

# Resistência físico-mecânica de chapas aglomeradas de bagaço de cana-de-açúcar modificado quimicamente

## *Physico-mechanical properties of chemically modified sugar cane bagasse particleboards*

Esmeralda Yoshico Arakaki Okino; José Paulo Venegas Andahur;  
Marcos Antonio Eduardo Santana; Mário Rabelo de Souza

---

**RESUMO:** Este trabalho apresenta uma comparação das propriedades físico-mecânicas entre chapas de bagaço de cana-de-açúcar confeccionadas com partículas acetiladas e não acetiladas (controles). Fez-se a modificação química do bagaço desmedulado através da reação de acetilação, utilizando-se as resinas uréia-formaldeído e tanino-paraformaldeído, a 8 e 12% de sólidos resinosos, baseados no peso seco das partículas. A absorção de água foi reduzida com a acetilação em 57 e 47%, após 2 e 24h de imersão, respectivamente. O inchamento em espessura foi reduzido em 87 e 80% para os mesmos períodos de imersão. Em relação à resistência mecânica, a acetilação apresentou uma redução nos valores médios da flexão estática; enquanto que para a tração perpendicular, não houve diferença estatística significativa entre os valores das chapas acetiladas e das respectivas chapas controles. O mais alto nível de resina conferiu às chapas características superiores, tanto nas propriedades físicas de absorção e inchamento, quanto nas mecânicas. O tipo de resina também apresentou diferenças, evidenciando-se uma superioridade das chapas com tanino, em relação àquelas com uréia, nas propriedades de absorção, inchamento e flexão estática.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bagaço de cana-de-açúcar, Acetilação, Chapa de aglomerado, Estabilidade dimensional, Anidrido acético, Uréia-formaldeído, Tanino-paraformaldeído.

**ABSTRACT:** Sugar cane bagasse particleboard made from acetylated and control particles had physico-mechanical properties compared and evaluated. Chemical modification of depithed sugar cane bagasse was made through acetylation process. Particleboards were manufactured using urea-formaldehyde and tannin-paraformaldehyde adhesives, at 8 and 12% of solid content (based on the oven-dry particles weight). After 2 and 24h of water immersion the acetylated specimen had the water absorption reduced in 57 and 47% and the thickness swelling decreased in 87 and 80% respectively. The acetylated particleboard moisture content was diminished in a half. Acetylation caused a small reduction in the averaged static bending values; internal bond results for acetylated and control particleboard did not show any statistically significant difference at 95% level. The highest resin level showed superior on physico-mechanical properties. Tannin adhesive gave better results than urea for all properties tested.



KEYWORDS: Sugar cane bagasse, Acetylation, Particleboard, Dimensional stability, Acetic anhydride, Urea-formaldehyde, Tannin-paraformaldehyde.

## INTRODUÇÃO

Devido à grande demanda aliada à crescente diminuição da oferta de madeiras nativas comerciais, a madeira reconstituída, sob a forma de chapas e painéis compensados e laminados, tem adquirido importância e interesse cada vez maior.

A princípio, chapas aglomeradas podem ser fabricadas a partir de qualquer material lignocelulósico que lhes confirme alta resistência mecânica e peso específico pre-estabelecido. O bagaço de cana está entre os materiais mais promissores, devido ao seu baixo custo e abundância. Atualmente, é utilizado quase que totalmente na geração de energia para as indústrias sucro-alcooleiras (Macedo, 1991 e Sousa *et al.*, 1986). A estrutura lignocelulósica do bagaço é semelhante à da madeira (Santana e Teixeira, 1993), mais precisamente com a das madeiras duras que contêm menor teor de lignina e maior teor de pentosanas (Sousa *et al.*, 1986).

Um dos obstáculos à melhor utilização das chapas de bagaço de cana-de-açúcar é a baixa estabilidade dimensional, decorrente da alta tendência à absorção de água, citada por vários autores Santana e Teixeira (1993); Rowell e Keany (1991) e Young (1967). Algumas propostas foram apresentadas com intuito de minimizar esta instabilidade dimensional, como por exemplo a aplicação de parafina nas partículas (Hesch, 1970 e Santana e Teixeira, 1993), o revestimento com papel melamínico e, ainda, a aplicação de gesso plástico

(Ruckstuhl, 1972). A modificação química, sugerida por Santana e Teixeira (1993) e efetuada por Okino e Rowell (1996), através da acetilação das partículas tipo “flakes” de pinus e eucalipto, conferiu às chapas aglomeradas maior resistência à absorção de água, contribuindo para uma discreta redução de algumas propriedades mecânicas. Esta redução, causada pela acetilação, pode ser contornada ou minimizada com a manipulação de certos parâmetros, tais como: a densidade, a granulometria das partículas, a quantidade de resina, o tempo e a temperatura de prensagem. Sabe-se, por intermédio da literatura, que a densidade é determinante na resistência à flexão (Santana e Teixeira, 1993), enquanto a granulometria influencia na resistência à tração perpendicular (Santana e Teixeira, 1993; Rowell e Keany, 1991). Vários trabalhos evidenciaram que a quantidade de resina também está relacionada com a resistência à flexão estática e à tração perpendicular.

Desse modo, faz-se necessário estudar as condições ideais para a obtenção de chapas aglomeradas estabilizadas dimensionalmente e de boa resistência mecânica. Neste contexto, o presente trabalho realizou a modificação química das partículas, através da acetilação, para a confecção de chapas aglomeradas, visando, principalmente, a estabilidade dimensional. Avaliaram-se, também, os efeitos das variáveis tipo e nível de resina, tipo de partícula nas propriedades físico-mecânicas.



## MATERIAL E MÉTODOS

### *Partículas*

O bagaço de cana-de-açúcar desmedulado, coletado pela Cooperativa de Produtores de Cana e Álcool do Estado de São Paulo (COPERSUCAR), foi submetido a um desintegrador rural rotativo de faca e martelo CREMASCO DP2. A seleção das partículas foi feita em um classificador mecânico, equipado com peneiras de malhas de 6mm, 3mm, 2mm, 1,5mm e 1mm. Utilizaram-se as partículas de bagaço inferiores a 3mm, que foram secas, em estufa elétrica a 105C, até atingirem um teor de umidade entre 2 e 3%.

### *Acetilação*

Partículas secas de bagaço e anidrido acético foram introduzidas em frascos de reação de 3 e 5L, mantendo-as sob refluxo por 4h. Ao final deste período, retiraram-se as partículas da mistura de extrativos, anidrido e ácido acético. O excesso de reagente impregnado nas partículas foi extraído com acetona, sob refluxo por mais 2h, drenando-se a mistura resultante. Inicialmente, as partículas foram pré-secadas ao ar livre e, a seguir, em estufa elétrica a 105C, atingindo um teor de umidade entre 3 e 4%.

### *Resinas*

A resina comercial de uréia-formaldeído (Cascamite PB-444), contendo 63% de sólidos resinosos, foi cedida pela Alba Química Indústria e Comércio Ltda. A resina vegetal de tanino-paraformaldeído, contendo 43% de sólidos, foi desenvolvida no Laboratório de Produtos Florestais (Santana e Teixeira, 1993).

### *Confecção das chapas*

Partículas com teor de umidade médio de 3% foram pesadas e colocadas num mistura-

dor de tambor rotativo DRAIS FSP 80. A resina foi aplicada através de bicos injetores por 2min. A seguir, procedeu-se à confecção manual do colchão e à prensagem a 160C e 60kg/cm<sup>2</sup>, por 8min, utilizando-se uma prensa hidráulica com aquecimento a vapor.

As dimensões das chapas de camada única produzidas foram de 25x28cm, com espessura média de 1,45cm e densidade média de 0,71g/cm<sup>3</sup>. As chapas permaneceram a temperatura ambiente por 48h e, posteriormente, tiveram suas bordas aparadas, ficando com dimensões de 21x24cm.

### *Climatização*

Diferentes corpos-de-prova foram preparados e climatizados a 21C e 65% de umidade relativa, até atingirem a umidade de equilíbrio de 9±3%, requerida para os testes.

### *Delineamento experimental*

O delineamento estabelecido para este estudo consistiu da combinação de 3 parâmetros: 2 tipos de partículas (acetiladas (A) e não acetiladas ou controle (C)); 2 tipos de resinas (uréia-formaldeído (UF) e tanino-paraformaldeído (TP)); e 2 níveis de resinas (8 e 12% de sólidos resinosos sobre o peso seco de partículas), resultando em um fatorial completo de 2<sup>3</sup> combinações. Para cada combinação, foram confeccionadas 4 repetições, totalizando 32 chapas.

### *Testes*

Os testes físicos de massa específica (densidade), teor de umidade, absorção e inchamento após imersão em água por 2 e 24h; e os testes mecânicos de flexão estática (módulo de ruptura e de elasticidade) e tração perpendicular ao plano da chapa (internal bond-IB)



foram realizados de acordo com a norma DIN 68761 (GERMAN STANDARDS COMMITTEE, 1967). Os ensaios mecânicos foram realizados em uma máquina universal de teste INSTRON 1115.

### *Análise estatística*

Os resultados de cada teste foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para a verificação dos tratamentos e interações com efeitos significativos a 5% de probabilidade de erro. Verificou-se, também, a homogeneidade das médias a 5% de significância, através de seus agrupamentos pelo teste de Tukey HSD.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### *Propriedades físicas*

Os valores médios de absorção de água e inchamento em espessura das chapas aglomeradas de bagaço de cana, bem como os seus agrupamentos estatísticos, encontram-se listados na Tabela 1.

### *Absorção de água*

A análise de variância indicou diferença significativa para a propriedade de absorção de água entre os tipos de partículas e tipos e níveis de resinas. As interações, tipo de partícula x nível de resina e tipo de partícula x tipo de resina x nível de resina, nos dois períodos testados, também foram significativas.

O parâmetro tipo de partícula teve efeito determinante nos resultados, sendo que as chapas confeccionadas com partículas acetiladas tiveram uma redução na absorção de 50 a 70%, em 2h, e de 42 a 58%, em 24h, quando comparadas com as chapas controles (partículas não-acetiladas) correspondentes. Esta constatação foi reiterada por Okino e Rowell (1996) que concluíram ter ocorrido um aumento considerável na estabilidade dimen-

sional das chapas acetiladas, em comparação às controles.

Observando-se os efeitos do tipo e do nível de resina nas chapas acetiladas, verificou-se uma tendência à diminuição da absorção nas chapas confeccionadas com tanino, em comparação às com uréia; e nas chapas com 12% de sólidos resinosos, em relação àquelas com 8%. O tipo de resina demonstrou ter um efeito preponderante, ao passo que seu nível teve influência somente nas chapas acetiladas com uréia, sendo estatisticamente nula, nas chapas acetiladas com tanino.

Nas chapas controles, o efeito determinante foi provocado pelo nível de resina; quanto maior a concentração de resina na chapa, menor a absorção de água para os dois tipos de resinas testadas. Constatou-se, também, menor absorção para a resina de tanino, comparando-se com a de uréia, em ambos os níveis, porém, de modo mais acentuado, a 12% de sólidos resinosos.

### *Inchamento em espessura*

Para a propriedade de inchamento em espessura, os parâmetros tipo de partícula, tipo e nível de resina apresentaram diferenças significativas. As interações, tipo de partícula x tipo de resina, tipo de partícula x nível de resina e tipo de partícula x tipo de resina x nível de resina, foram significativas.

Constatou-se que a acetilação foi determinante na obtenção dos melhores resultados, apresentando uma redução, em relação às chapas controles, de 83 a 92% para o inchamento em espessura, após 2h de imersão em água, e de 77 a 79%, após 24h.

Confirmam-se dessa forma, em decorrência da acetilação das partículas, os resultados encontrados para chapas de bagaço de cana com reduções médias de 80% no inchamento (Rowell e Keany, 1991), e 93% em chapas de “flakes” de pinus e de 77% em chapas de eucalip-



Tabela 1

Valores médios das propriedades físicas.

*Values of physical properties.*

ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)					
Combinação <sup>a</sup>	2horas <sup>b</sup>	Agrupamento <sup>c</sup>	Combinação <sup>a</sup>	24horas <sup>b</sup>	Agrupamento <sup>c</sup>
TP-12 A	21,3	A	TP-12 A	38,1	A
TP-8 A	24,8	A	TP-8 A	43,9	B
UF-12 A	30,9	B	UF-12 A	52,7	C
UF-8 A	47,3	C	UF-8 A	68,5	D
TP-12 C	47,4	C	TP-12 C	69,6	D
UF-12 C	70,4	D	UF-12 C	94,1	E
TP-8 C	83,1	E	TP-8 C	103,6	F
UF-8 C	95,2	F	UF-8 C	118,8	G

  

INCHAMENTO EM ESPESSURA (%)					
Combinação <sup>a</sup>	2horas <sup>b</sup>	Agrupamento <sup>c</sup>	Combinação <sup>a</sup>	24horas <sup>b</sup>	Agrupamento <sup>c</sup>
TP-12 A	2,5	A	TP-12 A	4,7	A
TP-8 A	2,7	A	TP-8 A	5,8	A
UF-12 A	3,6	A	UF-12 A	7,9	A
UF-8 A	7,4	B	UF-8 A	12,9	B
TP-12 C	16,4	C	TP-12 C	22,2	C
UF-12 C	28,9	D	UF-12 C	38,1	D
TP-8 C	35,6	E	TP-8 C	42,4	E
UF-8 C	44,4	F	UF-8 C	55,3	F

  

				12,0(fenol)	
	6,0			15,0(uréia)	
Norma DIN	máximo			máximo	

<sup>a</sup> UF= Uréia-formaldeído, TP= Tanino-paraformaldeído,

A= Partícula acetilada, C= Partícula controle.

<sup>b</sup> Média de 24 amostras, 6 para cada uma das 4 repetições.<sup>c</sup> Agrupamento feito pelo teste de Tukey.

to, após 2h de imersão em água (Okino e Rowell, 1996).

Entre as chapas controles, os menores valores de inchamento foram obtidos para o nível de 12% de sólidos resinosos. O tipo de resina também provocou uma variação, apresentando menor valor de inchamento para a resina de tanino, em relação a de uréia, para ambos os níveis testados.

Segundo a norma DIN 68761, as porcentagens máximas permitidas para o inchamento, após 2 e 24h de imersão em água, são, respectivamente: 6 e 15%, para resinas tipo uréia-formaldeído, de uso interior; e 6 e 12%, para resinas tipo fenólicas, de uso exterior. Todas as chapas controles apresentaram valores de inchamento em espessura superiores ao máximo permitido pela norma. Após a



acetilação, somente a chapa de uréia formaldeído, a 8% de sólidos resinosos, não satisfaz a especificação da norma para 2h de imersão. Para o período prolongado de 24h, todas as chapas acetiladas apresentaram resultados inferiores ao máximo valor de inchamento permitido pela norma, para resinas de uso interior e exterior, com exceção das chapas confeccionadas com resina de uréia a 8% de sólidos resinosos, que satisfizeram a norma apenas para uso interior.

### Propriedades mecânicas

A Tabela 2 apresenta os resultados médios do teste de flexão estática (módulos de ruptura-MOR e de elasticidade-MOE) e tração perpendicular ao plano da chapa (internal bond-IB) das chapas aglomeradas de bagaço de cana-de-açúcar.

### Módulo de ruptura (MOR)

Constituíram fontes de variação para o módulo de ruptura à flexão estática, o tipo de partícula, tipo e nível de resina. As interações, tipo de partícula x nível de resina e tipo de partícula x tipo de resina x nível de resina, foram significativas.

Evidenciou-se uma superioridade das chapas controles sobre as acetiladas, que apresentaram maiores valores de MOR, de 17,9 a 34,1%. Rowell e Keany (1991) também constataram que chapas de bagaço acetilado, quando coladas com resina fenólica, apresentaram uma redução de 15% no MOR, em comparação com chapas controles. O mesmo comportamento também foi confirmado para chapas acetiladas de pinus, a 8 e a 12% de sólidos resinosos, com redução de 25 e 21%, respectivamente, e redução de 2% para chapas de eucalipto, a 8% de sólidos resinosos com resina fenólica (Okino e Rowell, 1996). Resulta-

Tabela 2

Valores médios das propriedades mecânicas.

*Values of mechanical properties*

Combinação <sup>b</sup>	MOR <sup>a</sup>	Agrupamento <sup>c</sup>
	(kgf/cm <sup>2</sup> )	
TP-12 C	232	A
UF-12 C	176	B
TP-8 C	166	B
TP-12 A	152	B C
TP-8 A	136	C
UF-12 A	131	C
UF-8 C	130	C
UF-8 A	97	D
Norma DIN	180	
	(mínimo)	
Combinação	MOE <sup>a</sup>	Agrupamento
	(kgf/cm <sup>2</sup> )10 <sup>3</sup>	
TP-12 C	28	A
TP-8 C	23	B
TP-12 A	23	B
UF-12 C	22	B
TP-8 A	21	B
UF-12 A	19	B C
UF-8 C	16	C D
UF-8 A	14	D
Combinação	Tração <sup>d</sup> (IB)	Agrupamento <sup>c</sup>
	(kgf/cm <sup>2</sup> )	
TP-12 C	6,3	A
UF-12 C	4,7	B
UF-12 A	3,8	B C
TP-12 A	3,6	B C
TP-8 C	3,4	B C
TP-8 A	2,9	C
UF-8 A	2,8	C
UF-8 C	2,7	C
Norma DIN	3,5 (mínimo)	

<sup>a</sup> Média de 8 amostras, 2 para cada uma das 4 repetições.

<sup>b</sup> UF= Ureia-formaldeído, TP= Tanino-paraformaldeído,

A= Partícula acetilada, C= Partícula controle.

<sup>c</sup> Agrupamento feito pelo teste de Tukey.

<sup>d</sup> Média de 12 amostras, 3 para cada uma das 4 repetições.



dos de MOR para chapas com uréia, a 8% de sólidos resinosos (Hesch, 1975), foram equivalentes aos verificados para chapas de bagaço, com 12% de sólidos resinosos, obtidos neste trabalho.

As chapas com tanino apresentaram valores de MOR superiores às respectivas chapas com uréia. O valor mínimo exigido pela norma DIN 68761 para MOR, na flexão estática, é de 180kgf/cm<sup>2</sup>. O maior valor de MOR obtido foi para a chapa controle de tanino, a 12% de sólidos resinosos, sendo o único acima do proposto. Por outro lado, a chapa acetilada de uréia, a 8% de sólidos resinosos, resultou no menor valor de MOR.

Quanto ao nível de resina, os resultados concordam com os valores encontrados por Santana e Teixeira (1993), que verificaram uma influência da quantidade de resina nos resultados de MOR para chapas de bagaço de cana, apesar de Kelly (1977) destacar as variáveis densidade e orientação das partículas como fatores de maior influência na resistência à flexão.

#### *Módulo de elasticidade (MOE)*

Para o módulo de elasticidade à flexão estática, houve diferença significativa para o tipo de partícula, tipo e nível de resina. Nenhuma interação, ao mesmo nível de significância, foi verificada.

As chapas acetiladas apresentaram valores de MOE um pouco menores que as correspondentes chapas controles, como pode ser observado na Tabela 2, com reduções variando de 8 a 13%, para chapas coladas com uréia, e de 9 a 19%, para chapas coladas com tanino. Foram encontradas reduções de 9 a 10% no valor de MOE, para chapas acetiladas de pinus, e de 8%, para chapas acetiladas de eucalipto; todas usando a resina fenólica (Okino e Rowell, 1996). Reduções de 9 a 17% também foram encontradas com bagaço de cana acetilado (Rowell e Keany, 1991).

O tipo de resina teve um efeito determinante nos valores do MOE. Todas as chapas de tanino apresentaram resultados superiores aos das respectivas chapas de uréia, independente do nível de resina e do tipo de partícula utilizado.

#### *Tração perpendicular (IB)*

Constituíram fontes de variação para a tração perpendicular ao plano da chapa, o tipo de partícula, o tipo e nível de resina. As interações, tipo de partícula x tipo de resina e tipo de partícula x nível de resina, foram significativas.

As chapas controles, excetuando-se a combinação resina de uréia com 8% de sólidos resinosos, foram consideradas superiores às acetiladas. A combinação TP-12 C forneceu o mais alto valor para esta propriedade, diferindo significativamente das demais.

O nível de resina demonstrou ter um efeito significativo na resistência à tração, confirmando, dessa forma, a observação de que a porcentagem de sólidos resinosos e a granulometria das partículas são determinantes para esta propriedade (Santana e Teixeira, 1993; Rowell e Keany, 1991).

## CONCLUSÕES

A acetilação do bagaço de cana-de-açúcar reduziu, em média, a absorção de água pelas chapas em 57 e 47%, após imersão em água por 2 e 24h, respectivamente. O inchamento em espessura foi reduzido, em média, de 87 e 80% nos mesmos períodos. Somente as chapas com bagaço acetilado obtiveram valores inferiores ao máximo permitido pela norma DIN 68761, para a propriedade de inchamento em espessura.

A acetilação teve um efeito negativo nas propriedades mecânicas de flexão estática



(MOR e MOE) e tração perpendicular ao plano da chapa (IB), uma vez que os seus valores foram, em geral, inferiores aos das chapas controles. Entretanto, os valores de IB para o nível de 12% de sólidos resinosos estão acima do mínimo requerido pela norma DIN 68761.

Os melhores resultados, para todas as propriedades testadas, foram obtidos com a resina à base de tanino.

O nível de resina a 12% de sólidos resinosos foi o que apresentou os melhores resultados, independente do tipo de resina e de partículas.

## AUTORES

ESMERALDA YOSHICO ARAKAKI OKINO - Engenheira Química, M.SC IBAMA / LPF - Laboratório de Produtos Florestais - SAIN Av. L-4 - Lote 04 - 70818-900 Brasília, DF E-Mail = okino@csr-lpf.ibama.gov.br

JOSÉ PAULO VENEGAS ANDAHUR - Engenheiro Florestal - Fundação Universidade de Brasília - Departamento de Engenharia Florestal

MARCOS ANTONIO EDUARDO SANTANA - Químico - PhD - IBAMA / LPF - Laboratório de Produtos Florestais - SAIN Av. L-4 - Lote 04 - 70818-900 Brasília, DF

MÁRIO RABELO DE SOUZA - Físico - PhD - IBAMA / LPF - Laboratório de Produtos Florestais - SAIN Av. L-4 - Lote 04 - 70818-900 Brasília, DF

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GERMAN STANDARDS COMMITTEE (Deustshen Normenausschuss). 1967. Taschenbuch 31, Holz. *Specifications for particleboard*. DIN 68761 (1)-1961.(3) 1967.
- HESCH, R. Início da indústria integralizada de placas aglomeradas de bagaço no Paquistão. *Brasil açucareiro*, v.75, n.2, p.33-50, 1970.
- HESCH, R. Propriedades físicas de la particulastabla del bagazo. *Sugar y azucar*, v.70, n.5, p.34-35, 1975.
- KELLY, M.W. Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboard. *USDA. Forest Service. FPL general technical report*, n.10, p.1-69, 1977.
- MACEDO, I.C. Agroindústria da cana-de-açúcar: participação na redução da taxa de carbono atmosférico no Brasil. *Informativo do Centro de Tecnologia Copersucar*, n.67, p.1-4, 1991.
- OKINO, E.Y.A.; Rowell, R.M. Utilization of *Eucalyptus grandis* and *Pinus taeda* from Brazilian plantations to make dimensionally stabilized flakeboard. *Ciência e cultura*, v.48, n.4, p.248-253, 1996.
- ROWELL, R.M.; KEANY, F.M. Fiberboards made from acetylated bagasse fiber. *Wood and fiber science*, v.23, n.1, p.15-22, 1991.
- RUCKSTUHL, K. Los problemas y realizaciones de la planta de tablas de bagazo mas grande del mundo. *Sugar y azucar*, v.67, n.1, p.37-39, 1972.
- SANTANA, M.A.E.; TEIXEIRA, D.E. Uso de bagaço de cana-de-açúcar na confecção de chapas aglomeradas. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7; CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1, Curitiba, 1993. *Anais*. Curitiba: SBS/SBEF, 1993. p.667-672.
- Sousa, M.F.B. *et al.* Separação e identificação dos constituintes do bagaço de cana-de-açúcar pelo processo "Organosolv". *Ciência e cultura*, v.38, n.1, p.181-188, 1986.
- Young, M.A. Madeira artificial feita com bagaço. *Brasil açucareiro*, v.70, n.3, p.23-25, 1967.