Plantas fibrosa
Riqueza d

por
Leopold Rodés

O carbono fixado pelos vegetais superiores mediante a fotossíntese serve para formar as estruturas que formam as paredes celulares. A biogênese destas estruturas construtivas vai configurando as características químicas e físicas das células vegetais, seu dimensionando e sua morfologia, assim determinando as funções especializadas das fibras nos organismos vegetais. Estas fibras, formadas por concatenações poliméricas de diversos monômeros carboidratos, sempre apresentaram um grande potencial de aproveitamento dos seus elementos celulósicos como elementos de base para as reestruturações fibrosas inovadoras das manufaturas papeleiras.

Os carboidratos constituem o conjunto de matérias-primas orgânicas renováveis mais abundantes no reino vegetal. Neste quadro, se destacam de modo especial as celuloses e as hemiceluloses, cujas participações apresentam ordens de grandeza semelhantes entre si e cuja soma representa a metade do peso das plantas terrestres do planeta. As fibras são células vegetais, cujas paredes e membranas internas são constituídas por materiais celulósicos diversos de morfologia adequada às respectivas funções orgânicas por elas desempenhadas dentro do vegetal. Assim, nessas fibras existe uma predominância de estruturas macromoleculares celulósicas, o que as torna as mais abundantes na biodiversidade vegetal.

No período que vai desde o invento do papel até os dias de hoje, as fibras de plantas anuais (fibras têxteis recicladas) foram as quase exclusivamente utilizadas nas manufaturas papeleiras durante 18 séculos (90% do tempo a partir do início); mais recentemente, porém (nos 150 anos finais do período considerado), as fibras vegetais celulósicas passaram a ser fornecidas pelas madeiras retiradas de florestas. As vantagens econômicas, oferecidas pelas novas fontes de fibras, foram muito convincentes, ao ponto de reduzir, substancialmente, os fornecimentos de fibras celulósicas não-arbóreas.

O presente ensaio considera oportuno revisar os conhecimentos acumulados sobre a grande variedade de características morfológicas observadas nas fibras de plantas fibrosas anuais e quais são as oportunidades, eventualmente oferecidas, pelas perspectivas quantitativas e/ou qualitativas de uma reversão na tendência dos últimos tempos ou de simplesmente manter sua presença em alguns "nichos" do mercado consumidor. Não pode ser esquecido o fato de que a grande abundância celulósica, entre as estruturas fibrosas mais usadas, é uma conseqüência do primeiro passo na biogênese vegetal: a fotossíntese dos carboidratos, pela qual a celulose constitui o primeiro elo entre os que formam a cadeia metabólica do crescimento vegetal, independentemente de serem gramíneas, arbustos, ou os grandes representantes dos vegetais superiores que formam as florestas.

O III PBDCT incorporou recomendação estratégica do GDPE

O documento *Diretrizes*, elaborado pelo GDPE (Grupo de Debates sobre Planejamento Estratégico do Setor de Celulose e Papel (1980), apontou a conveniência de "promover pesquisas para viabilizar a utilização das fibras de matérias-primas regionais, de resíduos florestais e agrícolas, entre esses o bagaço-de-cana, para a produção de celulose". Esta indicação foi incluída no III PBDCT (Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 1980-1985), através da Ação Programada em Ciência e Tecnologia. Diversos debates sobre o tema tiveram ressonância em núcleos de pesquisa e entidades ligadas ao setor celulósico papeleiro, induzindo iniciativas que não tiveram continuidade por falta de interesse ou de apoio nas áreas industriais e de governo potencialmente envolvidas.

Não pode deixar de ser registrado o interesse ininterrupto demonstrado pelo uso de fibras vegetais regionais "não arbóreas" por parte de artistas e artesãos com vontade de registrar seus desenhos e expressões artísticas sobre papel feito à mão por eles próprios, a partir de matérias-primas fibrosas de colheita anual. Ao não depender de uma extração madeireira, estas fontes alternativas de celulose eram

s anuais (I)
alternativas morfológicas

Historical Essays
This paper shows the great variety of morphological alternatives allowed by annual plants fibers

vistas como mais amigas que as florestas plantadas, erradamente malvistas como causadoras da devastação de matas virgens, levando a pensar que a defesa das fibras anuais estaria contribuindo para preservar e defender a riqueza ecológica representada pelas florestas nativas.

Retrospectiva histórica

Desde o começo das manufaturas papeleiras e ao longo da sua evolução tecnológica, o papel sempre foi considerado um material amigo do homem por causa de duas importantes características que sempre o acompanharam.

A primeira delas é a sua importante função como suporte de símbolos gráficos que permitem registrar, armazenar e transmitir conceitos e idéias, estabelecendo uma forte interligação entre o papel e as mais diversas expressões culturais da humanidade.

A segunda característica decorre de sua "dupla reciclabilidade" ao ser o papel um material reciclável (ciclo do aproveitamento de aparas), manufaturado com uma matéria-prima renovável (ciclo geológico do carbono), deixando evidente uma convivência harmônica com o meio ambiente, sendo que esta característica se apresenta como um pano-de-fundo, cuja continuidade histórica reforçou a antiga imagem amiga do papel, produto resultante da reciclagem de fibras têxteis.

O deslocamento geográfico das áreas produtoras de fibras acompanhou as manufaturas papeleiras delineando um itinerário intercontinental que, iniciado num ponto da Ásia central, passou sucessivamente por Canton, Samarkanda, Alexandria, Córdova, Fabriano, Europa Central, Escandinávia, até chegar nas Américas. Neste continente, em Colhuacan do México, o fluxo de tecnologias que veio da Península Ibérica cruzou com a tecnologia do amatl azteca, eventual herança de antepassados chegados pelos horizontes marítimos das costas do Oceano Pacífico; ou de outros ancestrais que, partindo da Ásia central, cruzaram os gelados estreitos de Behring até chegar no Alasca e seguir para o sul do continente americano na procura de climas mais amenos, como o de Colhuacan, importante ponto de encontro de dois fluxos culturais expressando dois estágios de tecnologias cronologicamente defasados nos seus respectivos desenvolvimentos.

O reino vegetal oferece, nas suas fibras, uma rica variedade morfológica

Na longa caminhada secular que completou uma volta ao redor do planeta, os papeleiros encontraram uma grande variedade de fibras das mais diversas características morfológicas, muitas delas tentativamente utilizadas como matéria-prima alternativa. Visando tornar possível a manufatura de papéis nas crescentes quantidades exigidas pelo contínuo desenvolvimento social da humanidade, houve um grande aumento na intensidade desta procura, diminuindo rapidamente a partir da escolha das fibras de madeira como melhor alternativa. Entre os grandes estudiosos das fibras vegetais cabe mencionar o engenheiro agrônomo Júlio César Medina, do Instituto Agronômico de Campinas, São Paulo, que, sob o título *Plantas Fibrosas da Flora Mundial* (1959), publicou seus levantamentos com grande riqueza de detalhes na descrição das técnicas operacionais usadas. O seu índice analítico de uns cinco mil nomes científicos e outros tantos vulgares, com base a 350 referências bibliográficas, demonstra claramente a importância de um trabalho, cuja consulta cuidadosa permite construir uma base sólida para a interpretação e subseqüente incorporação de informações mais atualizadas esparsas em abundante literatura internacional relativa às fibras vegetais, tornando possível a elaboração do presente ensaio, visando apresentar resumidamente o acontecido nos últimos 150 anos e cuja quinta essência é apresentada nas tabelas de 1 a 4.

A tabela 1 mostra que as fibras se apresentam localizadas nas principais partes do vegetal, sendo que os exemplos escolhidos formam um conjunto de plantas bem-conhecidas

desde tempos remotos pelas suas aplicações úteis nos mais diversos campos da atividade econômica.

A tabela 2 diz respeito à composição química aproximada das principais fibras vegetais, da qual podem ser deduzidos os fundamentos básicos desta utilidade. Na tabela, constam umas "bandas" muito amplas para acolher as variações observadas nos valores dos principais componentes químicos presentes nas diferentes fibras vegetais. É importante frisar que os valores de celulose, α-celulose e hemicelulose, dependem muito do método analítico usado na sua quantificação e devem ser considerados como exclusivamente orientativos sobre o comportamento das fibras vegetais.

O comportamento funcional das fibras, em grande parte, depende da relação mássica entre α-celulose (hexoses) e hemicelulose (pentoses). As primeiras, essencialmente formadas por cadeias moleculares de configuração linear, propiciam as longas e resistentes fibrilas que, quando devidamente interligadas, são muito importantes para conseguir mostrar uma adequada resistência à tração; ou, também, uma resistência contra reagentes químicos em zonas de formação "fechada", áreas com elevada cristalinidade. Pelo seu lado, a estruturação molecular ramificada das hemiceluloses as leva a contribuir, significativamente, na formação entrelaçada da folha que envolve as moléculas puramente lineares da celulose e as ramificadas da própria hemicelulose, bem mais heterogêneas pela variedade de "apêndices" pendurados na sua estrutura mais aberta por ser ramificada, mais propensa a efeitos plastificantes do meio aquoso e dos quais resulta uma geleificação, que favorece a adesão entre os diversos elementos fibrosos do papel.

Tabela 1: Parte do vegetal onde a fibra é localizada

Vegetais Nome científico	Nome vulgar	Parte do vegetal
Oriza sativa/Gramineae	Arroz	Talos
Bambusa SP/Gramineae	Bambu	
Saccharum officinarum/Gramineae	Cana-de-açúcar	
Linum usitantissimum/Linaceae	Linho	Liber
Corchorus capsularis/Tiliaceae	Juta	
Hibiscus cannabinus/Malvaceae	Kenaf	
Musa textilis/Musaceae	Abaca	Folhas
Agave sisalana/Amaryllidaceae	Sisal	
Phormium tenax/Liliaceae	Fórmio	
Gossypum hirsutum/Malvaceae	Algodão	Sementes
Cocos nucifera/Palmae	Coqueiro	
Gimnospermas	Pinheiros	Lenho
Angiospermas	Folhosas	

Tabela 2: Composição química aproximada das fibras vegetais (%)

Nome vulgar	Celulose	α-celulose	Hemi-celulose	Lignina	Sílica	Cinzas
Abaca	78	60	17	9		1,1
Algodão	85	80/85				
Arroz	43/49	28/36	23/28	12/16	4/14	
Bambu	57/66	26/43	15/26	21/31	0,69	
Cana-de-açúcar	49/62	32/44	27/32	19/24	0,7/3,5	
Cevada	47/48	31/34	24/29	14/15	3/6	
Coqueiro	53			40		
Crotalária	79/89		1,5	7,2		
Esparto	50/54	33-38	27/32	17/19		
Juncos	57	44,7	20	22,8	2	
Juta	57/58		18/21	21/26		0,5/1,8
Kenaf	47/57	31/39	22	14/19		1,7/5,0
Linho	76/79	45/68	6/17	10/14		2,3/4,7
Rami	97	86				0,15
Sisal	55/73	43/56	21/24	7-9		0,6/1,1
Trigo	49/54	29/35	26/32	16/21	3/7	
Coníferas	53/62	40/45	7/14	26/34		< 1
Folhosas	54/61	38/49	19/26	23/30		< 1

Os porcentuais de lignina são de suma importância tanto para o esquema de custos como para a qualidade dos papéis manufaturados. Quando os papéis eram manufaturados com trapos selecionados, isto é, reciclando trapos cujas fibras têxteis eram provenientes de plantas anuais, a baixa porcentagem presente deste componente nas fibras usadas não significou problema nenhum para os papeleiros. No entanto, o comportamento da lignina na formação do papel, nos últimos 150 anos, durante os quais foi aumentando a quantidade de fibras procedentes de madeira (onde o teor de lignina é bem mais elevado), demonstrou a conveniência de eliminar este componente. Ficou evidente que sua eliminação somente é conseguida a custos inversamente proporcionais aos baixos teores visados.

Nesta tabela 2, também constam os valores de sílica e de cinzas correspondentes a cada uma das alternativas fibrosas apresentadas. A presença destes componentes causa problemas de difícil solução nas caldeiras destinadas a recuperar os reagentes que deslignificaram as fibras celulósicas nos digestores industriais.

A composição química das fibras é importante, mas a

conveniência de uma composição considerada ideal somente poderá ser aproveitada mediante características físico-químicas que propiciem a funcionalidade potencial passível de ser esperada dentro dos caminhos impostos pelas leis da física em vigor com relação à morfologia das fibras em questão. Assim sendo, é recomendável verificar quais são as dimensões das fibras consideradas para uma manufatura de papel antes de tomar qualquer decisão sobre futuros fornecimentos de fibras.

Na tabela 3, são apresentados valores representativos para as dimensões das fibras mais usadas, com ênfase nas das "plantas anuais". Nesta tabela, deve ser chamada a atenção sobre a relação entre a longitude das fibras e seus respectivos diâmetros, porquanto as cadeias poliméricas formadas por unidades de celobiose unidas em feixes finos de fibrilas flexíveis que, por sua vez, aderem umas às outras formando fibras maiores nas quais é conservada a flexibilidade das suas fibrilas ao formar a estrutura da folha de papel como um emaranhado de longos e finos filamentos das fibras celulósicas.

A tabela 4 mostra os diferentes graus de polimerização, complementando as informações sobre os valores da relação L/Ø, apresentados na tabela anterior.

Tabela 3: Relação L/Ø (decrescente)
(L) Comprimento médio (mm); Ø diâmetro (µ)

NOME VULGAR	(L)	Ø	L/Ø	
Rami	143,0	47	3042	talo
Algodão	31,0	20	1550	semente
Linho	33,0	23	1416	talo
Cânhamo	30,0	22	1363	talo
Urtiga	30,0	45	672	caule
Formio	9,3	15	625	folhas
Kozo	10,5	30	350	talo
Tapa	10,5	30	350	casca
Crotalária	10,0	30	308	talo
Embira-branca	3,0	12	250	casca
Abacá	5,2	24	217	folhas
Esparto	15,0	8	187	folhas
Sisal	3,1	20	156	folhas
Mitsumata	3,0	20	150	casca
Bambu	3,3	23	144	talo
Kenaf	2,7	21	130	talo
Juta	2,8	22	128	talo
Trigo	1,9	15	126	palha
Agave	2,8	25	112	folhas
Henequen	2,7	25	110	folhas
Junco	1,4	15	93	palha
Cana-de-açúcar	1,7	20	85	talo
Coqueiro	0,7	18	39	frutos

Tabela 4: Grau de polimerização (DP): exemplos

VEGETAL	DP	VEGETAL	DP
Algodão (fechado)	15300	picea de Engelman	8000
Rami	10800	picea, casca	7100
Choupo	10300	picea, sulfito brq.	1255
Kapok	9500	picea, sulfato	975
Bétula alba	9400		
Linho	8800	bactérias	6000
Canela, casca	8300		4000
Algodão (aberto)	8100		
Pinho basiano	7900	linter brq	5000
Bétula, casca	7500		1000

O clima de mudança global convida à meditação

A perspectiva histórica permite perceber a revolucionária influência que o advento da letra impressa representou sobre as demandas qualitativa e quantitativa de materiais fibrosos. Além das demandas para papéis impressos, uma série de mudanças culturais significaram novos hábitos que induziram necessidades maiores de estruturas papeleiras para embalagem de alimentos, medicamentos e uma infinidade de produtos destinados a serem consumidos longe da localidade onde foram produzidos e, portanto, demandando novas estruturas fibrosas para seu transporte. Esses novos hábitos demandaram um uso crescente de absorventes diferenciados pela sua função final: higiene pessoal íntima, higiene hospitalar, doméstica, industrial, demandas essas que ainda vêm sendo aumentadas recentemente, pois vemos ainda surgindo crescentes demandas de novos papéis especiais, não menos intensas na sua urgência, destinadas ao atendimento de modalidades inovadoras de impressão, ligadas à computação e à reprodução gráfica digital.

Este clima de mudança, ao nível de consumo, recomenda uma meditação sobre os critérios que foram se perfilando nas sucessivas escolhas exigidas pelas crescentes demandas de fibras ao longo dos últimos 150 anos. Esta análise será o tema do próximo ensaio, sob o título *"Plantas Fibrosas Anuais (II), Critérios de Seleção e Escolha"*. Um terceiro ensaio sobre o tema deverá seguir sob o título: *"Plantas Fibrosas Anuais (iii) Previsões sobre seu Futuro.* ▲