de matéria seca cresceram da base para a extremidade da folha de sisal. O híbrido 069, em relação ao sisal comum, apresentou maior densidade básica e maior teor de matéria seca;

2) Os teores de fibras têxteis e celulósicas decresceram da base para a extremidade da folha, não se observando para as fibras têxteis superioridade dos híbridos. Para as celulósicas, apenas o híbrido 056 revelou menor teor de fibras que o sisal comum;

3) O rendimento de conversão de fibras têxteis em celulósicas não variou ao longo do comprimento da folha, não havendo superioridade dos híbridos em relação ao sisal comum;

4) As fibras têxteis e celulósicas devem ser calculadas em relação ao peso seco da folha, pois, na base úmida; os resultados não foram consistentes, sendo influenciados pelo teor de umidade da folha;

5) As fibras celulósicas na base das folhas foram mais curtas, com maior lúmen e menor parede celular. Quanto ao comprimento das fibras celulósicas, o sisal comum (2,63mm) mostrou absoluta superioridade em relação aos híbridos (1,39 a 2,09mm);

6) Considerando as características tecnológicas estudadas, os híbridos não apresentaram superioridade em relação ao sisal comum.

## SUMMARY

### TECHNOLOGICAL CHARACTERIZATION OF SISAL HYBRIDS

Some sisal hybrids were studied in comparison to the common sisal (*Agave sisalana* Perr.) regarding some technological characteristics. The basic density (0.172 to 0.249 g/cm<sup>3</sup>) and the dry matter (16.91 to 24.82%) increased from the base to top region of sisal leaf. On the other hand, the content of textile fibers decreased from the base to the top of the leaves (37.71 to 23.43). The same trend was observed for cellulosic fibers (21.75 to 14.56%). The cellulosic fibers in the leaf base were shorter, with more lumen and less cell wall. The length of cellulosic fiber on common sisal (2.63mm) was longer than for hybrids (1.39 to 2.09mm). The sisal hybrids didn't show technological superiority over the common sisal.

**Index terms:** agave, sisal, fibers, cellulose.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, D.J. Control of zebra-disease of *Agave* hybrids by breeding for resistance to *Phytophthora* spp. *PANS*, **17**(1):42-46, 1971.
- AZZINI, A. & CIARAMELLO, D. Dimensões das fibras em *Agave*. *Bragantia*, Campinas, **36**:XXXV-XXXVIII, 1977. (Nota, 9)
- BUSNARDO, C.A.; MENOCELLI, S.; DIAS, C.; CHAGAS, B.J. & SANSIGOLO, C.A. Potencialidade do *Eucaliptus robusta* para produção de celulose kraft. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 18., São Paulo, 1985. p.81-107.
- CIARAMELLO, D.; CASTRO, G.A.P. & PETINELLI, A. *Agave*. *Bragantia*, Campinas, **34**:195-203, 1975.
- HALWARD, A. & SANCHEZ, C. *Métodos de ensaio nas indústrias de celulose e papel*. São Paulo, Editora Brusco, 1975. 458p.
- KIRBY, R.H. *Agave* family. In: VEGETABLE fibres. New York, Interscience, 1963. p.217-265.
- LOCK, G.W. *Sisal*. London, Longmans, 1962. 355p.
- MEDINA, J.C. *O sisal*. São Paulo, Secretaria da Agricultura, 1954. 286p.
- REBOUÇAS, J.T. & MARTINS, M.A.L. Efeito da ação do refino nas propriedades físico-mecânicas da polpa de sisal e outras não-madeira. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 18., São Paulo, 1985. p.149-168.
- SALGADO, A.L.B.; CIARAMELLO, D. & AZZINI, A. Melhoramento de agave por hibridação. *Bragantia*, Campinas, **38**:1-6, 1979.
- SILVA, N.M.; REBOUÇAS, J.T.; LUBI, N. & MATUS, D. Pasta química de sisal. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 3., São Paulo, 1983. p.161-167.