

***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Instrumentação
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

Caracterização, Aproveitamento e
Geração de Novos Produtos
de Resíduos Agrícolas,
Agroindustriais e
Urbanos

EDITORES

Débora Marcondes Bastos Pereira Milori
Ladislau Martin Neto
Wilson Tadeu Lopes da Silva
José Manoel Marconcini
Victor Bertucci Neto

Embrapa Instrumentação
São Carlos, SP
2010

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Instrumentação

Rua XV de Novembro, 1452
Caixa Postal 741
CEP 13560-970 - São Carlos-SP
Fone: (16) 2107 2800
Fax: (16) 2107 2902
www.cnpdia.embrapa.br
E-mail: sac@cnpdia.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: João de Mendonça Naime
Membros: Débora Marcondes Bastos Pereira Milori,
Sandra Protter Gouvea
Washington Luiz de Barros Melo
Valéria de Fátima Cardoso
Membro Suplente: Paulo Sérgio de Paula Herrmann Junior

Supervisor editorial: Victor Bertucci Neto
Normalização bibliográfica: Valéria de Fátima Cardoso
Tratamento de ilustrações: Camila Fernanda Borges
Capa: Camila Fernanda Borges
Editoração eletrônica: Camila Fernanda Borges

1ª edição

1ª impressão (2010): tiragem 300

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.
Embrapa Instrumentação

C257 Caracterização, Aproveitamento e Geração de Novos Produtos de Resíduos Agrícolas,
Agroindustriais e Urbanos. / Débora Marcondes B. P. Milori, Ladislau Martin-Neto,
Wilson Tadeu Lopes da Silva, José Manoel Marconcini, Victor Bertucci Neto editores. -- São
Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2010.
154 p.

ISBN:

1. Reciclagem. 2. Meio ambiente. 3. Agricultura. 4. Agroenergia. 5. Novos materiais.
6. Seqüestro de carbono. 7. Solos. 8. Lodo de esgoto. 9. Substância húmicas. 10. Águas
residuárias. I. Milori, Débora Marcondes B. P. II. Martin-Neto, Ladislau.
III. Silva, Wilson Tadeu Lopes da. IV. Marconcini, José Manoel. V. Bertucci Neto, Victor.

CDD 21 ED 628.4458
631
363.7

© Embrapa 2010



AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS EM PALHAS DE MILHO

André C. Americhi*¹, José M. Marconcini², Flavia F. Teixeira², Maria C. D. Paes²

(1) Laboratório Nacional de Nanotecnologia para a Agricultura (LNNA), Embrapa Instrumentação Agropecuária, P. O Box 741- CEP: 13560-970, São Carlos - SP, Brasil, andrecarara@hotmail.com *

(2) Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424 km 45 - P.O Box 285 - CEP 35701-970 Sete Lagoas - MG - Brasil

Plano de Ação: PA-4 n°: 02.07.06.003.00.04

Resumo - Dezenove tipos de palhas de milho foram avaliados por ensaios mecânicos. Através destes ensaios foram medidas as seguintes propriedades: Módulo Elástico, Tensão na Ruptura e Deformação na Ruptura, sendo tais propriedades determinadas tanto na orientação longitudinal quanto transversal das palhas de milho. Foi definida uma metodologia para tratar os dados obtidos nos ensaios mecânicos a fim de se evitar que estes fossem superestimadas ou subestimadas. O Módulo Elástico e a Tensão na Ruptura medidos na orientação longitudinal das fibras foram maiores que na orientação transversal, mostrando anisotropia mecânica das palhas avaliadas.

Palavras-chave: Palha de milho, propriedades mecânicas, Módulo Elástico, Tensão na Ruptura, Deformação na Ruptura

Introdução

O milho é hoje o terceiro grão mais consumido no mundo, perdendo apenas para o arroz e para o trigo. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial deste grão, ficando atrás de EUA e China.

Após a colheita, muitos dos resíduos agrícolas, como os caules e palhas, são deixados no solo para se decomporem e com isso, agem como adubo natural. Porém o potencial de uso destes materiais é enorme, sobretudo nas áreas energética (TOLMASQUIM, 2003), têxtil (REDDY e YANG, 2005) e de materiais compósitos (HUDA e YANG, 2008).

Atualmente o maior uso destes materiais é na fabricação de artesanatos (EMATER-DF, 2006). Este trabalho tem como objetivo maior a avaliação de propriedades mecânicas das palhas de milho, para que estas possam vir a ajudar na identificação da melhor palha para uso em artesanato.

Materiais e métodos

Ao todo, foram avaliados dezenove cultivares de palhas de milho do banco de germoplasma da Embrapa Milho e Sorgo.

Dois tipos de corpos de prova foram preparados: com as fibras na direção longitudinal e transversal à direção do ensaio. As amostras foram preparadas manualmente na geometria 9cm x 1cm, com lixas de geometria 2cm x 2cm coladas em cada uma das extremidades. A geometria efetiva da palha de milho, então, foi de 5cm x 1cm., conforme ilustra a imagem a seguir (Figura 1):

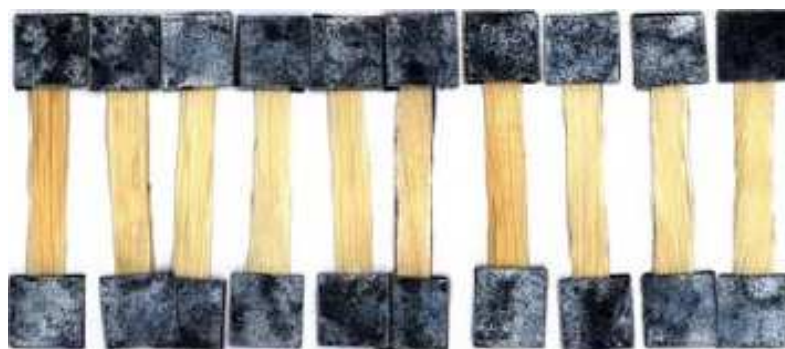


Figura 1 - Amostras na orientação longitudinal das fibras

Os testes de tração foram conduzidos numa máquina universal de ensaio mecânico marca EMIC modelo DL3000 com garras manuais e célula de carga de 50 Kgf. A velocidade do ensaio foi de 5 mm/min. Ao todo, foram avaliados dez corpos de prova de cada cultivar de palha de milho e os dados obtidos dos ensaios foram: Módulo Elástico, Tensão na Ruptura e Deformação na Ruptura.

Na direção transversal, a Deformação na Ruptura e o Módulo Elástico necessitaram correção, pois nesta direção as fibras se apresentam grudadas umas sobre as outras (fenômeno chamado neste trabalho de sanfonamento). No início do ensaio, a elongação da amostra não é aplicada diretamente às fibras, mas é utilizada para o desdobramento das fibras que estão grudadas umas nas outras, e por isso um ajuste é necessário. A Figura 2 mostra o comportamento típico das amostras que apresentam o fenômeno do sanfonamento:

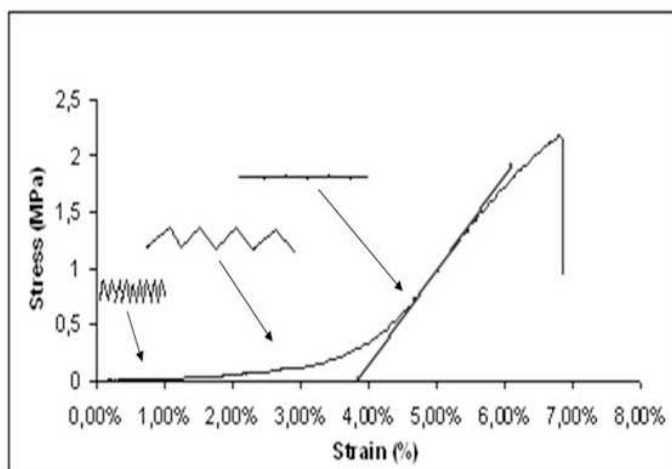


Figura 2 – Esquema do fenômeno do sanfonamento. O ponto em que a linha vermelha toca o eixo x representa o final do fenômeno.

As considerações para o tratamento dos dados obtidos foram as seguintes:

- Para as amostras que não apresentaram o fenômeno, o Módulo Elástico foi obtido para deformações de até 1%, usando a zona com maior inclinação dentro deste intervalo.
- Para as amostras que apresentaram o fenômeno, o tratamento matemático consistiu primeiramente na identificação da região na curva em que o fenômeno aconteceu (pelo relativo baixo nível de tensão comparado ao resto da curva). Após a identificação, traçou-se uma reta tangente à região do gráfico com a maior inclinação. O ponto em que esta reta toca o eixo x representa a deformação que será descontada da deformação final e a inclinação da reta tangente será o Módulo Elástico da amostra (Figura 3).



Figura 3 – Tratamento matemático para as amostras que apresentaram o fenômeno do sanfonamento.

Resultados e discussão

Abaixo são mostradas as tabelas com os dados obtidos a partir dos ensaios. Uma análise estatística foi feita para obter-se a média, desvio padrão, erro padrão da média e valores de máximo e mínimo para cada tipo de palha de milho testada. Todos os dados obtidos foram plotados em gráficos onde as propriedades na longitudinal e transversal são comparadas. A linha $x = y$ representa a região no gráfico onde as propriedades nos dois sentidos das fibras apresentam o mesmo valor (Figuras 4 a 9).

	Módulo Elástico (MPa)											
	Média		D. P.		E. P. M.		Máx.		Mín.		N	
	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T
S1	464	70	82	39	27	12	618	119	382	29	9	10
S2	652	97	168	25	53	9	949	138	454	72	10	8
S3	642	91	142	36	47	11	756	149	381	42	9	10
S4	722	48	194	15	61	5	1072	77	461	29	10	8
S.5	508	96	203	25	64	8	725	124	482	51	10	10
S6	519	87	218	19	69	6	883	123	292	60	10	10
S7	494	37	66	22	22	7	593	83	389	16	9	10
S8	714	69	82	11	26	4	858	85	618	47	10	9
S9	674	133	109	40	35	13	860	181	519	68	10	9
S10	928	47	119	18	38	6	1125	81	680	28	10	10
S11	517	64	83	28	26	11	656	111	395	31	10	7
S12	513	57	106	28	34	9	645	106	358	28	10	10
S13	541	92	116	33	37	11	757	135	421	26	10	10
S14	524	51	157	29	50	9	791	101	256	14	10	10
S15	391	59	87	55	28	17	504	183	270	20	10	10
S16	511	49	118	24	37	8	735	86	365	18	10	8
S17	468	24	120	21	40	8	622	71	261	11	9	7
S18	503	40	100	21	32	7	623	78	295	11	10	9
S19	642	34	37	13	12	4	687	50	578	4	10	10

Figura 4 – Tratamento estatístico descritivo do Módulo Elástico para amostras testadas na longitudinal (L) e transversal (T).

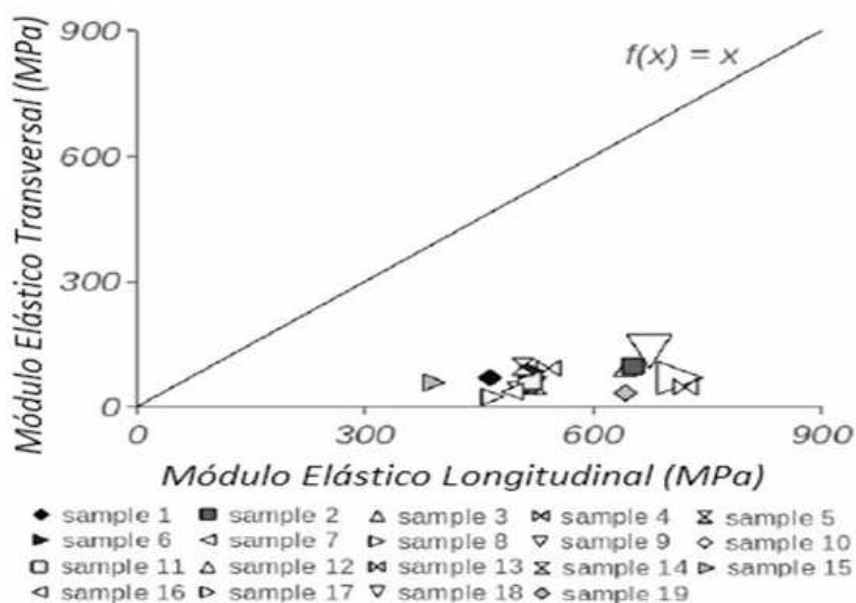


Figura 5 – Gráfico comparando o Módulo Elástico medido na longitudinal (eixo x) e na transversal (eixo y).

Tensão na Ruptura (MPa)												
	Média		D. P.		E. P. M.		Max		Min		N	
	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T
S1	11,17	2,73	2,52	0,71	0,89	0,22	13,61	3,83	6,55	1,56	8	10
S2	17,46	1,71	5,38	0,78	1,70	0,28	25,90	2,62	10,84	0,57	10	8
S3	19,18	2,51	5,06	1,49	1,79	0,47	23,98	4,33	10,79	0,39	8	10
S4	13,67	1,12	4,09	0,33	1,29	0,12	20,53	1,59	8,44	0,57	10	8
S.5	10,26	2,02	2,14	0,57	0,68	0,17	13,86	2,71	7,24	0,63	10	10
S6	7,82	2,56	5,83	1,02	1,84	0,32	20,23	4,00	5,93	1,02	10	10
S7	11,51	0,96	1,80	0,40	0,60	0,13	15,22	1,95	9,29	0,66	9	10
S8	14,64	2,85	3,59	0,59	1,13	0,20	22,27	3,60	9,92	1,97	10	9
S9	13,18	2,73	3,13	1,33	0,99	0,44	17,05	4,53	9,04	1,00	10	9
S10	20,31	1,47	3,21	0,52	1,02	0,16	24,22	2,09	13,96	0,53	10	10
S11	10,27	1,48	2,07	0,73	0,66	0,28	13,52	2,65	7,22	0,85	10	7
S12	10,19	2,05	2,96	0,92	0,94	0,29	15,72	4,14	6,89	1,04	10	10
S13	13,09	1,73	3,20	1,00	1,01	0,32	18,06	3,05	7,66	0,11	10	10
S14	11,60	1,74	3,55	0,51	1,12	0,16	18,27	2,64	6,70	0,92	10	10
S15	9,82	0,97	3,16	0,55	1,00	0,17	13,67	2,13	5,34	0,44	10	10
S16	9,65	0,96	3,75	0,74	1,19	0,26	17,84	2,09	4,54	0,36	10	8
S17	10,27	0,98	2,88	0,52	0,96	0,20	16,84	1,78	7,04	0,25	9	7
S18	11,80	0,86	2,26	0,44	0,71	0,15	14,55	1,60	7,05	0,41	10	9
S19	12,55	0,99	2,70	0,43	0,85	0,14	16,45	1,54	9,19	0,06	10	10

Figura 6 – Tratamento estatístico descritivo da Tensão na Ruptura para amostras testadas na longitudinal (L) e transversal (T).

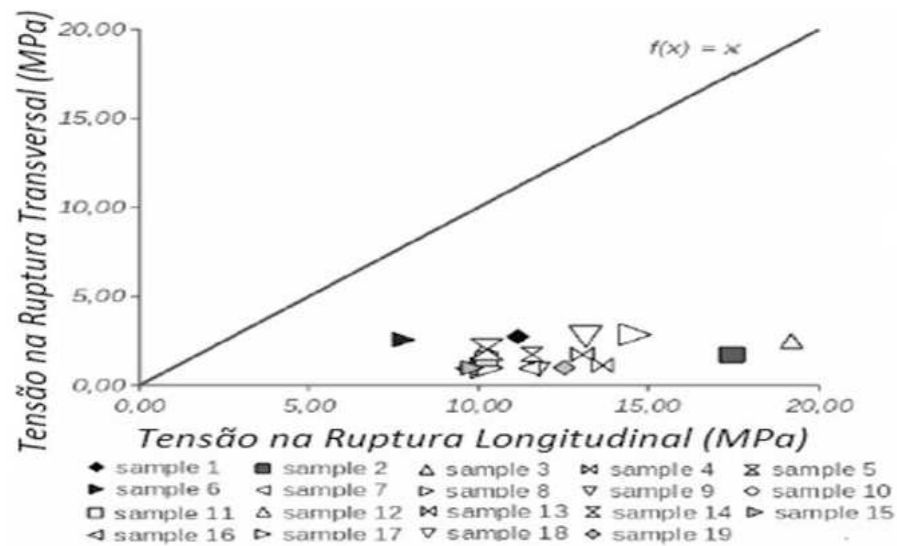


Figura 7 – Gráfico comparando a Tensão na Ruptura medida na longitudinal (eixo x) e na transversal (eixo y).

Deformação na Ruptura (%)												
	Média		D. P.		E. P. M.		Max		Min		N	
	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T
S1	3,80	5,70	0,98	2,71	0,35	0,86	4,81	8,45	2,22	2,04	8	10
S 2	4,45	1,81	1,25	0,87	0,40	0,31	7,37	3,46	3,01	0,56	10	8
S 3	5,15	3,99	0,66	2,15	0,23	0,68	6,04	7,24	4,02	0,56	8	10
S 4	3,27	2,81	0,91	1,41	0,29	0,50	4,53	4,52	1,73	1,16	10	8
S 5	3,82	2,04	3,61	0,58	1,14	0,18	13,86	3,27	1,65	1,16	10	10
S 6	3,26	3,16	1,95	1,07	0,62	0,34	6,05	4,59	2,75	1,36	10	10
S 7	5,33	3,85	1,53	1,06	0,51	0,34	7,38	5,13	3,37	1,95	9	10
S 8	3,85	4,74	0,96	1,07	0,30	0,36	5,10	6,32	2,59	3,10	10	9
S 9	3,47	1,87	1,02	0,50	0,32	0,17	5,35	2,61	2,30	1,16	10	9
S 10	5,63	3,30	1,27	1,45	0,40	0,46	7,73	5,37	3,99	1,33	10	10
S 11	3,39	2,50	0,70	1,19	0,22	0,45	4,83	4,99	2,05	1,46	10	7
S 12	3,54	3,96	0,84	1,06	0,27	0,33	5,53	5,32	2,78	2,56	10	10
S 13	3,93	1,78	1,10	0,82	0,35	0,26	6,17	3,28	2,30	0,41	10	10
S 14	3,46	4,78	0,58	2,33	0,18	0,74	4,30	8,27	2,70	1,98	10	10
S 15	4,21	3,86	1,14	2,52	0,36	0,80	5,35	8,79	2,22	0,30	10	10
S 16	3,25	2,10	0,99	0,97	0,31	0,34	5,64	3,26	1,61	0,47	10	8
S 17	4,14	6,90	1,36	3,95	0,45	1,49	6,77	10,77	2,41	1,22	9	7
S 18	5,19	3,53	1,27	1,01	0,40	0,34	8,05	4,96	3,62	2,20	10	9
S 19	3,53	3,06	1,08	1,17	0,34	0,37	5,63	5,51	2,00	1,47	10	10

Figura 8 – Tratamento estatístico descritivo da Deformação na Ruptura para amostras testadas na longitudinal (L) e transversal (T).

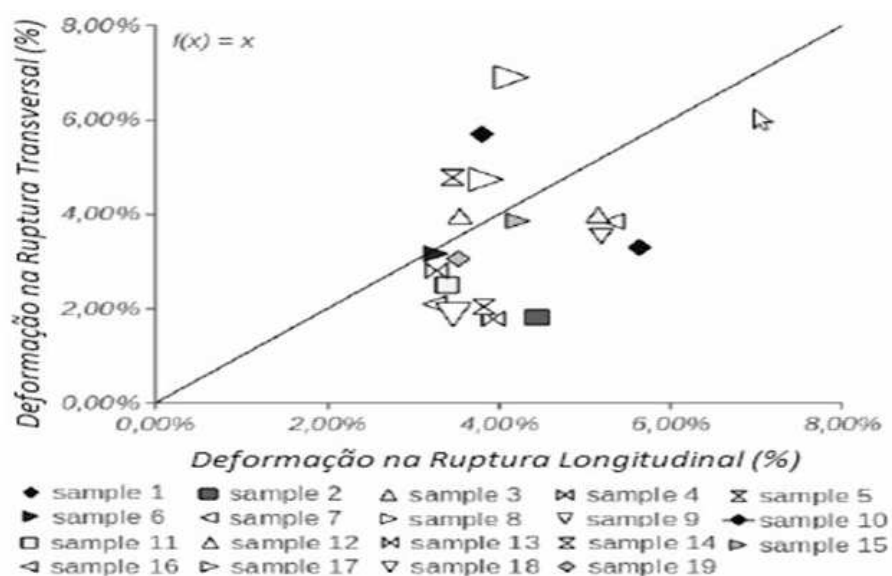


Figura 9 – Gráfico comparando a Deformação na Ruptura medida na longitudinal (eixo x) e na transversal (eixo y).

Pode-se observar que o Módulo Elástico e a Tensão na Ruptura apresentam valores maiores na direção longitudinal das fibras, mas a Deformação na Ruptura apresenta seus pontos no gráfico próximos à região onde $x = y$, mostrando resultados parecidos em ambas as direções. Quanto às correções matemáticas, se estas não tivessem sido feitas, os valores de Módulo Elástico na direção transversal das palhas seriam subestimados e os valores de Deformação na Ruptura seriam superestimados. Isto acontece devido ao fenômeno do sanfonamento.

Conclusões

Uma metodologia foi definida para melhor avaliação dos dados de Módulo Elástico e Deformação na Ruptura obtidos, para que erros associados ao fenômeno do sanfonamento fossem evitados.

Foi verificado no módulo Elástico e Tensão na Ruptura anisotropia mecânica para as palhas testadas. Pela soma das médias em ambas as direções, percebeu-se que o módulo Elástico na direção longitudinal das palhas é quase nove vezes maior que para a direção transversal, e a Tensão na ruptura é mais de sete vezes maior na direção longitudinal.

Agradecimentos

FAPESP, CNPq, FINEP, CAPES, EMBRAPA

Referências

- EMATER-DF. **Artesanato em palha de milho**. Distrito Federal, 2006. Disponível em: <www.Emater.df.gov.br/sites/200/229/00000106.doc>. Acesso em: 31 maio 2010.
- HUDA, S.; YANG, Y. Chemically Extracted Cornhusk Fibers as Reinforcement in Light-Weight Poly(propylene) Composites. **Macromolecular Materials and Engineering**, [S. l.], V. 293, N. 3, P. 235-243, 2008.
- REDDY, N.; YANG, Y. Biofibers from agricultural byproducts for industrial applications. **Trends in Biotechnology**, Amsterdam, v. 23, n.1, p. 22-27, 2005
- TOLMASQUIM, M. T. Fontes Renováveis de **Energia do Brasil**. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 2003. p. 1-515.