



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA METALÚRGICA E DOS MATERIAIS

Ed. Novo - Escola de Engenharia

Av. Osvaldo Aranha, 99 - 6º and. - sala 609

90000 Porto Alegre - RS - Tel.: 25-29-22 (BRASIL)

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

TRATAMENTO DE FINOS DE CARVÃO.

Rosa Porto Wodtke*

Ismael Bortoluzzi*

Carlos Bergmann*

Jorge Rubio**

* Alunos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica
** D.I.C. Ph.D. Professor Adjunto, UFRGS, PPGEMM.

TRATAMENTO DE FINOS DE CARVÃO.

A produção de carvão nacional está atualmente avaliada em torno de 6 milhões de toneladas/ano. Há objetivos de elevar esta produção para 10-12 milhões de toneladas/ano no espaço de cinco anos. O lavador de Capivari, Tubarão-SC, usa diariamente cerca de 8 mil toneladas de água, que são devolvidas ao meio ambiente com ultrafinos em suspensão. No RS, cada um dos processadores de carvão em Charqueadas e em Leão, usa cerca de 4 mil toneladas diárias de água. Somando-se às quantidades acima citadas, chega-se à conclusão de que um total de 16 mil toneladas de suspensão de ultrafinos são devolvidos diariamente às bacias hidrográficas. Os lavadores de Capivari e de Leão usam uma sedimentação prévia em lagoas de decantação.

As perspectivas para 1985 são de 26 mil toneladas diárias de suspensão jogadas no meio ambiente sem serem recuperadas nem a água nem o material combustível. Como as bacias hidrográficas já estão bastante poluídas, a recuperação (reciclagem) das "águas pretas" não pode ser adiada, sob risco de um agravamento substancial.

O tratamento destes rejeitos é fundamentado em fenômenos de superfície e os processos tecnológicos que podem resolver o problema são hoje matéria de intensa pesquisa nos países produtores.

De um modo geral, as alternativas para tratamento de finos de finos de carvão se resumem em:

- 1) recuperação do material combustível (beneficiamento propriamente dito);
- 2) separação sólido/líquido (sem beneficiamento algum).

Beneficiamento. A recuperação destes finos é fundamentada em fenômenos exclusivamente superficiais. Entre as possibilidades mais concretas destacam-se:

- a) Ciclonagem. A ciclonagem estagiada (normalmente dois estágios) utilizando ciclones a água, tem sido um dos avanços mais significativos no beneficiamento de finos de carvão nos últimos tempos. A eficiência demonstrada atinge até frações de 250 μm (1).
- b) Flotação. A flotação continua sendo o processo mais utilizado na recuperação de frações finas na faixa -500 μm x 0. No Brasil, esta operação fica reduzida aos carvões metalúrgicos. Em outros países, a flotação dos finos constitui mais um dos distintos processos incluídos regularmente no flowsheet geral do beneficiamento de carvões metalúrgicos e não metalúrgicos.
- c) Aglomeração Esférica. É um dos processos mais viáveis tecnicamente na recuperação de finos e ultrafinos. Em carvões australianos, a aglomeração esférica concorre com a flotação em termos econômicos. O processo tem sido redescoberto (já era conhecido em 1921!) nos últimos 5 anos e testado com êxito em diversos países (2,3,4). Basicamente, este processo é fundamentado no molhamento preferencial do carvão pelo óleo e na obtenção de um máximo no efeito capilar.
- d) Floculação Seletiva. Corresponde à continuidade histórica deste processo que apareceu "on scene" no começo da década de 1970 como um dos métodos potencialmente mais ricos no tratamento de finos (5).

A sua aplicação ao tratamento de ultrafinos de carvão tem sido analisada nos USA e na Polônia com eficiência discreta (6,7).

Separação sólido-líquido. Na separação sólido-líquido, seja por decantação em bacias como por filtração à vácuo, o processo de floculação é fundamental. A seleção dos polímeros mais eficientes constitui um dos principais itens a serem considerados na estimativa da eficiência do processo.

A presente contribuição tem relação com um estudo sistemático que a UFRGS está levando na caracterização, beneficiamento e utilização dos carvões do RS e SC. Neste estudo, são apresentados resultados de flotação, aglomeração e filtração das frações não beneficiadas do lavador do Leão (RS) e de floculação - filtração no efluente do lavador de Capivari (SC).

Resultados.

Flotação. As figuras 1, 2, 3 e 4 apresentam resultados de flotação nas frações $-28 \mu \times 0$ e $-28 \mu \times 200$ obtidos em condições diferentes:

Os resultados mostraram condições ótimas para pH (fig. 1) densidade de polpa (fig. 2), tempo (fig. 3) tipo e concentração de reagente (fig.). A eficiência do processo é também dependente da granulometria e concentração de agente depressor (fig. 5).

Altos valores em recuperação de matéria carbonosa são obtidos com rejeições razoáveis de cinzas (Tab. I). Os melhores teores de cinzas foram obtidos com agentes depressantes (Tabela I).

Conjuntamente houve uma redução na recuperação em massa. Um fato notável foi a flotação obtida com um simples agente espumante como o óleo de pinho, quando adicionado de uma só vez (fig. 6)

Aglomeração. A aglomeração oleosa utilizando óleo diesel mostrou-se altamente eficiente nas frações $-60 \mu \times 0$. O tamanho dos aglomerados aumentou com um aumento na quantidade de óleo. O processo é também dependente da agitação e pré-emulsificação do aglomerante.

A Tabela II mostra exemplos de separação de finos de Leão por aglomeração esférica utilizando óleo diesel como agente aglomerante.

Floculação. A caracterização de efluentes (ultrafinos de -200μ) de Capivari e Leão em termos de floculação por agentes flocculantes foi feita utilizando os seguintes flocculantes:

- 1) Magnafloc R-365, uma poliacrilamida catiônica de alto peso molecular.
- 2) Amido de mandioca, um polisacarido aniônico
- 3) Polyox-Coagulant (Union Carbide) um polímero não iônico.

O polímero Magnafloc R365 mostrou-se como sendo o melhor flocculante, com limpeza total da água de lavagem e formação dos melhores e mais resistentes flocos. O Magnafloc R-365 foi capaz de floccular suspensões, mesmo quando aplicado em concentrações tão baixas como 1 ppm, disperso (fig. 7). O amido apresentou-se como um flocculante intermediário sendo necessária uma concentração média de 5 ppm para uma boa floculação (carvão da Capivari) (fig. 8). Esta é quase total mas seus flocos são menores e menos resistentes à agitação.

O polyox demonstrou baixa eficiência, sendo necessárias concentrações mais elevadas (cerca de 15 ppm para Capivari) para atingir seu ponto máximo de floculação (65%). A água processada apresentava-se, ao final, turva. Para altas concentrações do polímero verificou-se uma floculação negativa, vale dizer uma redispersão (fig. 9).

Filtração. Uma correlação entre floculação e aumento da velocidade de filtração foi, de um modo qualitativo, direta. À maior floculação, maior velocidade de filtração. Entretanto a relação não é estrita entre os dois processos. Isto é, valores de 100% floculação para ambos rejeitos não significavam correspondentes valores em velocidades de filtração. Este último processo é dependente de outros fatores além dos físicoquímicos superficiais (fig. 10).

Discussão.

Flotação. Os resultados obtidos podem ser interpretados na base dos seguintes fatos:

1) A disseminação do material inorgânico carbonoso é alta no carvão do Leão contribuindo para a formação de uma alta proporção de mistos (8). Portanto, a rejeição de cinzas não pode ultrapassar um certo valor. No melhor dos casos, obteve-se um produto com um teor ao redor de 30% de cinzas com recuperações da ordem de 60%.

2) As características coletoras do óleo de pinho foram demonstradas através de ensaios de adsorção que serão publicados a parte. O carvão adsorve este reagente em alta proporção seguindo um comportamento típico dos sólidos porosos. O mecanismo de interação mais provável entre o carvão e o óleo de pinho é por pontes de hidrogênio entre os grupos OH dos terpenóis do óleo de pinho e os grupos fenóis ou carboxílicos do carvão.

3) As diferenças em flotação obtidas quando o espumante-óleo de pinho - é adicionado em etapas ou em uma só vez tem relação com a cinética do processo. Em etapas, a "atividade" do óleo na solução (no tempo) é muito menor que aquela obtida adicionando a quantidade total de coletor numa só vez.

4) A deslamagem (frações -200μ) melhorou a performance global da flotação (maiores valores dos índices de eficiência) devido a notória redução do conteúdo de cinzas nos concentrados.

Aglomeración. A grande afinidade do carvão do Leão pelo óleo diesel demonstra a natureza hidrofóbica deste carvão. Na etapa presente, um grande esforço está sendo posto neste processo onde está se obtendo resultados muito promissórios.

Floculação. Os resultados de floculação obtidos revelam as afinidades diferentes dos floculantes pelo carvão. Dentro dos

possíveis mecanismos de adsorção destes reagentes na interface carvão-solução destacam-se:

1) A poliacrilamida catiônica que adsorve-se através de um mecanismo de atração eletrostática simples. Tanto a superfície do carvão como a do material silicoso apresentam uma carga superficial negativa, oferecendo sítios de adsorção para o polímero.

2) O amido que se adsorve através de pontes de H_2 , ou por reação química entre os cátions contaminantes na superfície dos finos (Fe, Al) e os grupos carboxílicos, ou fosfatos das frações do amido. Ambos processos são suficientes para vencer a barreira energética de repulsão eletrostática que se estabelece entre o polímero e o carvão (ou cinzas).

3) O polióxido de etileno que adsorve-se através de pontes de hidrogênio ou interações hidrofóbicas. Ambos mecanismos são energeticamente muito fracos.

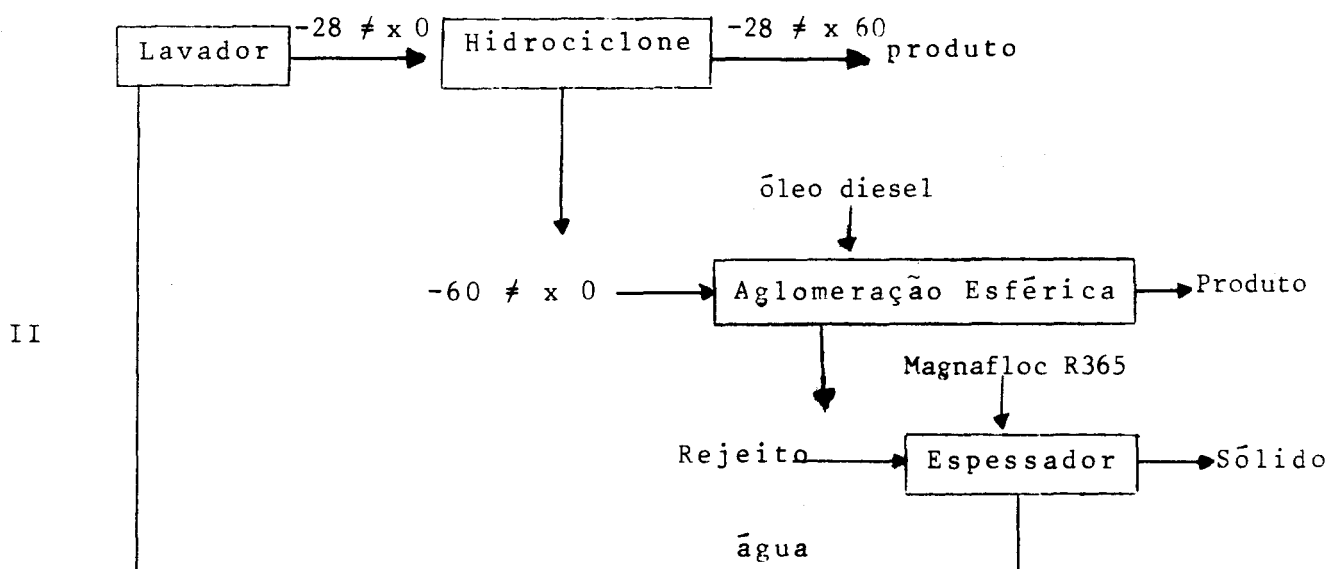
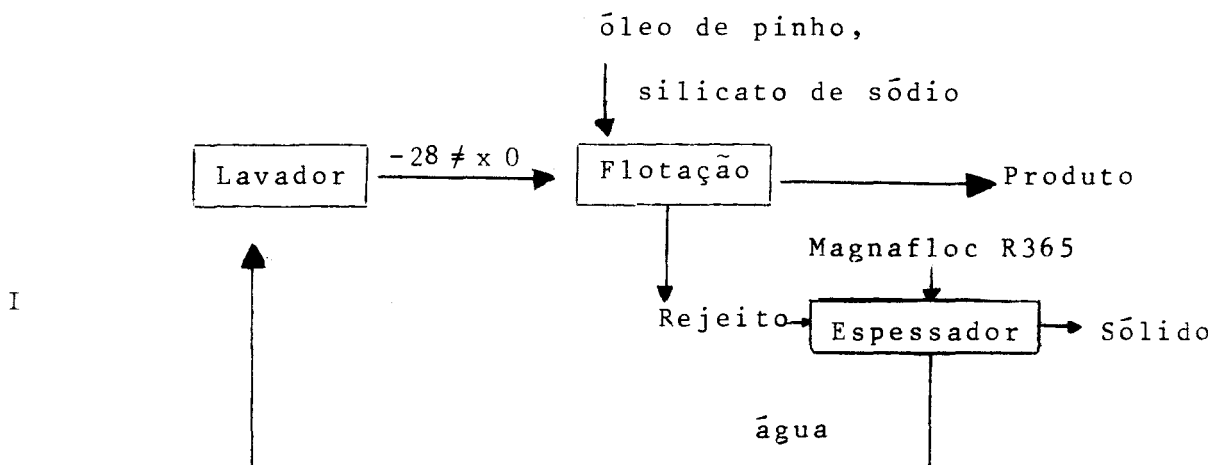
Filtração.

A diferença fundamental entre as características de filtração dos carvões testados é a natureza altamente hidrofóbica dos flocos obtidos no caso do carvão de Capivari. Esta hidrofobicidade oferece uma resistência considerável ao fluxo de água embora a floculação origine um aumento na velocidade de filtração com respeito ao branco (sem floculante). Por outro lado, a relação entre floculação e filtração no carvão do Leão é muito boa. A maior floculação corresponde uma maior filtração.

Conclusões.

O presente estudo oferece informação básica sobre a caracterização de finos de carvão em termos de: 1) recuperação da matéria carbonosa por flotação e aglomeração esférica; 2) floculação - filtração das frações ultrafinas.

A priori, o tratamento dos finos do Leão poderia seguir qualquer dos seguintes processos:



Agradecimentos:

Nossos sinceros agradecimentos a Elba Calessio Teixeira pela sua excelente contribuição na parte experimental relativa a flotação do carvão do Leão.

Referências

1. Raymond, B. and Payne B: "Recent advances in Canadian Coal Preparation" Canadian Institute of Mining, Bulletin, February 1974, pag. 110-115.
2. Nicol, S.K., and Swanson, A.R. "Ultrafine coal recovery from preparation plant tailings". 8th Int. Coal Preparation Congress, Donetsk, USSR, Fevereiro 1979.
3. Bhattacharyya, R.N., Moza, A.K. and Sarkar. 2nd Int. Symp. on Agglomeration, Agglomeration 77, AIME, 1977, pag. 931.
4. Capes, C.E. "Basic research in Particle Technology"; Canadian J. Chem. Eng., 54, 3 (1976).
5. Yarar, B. and Kitchener, J.A. "Selective flocculation of minerals" Trans. I.M.M. Sect.C, 79, C 23 (1970)
6. Blasckke, Z. "Beneficiation of coal fines by selective flocculation" 7th Int. Coal Preparation Congress, Sydney, Australia, 1976.
7. Hucko, R.E., "Beneficiation of coal by selective flocculation, A Laboratory study", USBM, Report of Investigations 8234 1977.
8. Teixeira, Elba. "Flotação de carvões nacionais", Tese de Mestrado, UFRGS, 1979.

Legenda das Figuras

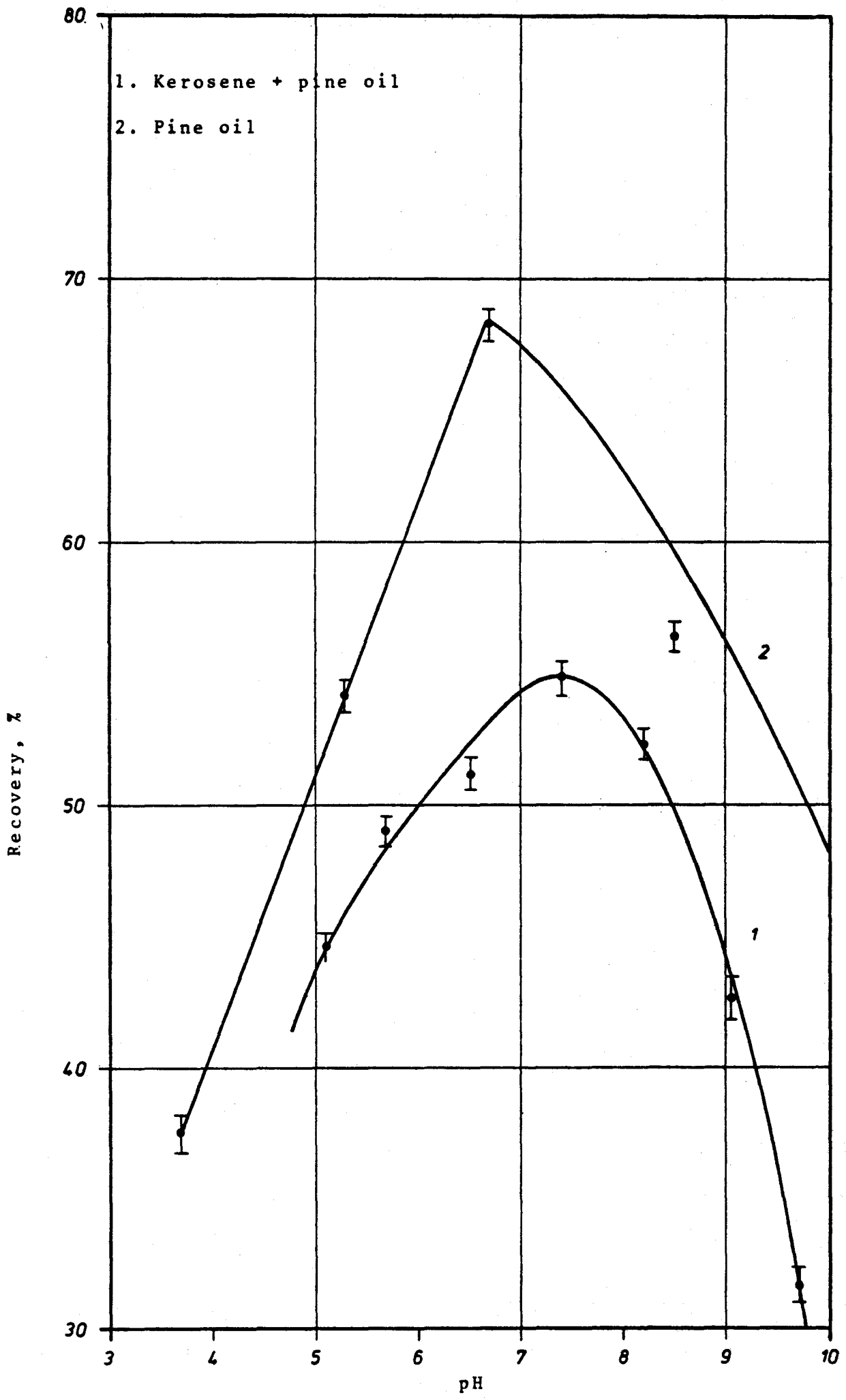
1. Efeito do pH na flotação; condições de operação: granulometria, $28 \neq x 0$; densidade de polpa 11% em peso; 1) querosene 10^3 Kg ton^{-1} , óleo de pinho, 600 g ton^{-1} (adicionada em 4 etapas), 2) óleo de pinho, 600 g ton^{-1} (adicionado em uma etapa)
2. Efeito da densidade de polpa na eficiência da flotação; condições de operação: pH 7.4, concentração do coletor, 600 g ton^{-1} .
3. Flotação estagiada do carvão do Leão. Condições de operação: pH 7.4, densidade de polpa 11% em peso, granulometria $28 \neq x 0$, coletor querosene.
4. Influência do tipo e concentração de coletor; condições de operação: densidade de polpa, 11% em peso, granulometria $28 \neq x 0$, pH 7.4
5. Influência da granulometria na flotação com querosene; condi - ções de operação: densidade de polpa, 11% em peso, pH 7.4
6. Flotação do carvão do Leão com óleo de pinho; condições de operação: densidade de polpa, 11% em peso, granulometria $28 \neq x 0$, pH 6.7
7. Floculação de ultrafinos de carvão com Magnafloc R 365; I: Efluente de Capivari, II: Efluente do Leão.
8. Floculação de efluentes ultrafinos de carvão com amido; I: Efluente Capivari, II: Efluente do Leão
9. Floculação de ultrafinos de carvão com polióxido de etileno; I: Efluente de Capivari, II Efluente do Leão
10. Filtração de efluentes finos de carvão.

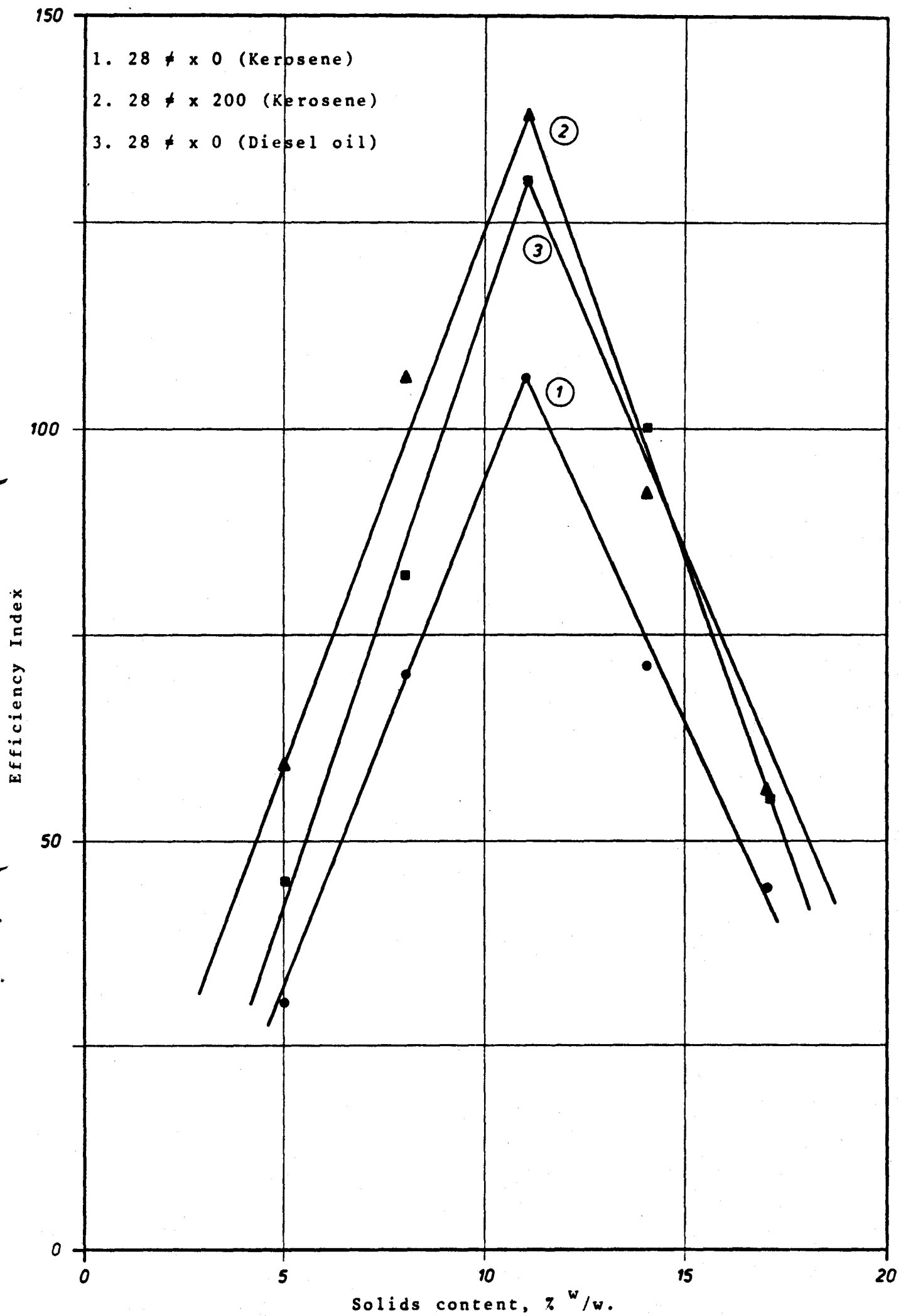
Tabela I. Influencia do Silicato de sódio na flotação do Carvão do Leão com óleo de pinho; condições de operação: densidade de polpa, 11% em peso, 0.6 kg ton⁻¹ óleo de pinho pH 6.7 granulometria 28 \neq x 0.

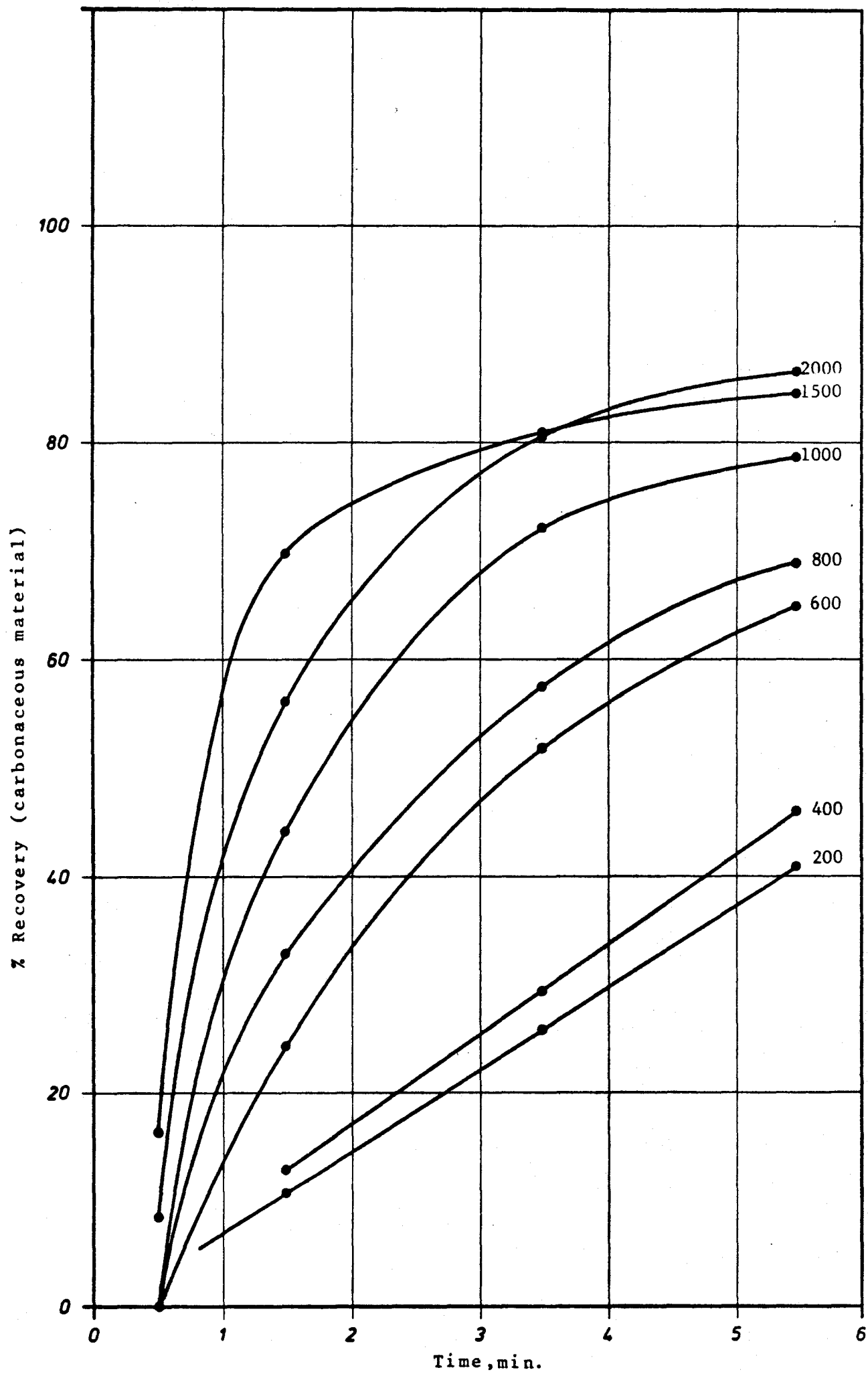
Silicato de sódio, Kg ton ⁻¹	Produtos	Peso %	Teor		Recuperação	
			MC	CZ	MC	CZ
			%	%	%	%
0.4	Alim.	100	49.6	50.4	-	-
	Conc.	44.9	67.7	32.4	61.3	28.9
	Rej.	55.1	34.8	65.2	38.7	71.1
0.8	Alim.	100	49.2	50.8	-	-
	Conc.	42.3	69.5	30.6	59.7	25.5
	Rej.	57.7	34.3	65.7	40.3	74.5
1.2	Alim.	100	49.2	50.8	-	-
	Conc.	38.5	67.8	32.3	53.0	24.5
	Rej.	61.5	37.6	62.4	47.0	75.5

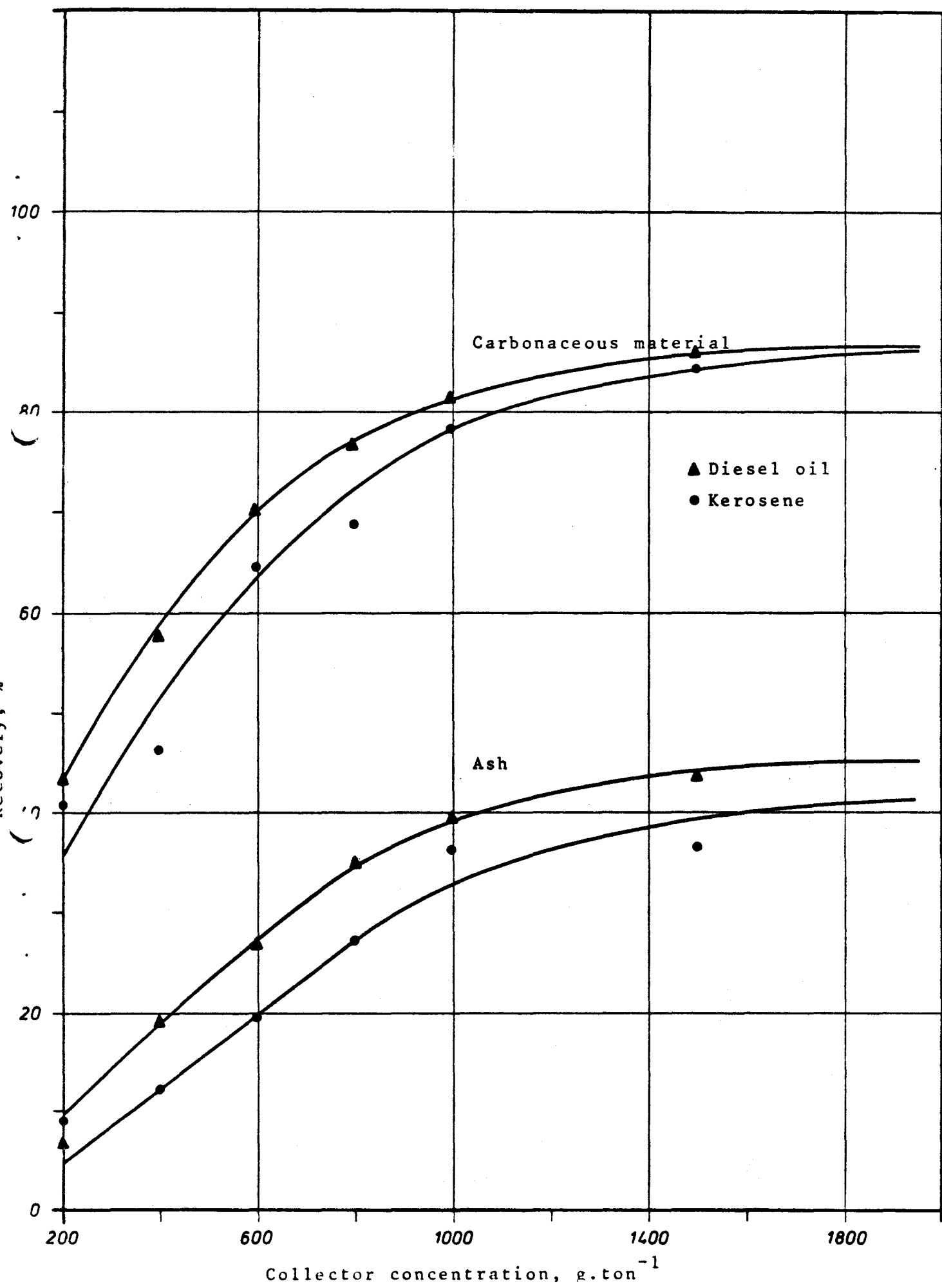
Tabela II. Beneficiamento do carvão do Leão por aglomeração esférica; dados de operação: Aglomerante, óleo diesel, emulsificado em um liquidificador durante 120 seg a 5000 rpm (100 ml), densidade de polpa, 10%, separação feita por peneiramento.

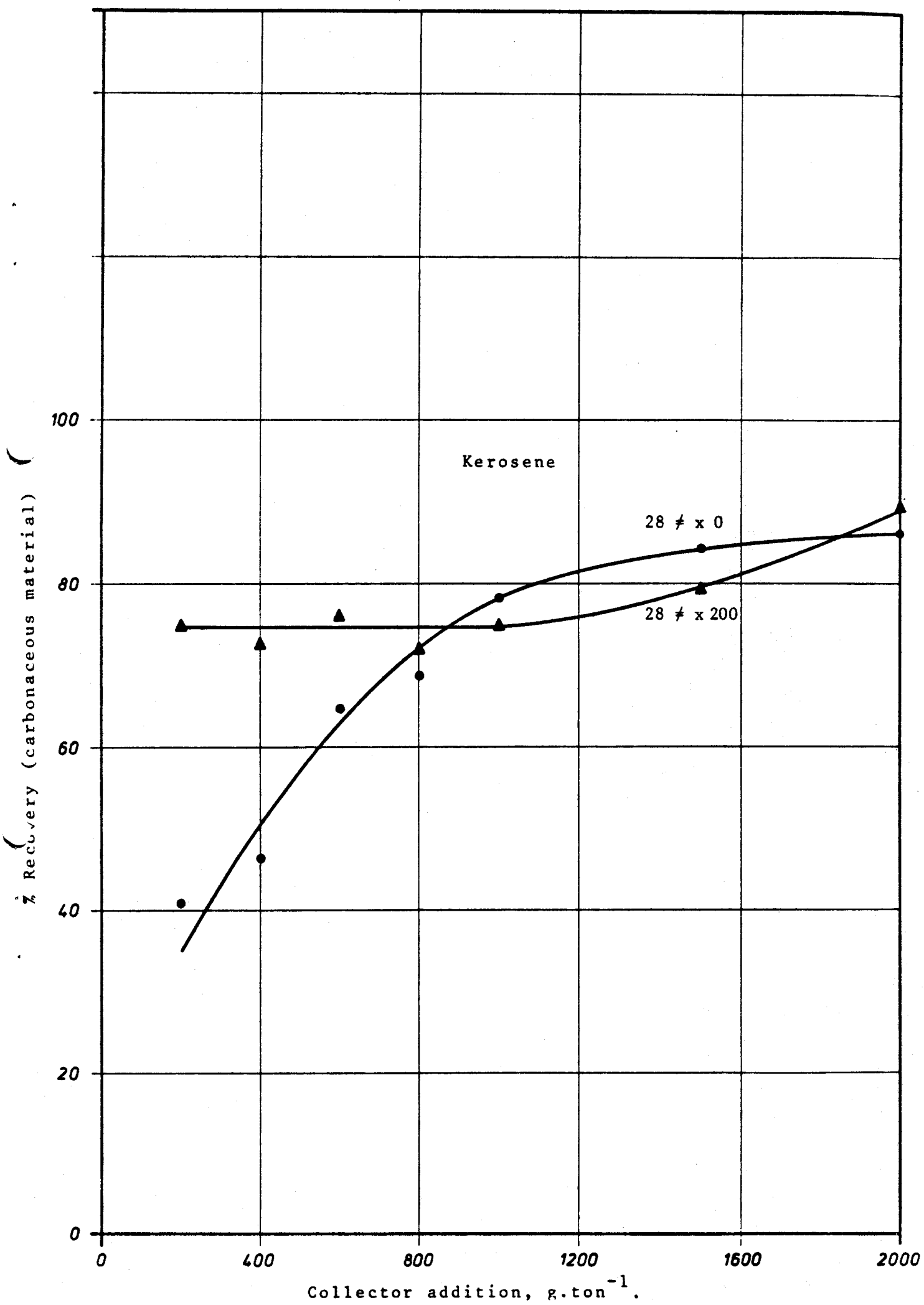
Óleo diesel,%	Produtos	Peso,%	Teor		Recuperação	
			MC,%	CZ,%	MC,%	CZ,%
5	Alim.	100	50.1	49.9	-	-
	Conc I	52.48	62.9	37.1	65,0	40
	Conc II	23.35	55.9	44.1	27.4	20
	Rej.	24.17	16.1	83.9	7.6	40
6.6	Alim.	100	47.3	52.7	-	-
	Conc I	60.33	60.8	39.2	78.6	46
	Conc II	13.64	59.8	40.2	15.6	10.5
	Rej.	26.03	17.0	83.0	5.8	43.5

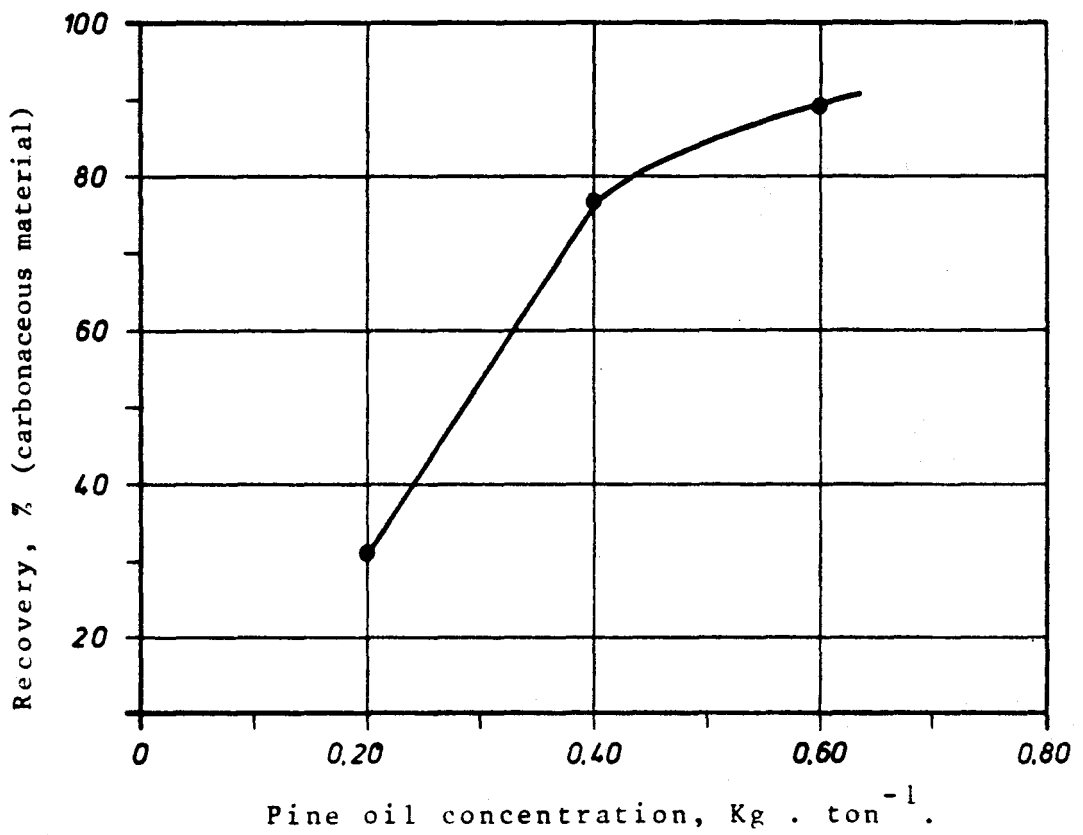
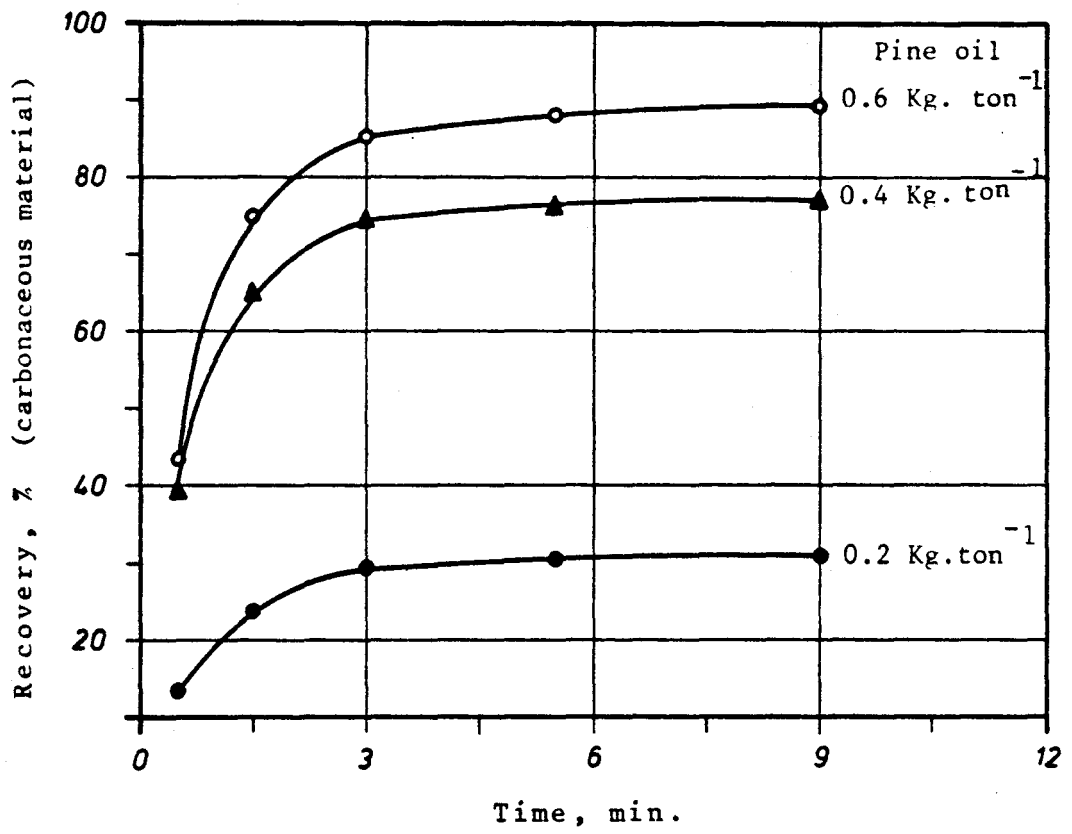


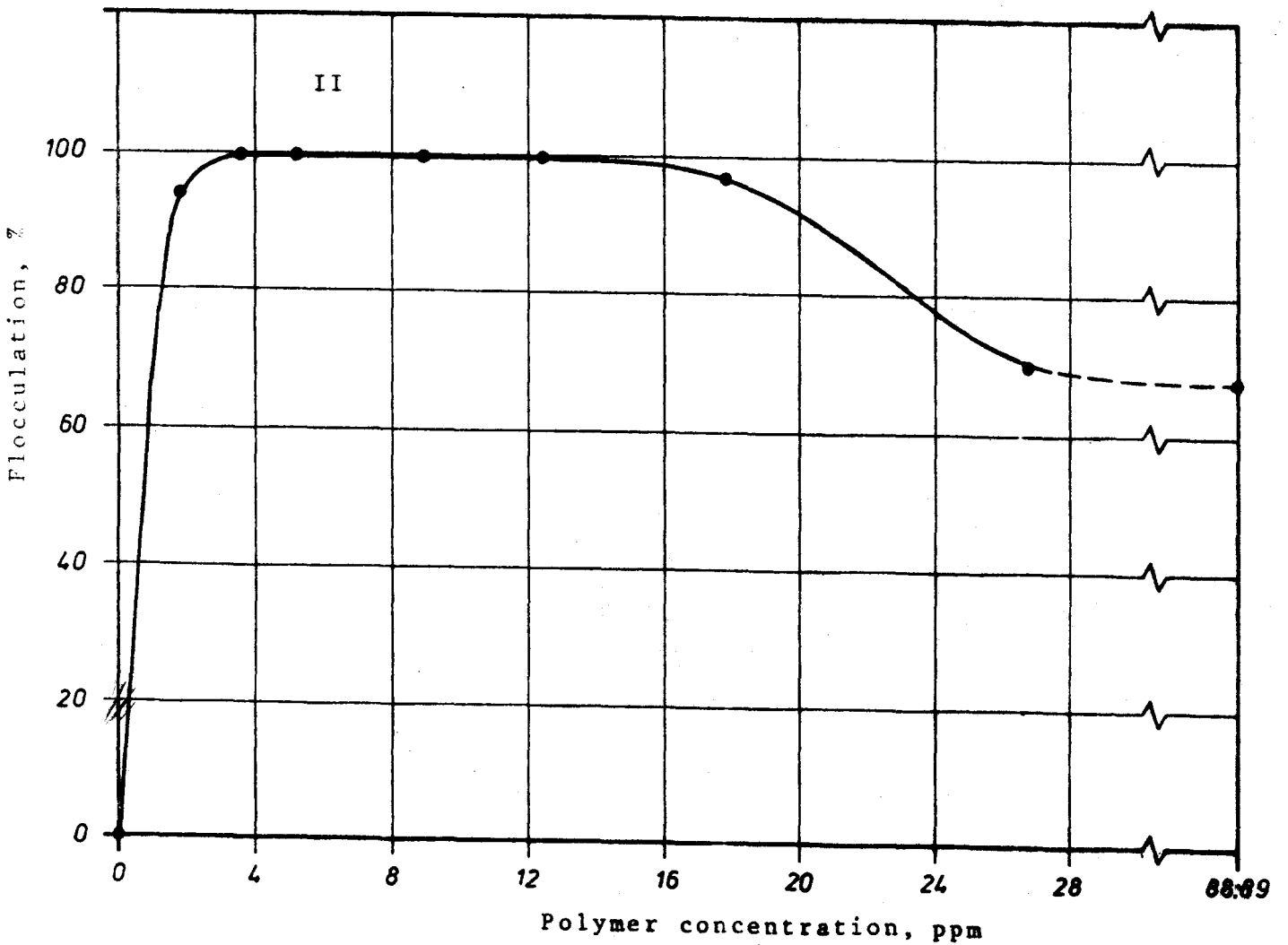
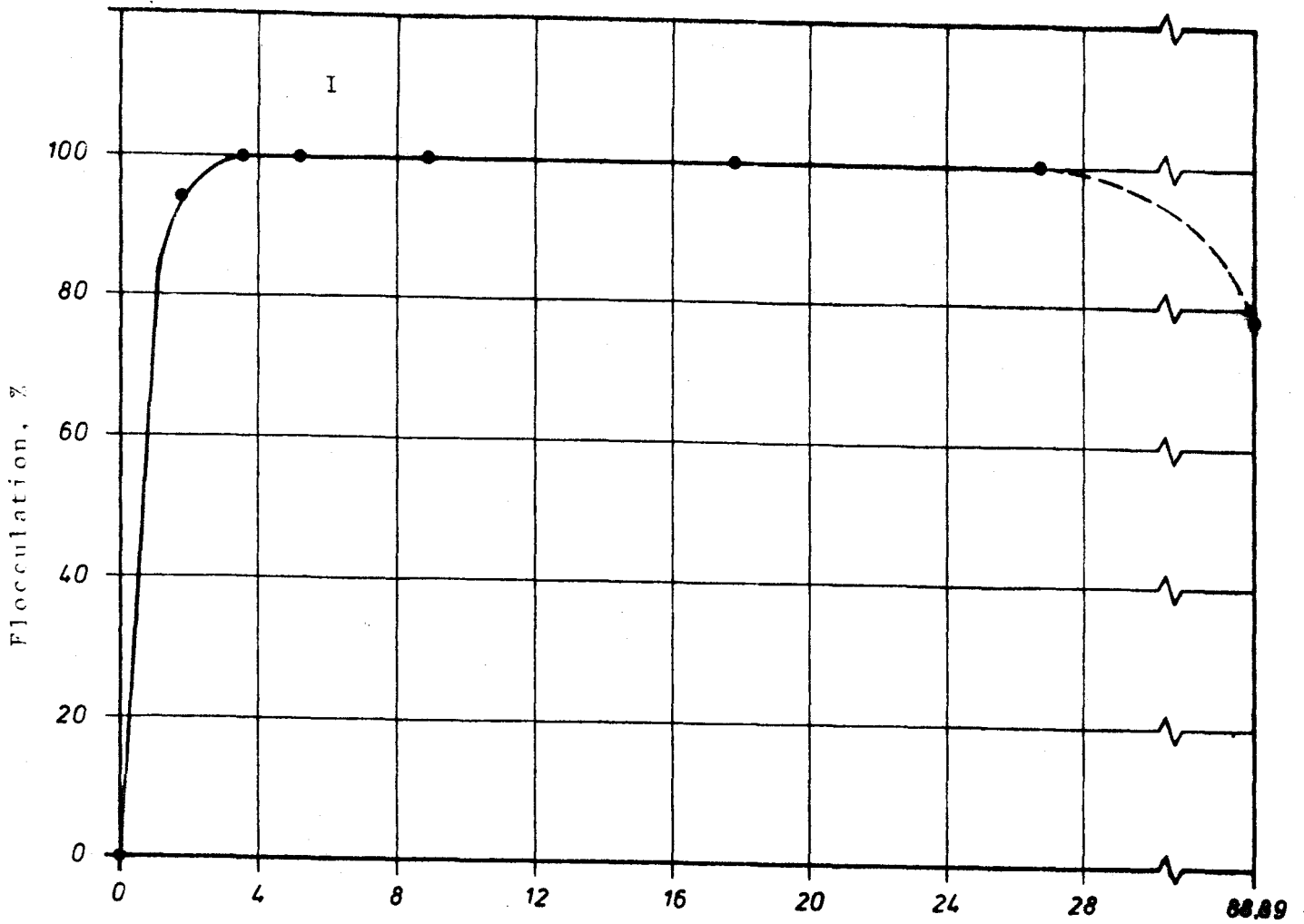


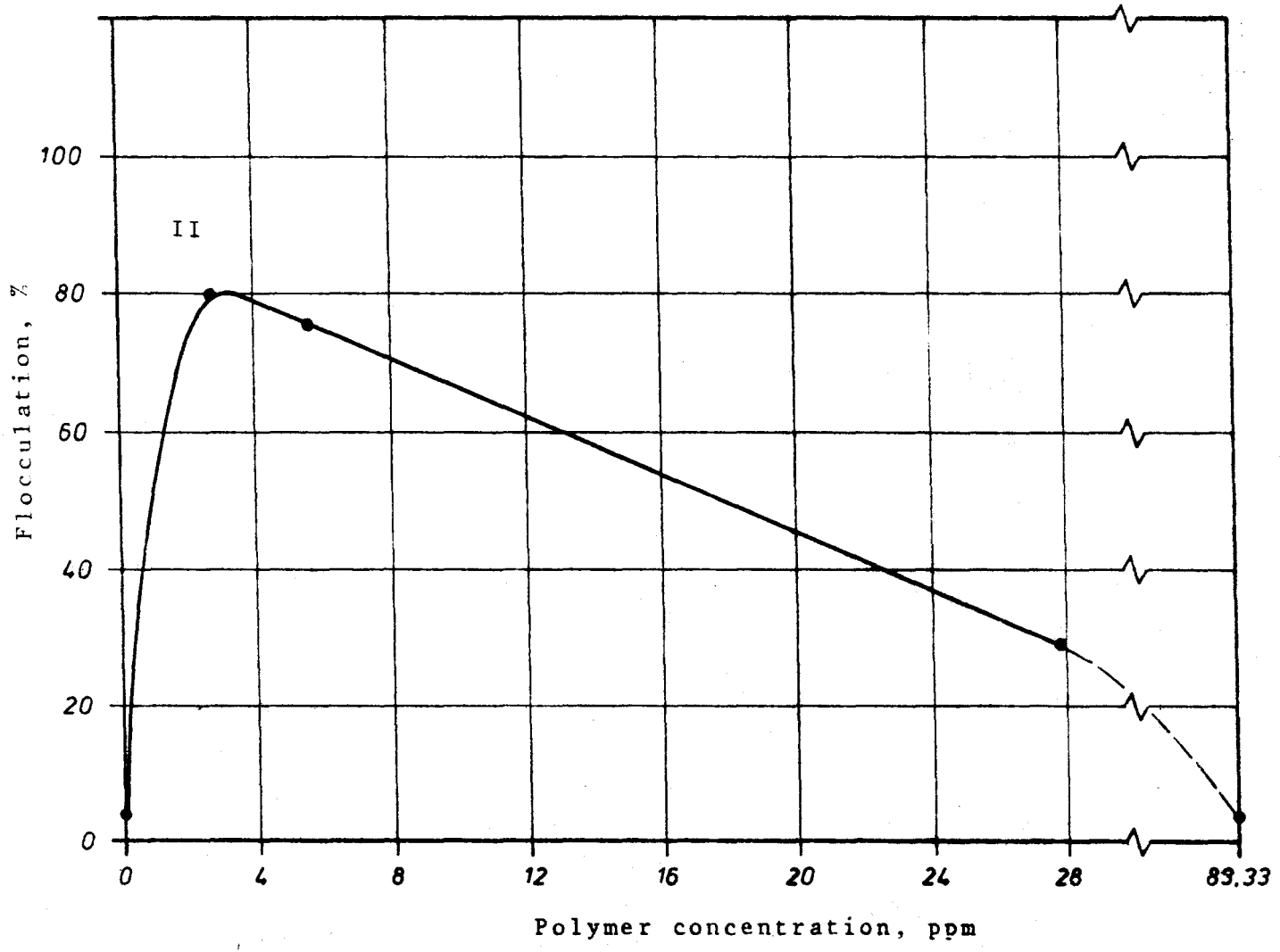
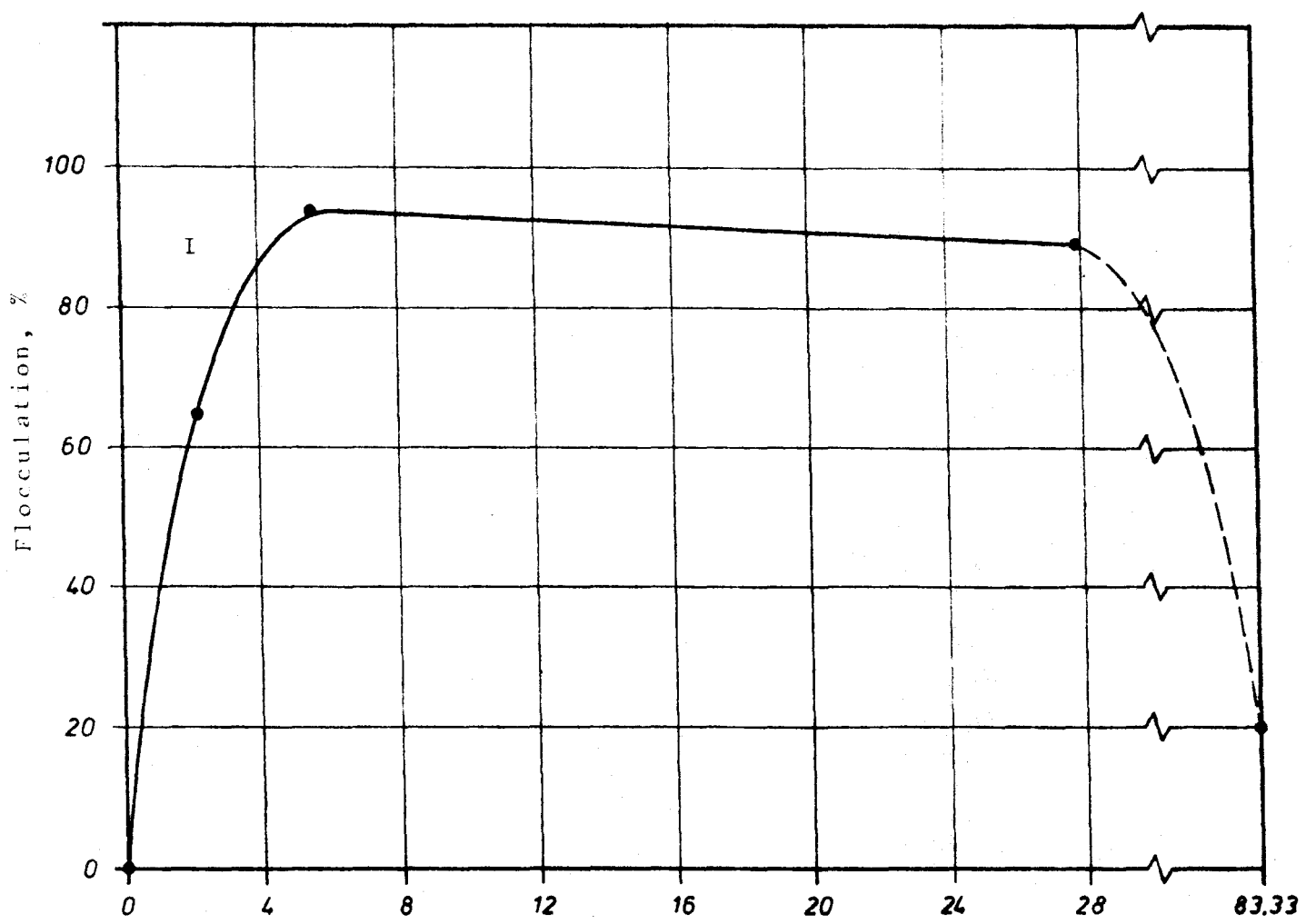












Polymer concentration, ppm

