

# **CONIC-SEMESP**

## 13º Congresso Nacional de Iniciação Científica

Anais do Conic-Semesp. Volume 1, 2013 - Faculdade Anhanguera de Campinas - Unidade 3. ISSN 2357-8904

**TÍTULO:** SUSPENSÃO DE POLPA DE CARBONATO DE CÁLCIO EM TANQUE COM IMPULSOR AXIAL

**CATEGORIA:** CONCLUÍDO

**ÁREA:** ENGENHARIAS E TECNOLOGIAS

**SUBÁREA:** ENGENHARIAS

**INSTITUIÇÃO:** UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA

**AUTOR(ES):** CAROLINA GONÇALVES FERNANDES, ERIC ORNELAS PHILLIPS

**ORIENTADOR(ES):** DEOVALDO DE MORAES JUNIOR, THIAGO CESAR DE SOUZA PINTO

**COLABORADOR(ES):** MARIA LEONTINA DE SOUZA COIMBRA DE BRITO, MARIANNE OJEA DE OLIVEIRA, VINÍCIUS DE ANDRADE OLIVEIRA

Realização:



Apoio:



## **Resumo**

A preocupação com o aumento populacional global, demanda especial atenção com a capacidade de produção de alimentos. Face a isto, processos de produção dos setores ligados, direta ou indiretamente, a indústria de alimentos como a neutralização de solos e produção de ração de aves com carbonato de cálcio, necessitam otimizar custos.

Este trabalho teve por objetivo analisar a melhor relação da rotação em função do consumo de potência na suspensão de sólidos em tanques com agitação utilizando polpa pseudohomogênea de carbonato de cálcio nas concentrações de 40%, 50% e 60% em massa.

Para tanto, utilizou-se uma unidade experimental composta por tanque cilíndrico com fundo chato em acrílico transparente de 10 L com chicanas, e motor com potência nominal de 745 W em balanço, para determinação da potência real consumida. O impelidor utilizado foi do tipo axial, com 4 pás a 45°.

Os resultados obtidos permitiram concluir que as melhores rotações associadas ao menor consumo de potência que garante a total suspensão dos sólidos no interior do tanque foram: a) 400 rpm com consumo médio de potência de 3,80 W na concentração de 40 %, b) 400 rpm e consumo de potência de 4,15 W para 50% e c) rotação de 800 rpm com consumo de potência de 14,97 W para polpas com 60%.

## **Introdução**

Os altos índices de crescimento populacional dos dias atuais, obriga as indústrias, ligadas, direta ou indiretamente, ao setor alimentício e de saúde, a uma contínua busca de novos processos que visam otimização em custo, qualidade e produção, a fim de atender a demanda, principalmente, de insumos ligados à agropecuária e farmacêutica. Desta forma, as buscas de novas rotas de processo iniciam com o estudo de novas matérias - primas e o beneficiamento das atuais, que resultem em um melhor rendimento de processo e da qualidade do produto.

Dentro deste cenário, o carbonato de cálcio, utilizado como matéria - prima na produção de ração animal, também se insere neste contexto, em que novas rotas de processo são continuamente buscadas para a produção de fosfato mono e di cálcico.

A rota de produção do fosfato mono e dicálcico, utilizado na alimentação animal e na indústria farmacêutica, a partir de carbonato de cálcio e ácido fosfórico,

estão tendo sua rota de processo modificada para utilização do calcário em forma de polpa. A fim de processar este tipo de material é necessário que ocorra a moagem da rocha, produzindo um material fino com diâmetro médio de partículas inferior a 100  $\mu\text{m}$ .

Uma nova rota de processo utiliza o carbonato de cálcio na forma de polpa, em tanque com impulsor mecânico, visando a reação desta com ácido fosfórico, onde por se tratar de uma nova tecnologia, não dispõe de dados específicos para o dimensionamento correto do sistema

A análise da distribuição axial de sólidos em tanques com sistemas de agitação e mistura, também pode ser descrita através do modelo de Sedimentação-Dispersão, de acordo com BARRESI E BALDI, 1987. Tal modelo se aplica para escoamentos bifásico, e considera, dentre outros fatores, que não há gradiente de concentração axial de sólidos no interior do tanque. Com base na dificuldade da teoria do regime turbulento, várias simplificações são efetuadas visando a modelagem dos fenômenos, tais como:

- a) a diminuição na turbulência causada pelas partículas suspensas pode ser ignorada;
- b) o fenômeno da sedimentação retardada pode ser negligenciado;
- c) não ocorre aglomeração de partículas;
- d) as equações da mecânica dos meios contínuos podem ser aplicadas à fase sólida.

A partir da equação da continuidade escrita na forma de um gradiente na coordenada axial, Barresi e Baldi (1987) obtiveram a Equação 2.

$$v_t X = -D_p \frac{dX}{dh} \quad (\text{Eq. 2})$$

Manipulando a Equação 2, pode-se obter a Equação 3:

$$\frac{d \ln X}{dh} = -\frac{v_t}{D_p} \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que  $v_t$  é a velocidade terminal dos sólidos, e  $D_p$  representa o coeficiente de difusão turbulenta dos sólidos.

É possível aplicar o modelo de Sedimentação-Dispersão aos resultados dos perfis de concentração para identificar a extensão de cada uma dessas regiões. Tal identificação é obtida pela mudança brusca de inclinação da curva dos perfis de concentração, sugerindo a mudança de uma zona de escoamento mais turbulenta

para outra menos turbulenta. Na figura 1 é ilustrado, de forma simplificada, o comportamento típico dos perfis de concentração de sólidos em sistemas de tanques com agitação.

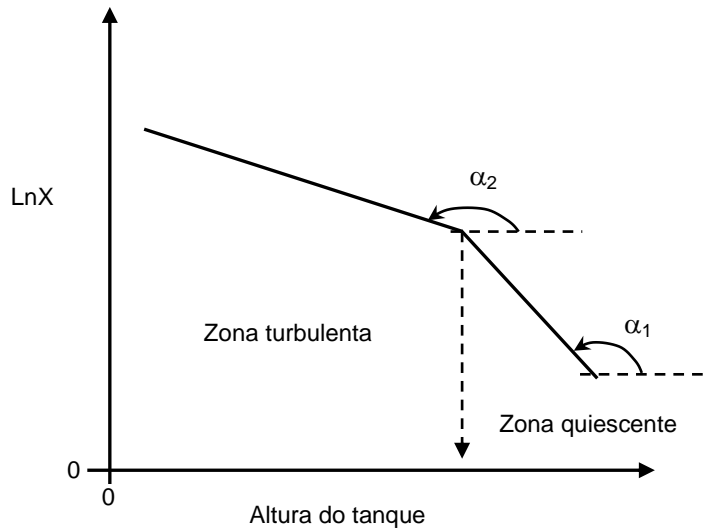


Figura 1- Curva ilustrativa do perfil de concentração usual em sistemas em tanques com agitação.

### Objetivos

Este trabalho teve por objetivo analisar a melhor relação da rotação em função do consumo de potência na suspensão de sólidos em tanques com agitação utilizando polpa pseudohomogênea de carbonato de cálcio nas concentrações de 40%, 50% e 60% em massa.

### Metodologia

A massa de sólido e líquido a ser adicionada no tanque para a adequação da concentração mássica da polpa pode ser determinada conforme a Eq. 4

$$M_S = \frac{V_T \cdot \rho_S}{\left[ \frac{(1 - C_S)}{C_S} X \frac{\rho_S}{\rho_L} + 1 \right]} \quad (\text{Eq. 4})$$

Sendo:

$V_T$  o volume total do tanque,  $m^3$

$\rho_S$  a densidade do sólido,  $kg/m^3$

$\rho_L$  a densidade do líquido,  $kg/m^3$

$C_S$  a concentração mássica do sólido, %

$M_s$  a massa de sólido, kg

Como o propósito do projeto é suspensão total do sólido quanto menor for essa inclinação(Figura 1) e maior a zona turbulenta melhor será a suspensão.

A viscosidade da polpa para as 5 rotações e as concentrações 40%,50% e 60% foram determinadas através da equação de correlação de Tomas(1965), conforme Eq. 5

$$\frac{u}{u_f} = 1 + 2,5\phi + 10,05 \phi^2 + 0,00273e^{16,6\phi} \quad (\text{Eq. 5})$$

Sendo:

$\phi$  a concentração volumétrica do sólido

$\mu$  a viscosidade relativa do fluído (kg/ m.s)

A determinação das densidades de cada concentração foi quantiicada pela equação 6 :

$$\rho_p = \frac{100}{\frac{\phi}{\rho_s} + \frac{(100 - \phi)}{\rho_f}} \quad (\text{Eq. 6})$$

Em que :

$\phi$  é a concentração volumétrica do sólido

$\rho_s$  é a densidade do sólido (kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_f$  é a densidade do fluído (kg/m<sup>3</sup>)

Após a determinação das viscosidades foram calculados os grupos adimensionais denominados de número de Reynolds utilizando a equação para tanque de mistura, Eq. 7

$$Re = \frac{N D^2 \rho_p}{\mu_p} \quad (\text{Eq. 7})$$

Sendo :

N a rotação por segundo (rps)

D o diâmetro do impelidor (m)

$\rho_p$  a densidade da polpa de calcário (kg/m<sup>3</sup>)

$\mu_p$  a viscosidade da polpa de calcário (kg/m.s)

A potência foi determinada através da equação 8.

$$P = 2 \cdot \pi \cdot F \cdot B \cdot \frac{N}{60} \quad (\text{Eq. 8})$$

Sendo:

P a potência (W)

F a força exercida pelo braço (N)

B o comprimento do braço (m)

N a rotação (RPM)

As propriedades das polpas utilizadas se encontram na TABELA 1.

Tabela 1: Propriedades da polpa

Concentração (%)	Densidade da polpa (kg/ m <sup>3</sup> )	Viscosidade da polpa (kg/m. s)
40%	1337,71	8,11 10 <sup>-3</sup>
50%	1461,06	0, 016
60%	1609,48	0, 064

A figura 2 apresenta a distribuição granulométrica da amostra.

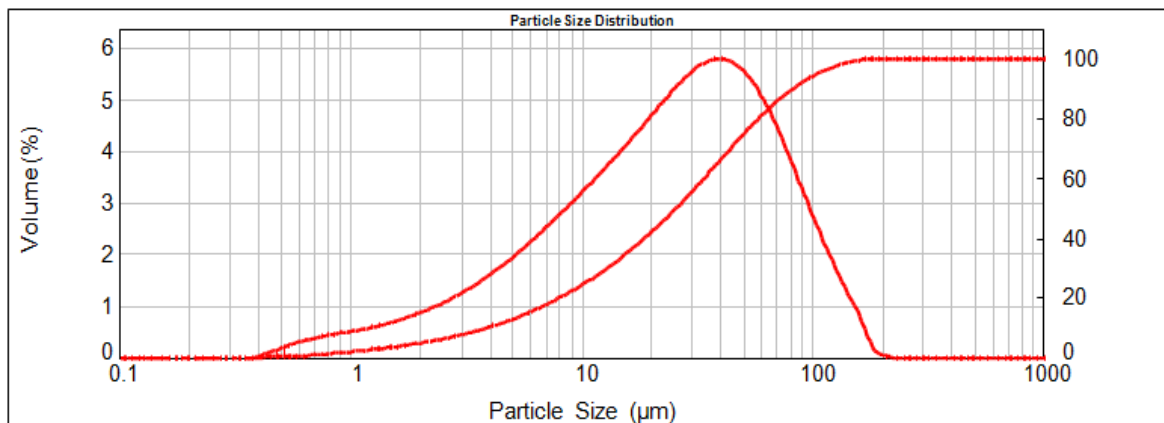


Figura 2- Distribuição granulométrica da amostra de carbonato de cálcio.

## Desenvolvimento

Os ensaios utilizaram um impelidor axial do tipo PBT (pitched blade turbine) com 4 pás a 45°, montado diretamente no bocal do eixo do motor. Antes de iniciar os procedimentos experimentais, toda instrumentação e tara dos recipientes foram verificadas. Com a variação da rotação do impelidor, através de um potenciômetro,

foram realizadas medidas de força, com a utilização de um dinamômetro e para a coleta de sólido a diferentes alturas do tanque, foi utilizado um dispositivo de captura dos mesmos.

Após a partida do equipamento e dos testes iniciais, a massa requerida de calcário para 40%, 50% e 60% foi adicionada ao tanque e o volume necessário para atingir os 10 L de polpa. O sistema operou com 400, 800, 1200 e 1400 rpm. Misturou-se por 5 minutos para estabilizar a suspensão em cada rotação. Durante este tempo, os copos de amostragem foram numerados e pesados. Antes de começar a amostragem foi medida a força exercida e a rotação para cada condição operacional proposta.

A amostra foi transferida para o recipiente de coleta e em seguida pesada, a fim de determinar a massa de sólidos na faixa de análise. Posteriormente, a amostra foi seca em estufa para se determinar a massa seca de sólido, visando o conhecimento da concentração de sólido local. Anotaram-se os valores na planilha de acompanhamento.

## Resultados

As condições de regime de fluxo no interior do tanque foram analisadas conforme o Número de Reynolds (Re) e se encontram descritos na Tabela 2. Sendo que para  $Re < 10$  o regime é laminar,  $10 < Re < 10000$  o regime é de transição e  $Re > 10000$  o regime é turbulento.

Tabela 2: Reynolds para todas as condições de rotações utilizadas.

Concentração (%)	Rotação (RPM)	Re (-)
40	400	6779,63
	800	13549,10
	1200	20328,74
	1400	25713,47
50	400	3753,30
	800	7500,97
	1200	11254,27
	1400	13128,11
60	400	1033,64
	800	2065,74
	1200	3099,38
	1400	3615,43

As figuras de 3 até 6 apresentam a distribuição axial de sólidos no interior do tanque, em função da altura relativa e concentração. Já a figura 7 apresenta a linearização da curva do perfil axial de sólidos, ilustrando o exemplo para 400 rpm.

Pode-se observar na Figura 3 que a polpa com concentração de 60% apresentou uma diferença na concentração da cota a 0,8 (h/H), devido a este valor de rotação não ser suficiente para provocar uma homogeneização ao longo de todo o tanque. Para a concentração de 60%, o perfil axial de sólidos atinge homogeneização satisfatória a partir de 800rpm. Para concentrações de 40% e 50%, a rotação de 400 rpm atende satisfatoriamente e pode ser escolhida devido ao menor consumo de potência.

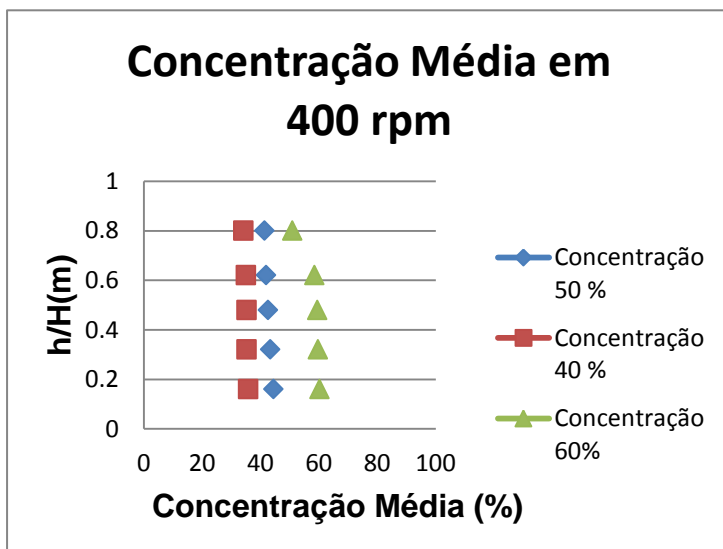


Figura 3- Distribuição axial de sólidos para rotação de 400rpm.

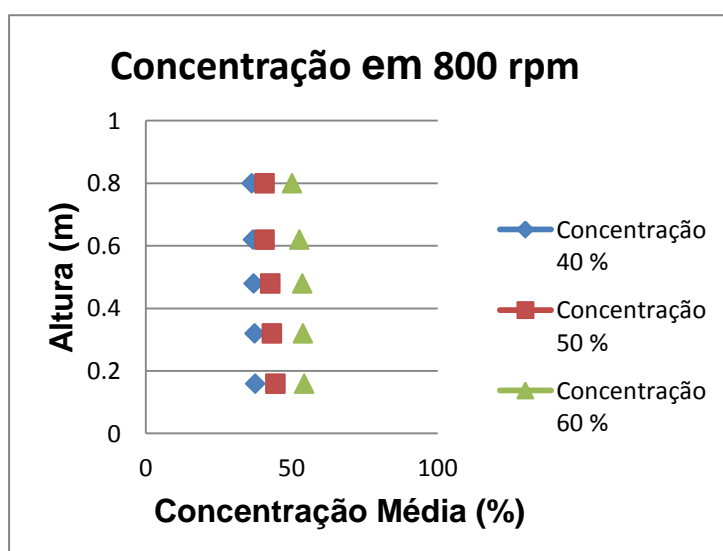


Figura 4- Distribuição de sólidos para rotação de 800 rpm.



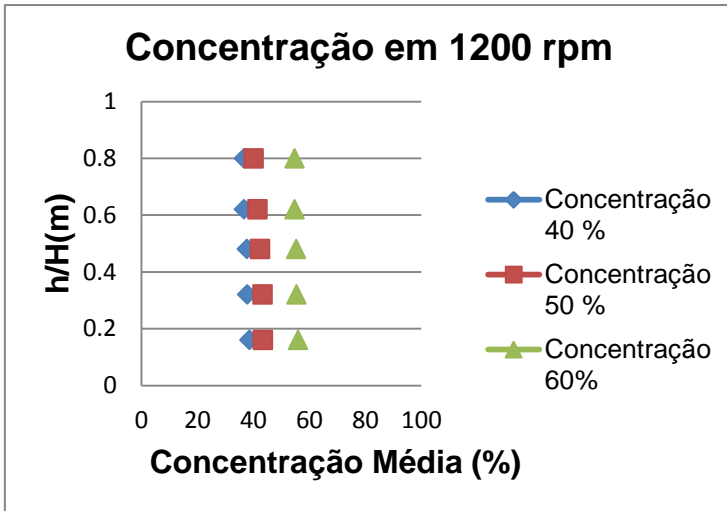


Figura 5- Distribuição de sólidos para rotação de 1200 rpm.

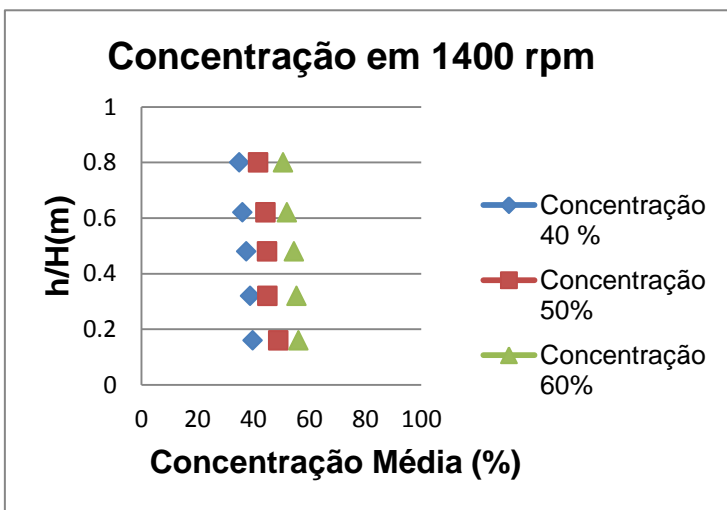


Figura 6- Distribuição de sólidos para rotação de 1400 rpm.

A figura 7 ilustra que não há divisão de regime no interior do tanque, entre zona laminar e zona turbulenta, o que é corroborado pelo Número de Reynolds apresentado na Tabela 2.

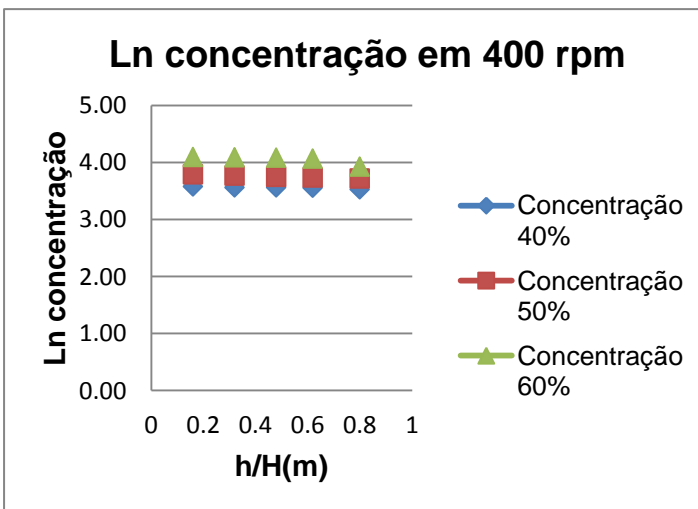


Figura 7- Linearização da curva de perfil axial de sólidos.

A Figura 8 ilustra o consumo de potência relacionado à rotação do impelidor.

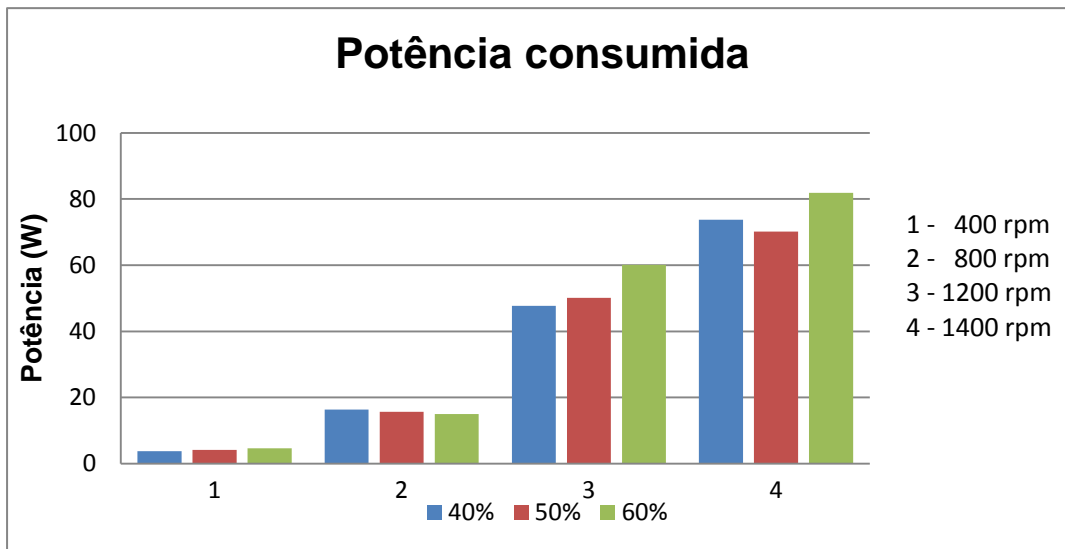


Figura 8- Potência consumida em função da rotação.

Pode-se observar que as rotações de 400 rpm e 800 rpm, não apresentam diferença significativa, para nenhuma das concentrações. A partir da rotação de 1200 rpm, nota-se um aumento significativo da potência consumida, na ordem de 70,24%. Assim, optou-se pela rotação de 800 rpm para a concentração de 60% como condição satisfatória para a homogeneização da polpa no interior do tanque, conforme observado na Figura 4. Já para as concentrações de 40% e 50%, pode-se optar pela rotação de 400 rpm, visando o menor consumo de potência e a boa distribuição axial dos sólidos no interior do tanque.

### Considerações Finais

O consumo de potência se mostra um fator de grande importância nos processos industriais, sendo este preponderante para se determinar a condição ótima na relação custo/produção. Assim, foi possível concluir que as condições que melhor atendem este preceito são as rotações de 400 rpm para as polpas de 40% e 50% com consumo de potência de 3,8W e 4,15 W, respectivamente. Já para concentração mássica de 60%, observou-se uma melhor condição de distribuição axial na rotação de 800 rpm, com consumo de potência de 14,97 W.

### **Fontes de Consultas**

BARRESI, A.; BALDI, G.; Solid dispersion in an agitated vessel, Chemical Engineering Science. Vol. 42. No. 12, pp. 2949-2956. 1987.

TH. N. ZWIETERING Suspending of solid particles in liquid by agitators, Chemical Engineering Science, 1968, Vol 9, pp 244 to 269.

JUNIOR, F.C.J.; Efraim CEKINSK, E., NUNHEZ, J.R.; URENHA, L.C.; Agitação e mistura na Indústria, - Rio de Janeiro : LTC , 2007.

THOMAS D.G. Transport characteristics of suspension. Journal of Colloid Science; V.7, p.423-430, 1965.