

PERFORMANCE DE DIFERENTES MEIOS FILTRANTES PRIMÁRIOS EM FILTRAÇÃO A VÁCUO PARA LODO DE CALDO DE CANA

W.L. Polonio^{1*}; E.M. Gonçalves²; P.C. Razuk³

¹ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industria, UNESP, Campus de Bauru, SP

² Departamento de Matemática, Faculdade de Ciências, UNESP, Campus de Bauru, SP.

³ Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia, UNESP, Campus de Bauru, SP

Recebido: 30 julho, 2003; Revisado: 08 de julho, 2004

Palavras-chave: filtração a vácuo, meio filtrante, vácuo.

RESUMO

Este estudo objetiva avaliar o desempenho de treze tipos diferentes de meio filtrante primário, desenvolvidos para uso na filtração a vácuo de lodo de caldo de cana, simulando as operações de formação e desidratação da torta em filtros contínuos de tambor rotativo a vácuo, empregados nas indústrias de açúcar e álcool do Brasil. Os meios filtrantes primários testados foram divididos em chapas perfuradas por processo mecânico e foto corrosão química, com furos redondos e hexagonais, diferentes procedências, áreas abertas, tipos de acabamento superficial, espessuras e processos de ataque químico de corrosão das chapas. Mais ainda outros tipos construídos com barras trapezoidais, formando grade metálica com aberturas retangulares de diferentes aberturas e área aberta. Todos ensaios foram realizados em planta piloto, anexa ao filtro real, objetivando refletir a realidade das variáveis operacionais do lodo de caldo de cana em um filtro de tambor rotativo a vácuo, aplicado nas indústrias de açúcar e álcool. Para cada ensaio, as análises do lodo, torta e caldo filtrado foram feitas no laboratório da usina, levantando dados quantitativos e qualitativos que foram contrastados com os elementos filtrantes padrão utilizados normalmente. Os resultados são apresentados graficamente, comparando-se as taxas de filtração obtidas das etapas de formação e desidratação da torta, para as variações de vácuo, temperatura e concentração de auxiliar filtrante. Como conclusão, mostra ao usuário um novo caminho para melhoramento significativo do desempenho da filtração a vácuo, sem a necessidade de aumento da área da unidade de filtração com baixo investimento.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the development of thirteen different types of primary filtering media, developed for the use of vacuum sugar-cane mud filtering, simulating the formation and dewatering operations of the cake in Rotary Vacuum Drum Filter, employed in sugar and alcohol mills in Brazil. The primary filtering media tested were divided in perforated boards by mechanical process and chemical photo corrosion, with round bores, different procedures, open areas, superficial types of finish, thickness and chemical corrosion attack of the boards. Also, other more types built with trapezoidal bars, forming a metal grid with rectangular openings of different open area. All the essays

were made in a pilot plant, attached to the real filter, aiming to reflect the truthfulness of the operational variables of the sugar-cane mud in a Rotary Vacuum Drum Filter, applied in sugar and alcohol mills. For each essay, all of the analysis of the mud, cake and filtered juice were made at the mill's own laboratory, raising quantitative and qualitative data which was contrasted with the standard filtering element commonly used. The results are presented graphically, comparing the filtering indexes obtained in the formation and cake dewatering steps, for the variations of vacuum, temperature and concentration of filtering auxiliary. As a conclusion, it shows the user a new way to significantly improve the performance of vacuum filtering, without the need to increase the area of the filtering unit, with low investment.

1. INTRODUÇÃO

Filtros contínuos de tambor rotativo a vácuo são os equipamentos mais utilizados na indústria sucroalcooleira no Brasil, em função do tipo de tratamento utilizado na clarificação do caldo de cana, que é a sulfitação. Estima-se que, para a produção nacional de 320 milhões de toneladas de cana de açúcar (O Estado de São Paulo, 2001), sejam necessários 51.850 m² de área filtrante, mantendo a relação média de 0,7 m² de área de filtração por tonelada de cana, com período médio de duração da safra de 180 dias. Segundo ARQUED (1955), o primeiro filtro de tambor rotativo a vácuo foi instalado no Brasil nas usinas de açúcar e álcool, em 1927, pelo fabricante Oliver Campbell. SPENCER & MEADE (1967) citam que os filtros de tambor rotativos a vácuo substituíram rapidamente os filtros prensa, a partir de 1935. Os diferentes tipos de equipamentos para filtração de lodo buscam uma melhor eficiência da filtração, com a elevação dos índices de retenção de sólidos. Recentemente o setor sucroalcooleiro tem investido em instalação de filtros contínuos do tipo correia, na busca de melhor eficiência, sem mesmo ter otimizado as variáveis físicas do filtro contínuo de tambor rotativo a vácuo, como exemplo o meio filtrante primário. PERRY et al. (1977), relatam que filtros contínuos de tambor rotativo a vácuo manuseiam mais toneladas de sólidos do que qualquer outro tipo de filtro combinado, o que permanece até hoje. Outros setores que utilizam filtros de tambor rotativo a vácuo, como mineração, possuem equa-

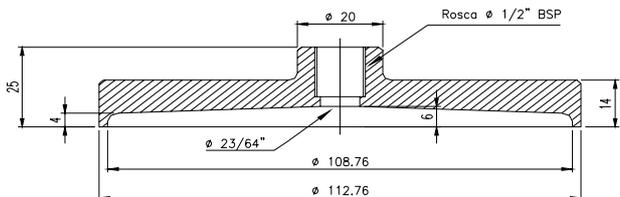
* polonio@netsite.com.br

cionadas de melhor forma as variáveis físicas do equipamento e continuam acreditando no seu potencial.

O objetivo do presente trabalho foi comparar, através das taxas de filtração obtidas, treze tipos diferentes de meios filtrantes primários, em relação ao padrão mais utilizado nas usinas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no setor de filtração de lodo de caldo de cana da Usina da Barra SA Açúcar e Álcool – cidade de Barra Bonita, interior do Estado de São Paulo. Foi desenvolvida e construída uma planta piloto, instalada anexa a um filtro de tambor rotativo de diâmetro 4.267 mm por 12.192 mm de largura, servida pela rede de vácuo e alimentada pelo lodo da própria bacia do filtro, garantindo deste modo todas as variáveis do processo, no decorrer de toda safra canavieira. Um dispositivo de filtração denominado “Filter leaf test”, foi desenhado para avaliação dos elementos filtrantes primários como mostra a figura 1.



Material de construção Aço Inoxidável AISI 304 ou Bronze SAE 620

Figura 1 – Detalhe dimensional construtivo do dispositivo Teste Folha (“Filter leaf test”).

O desenvolvimento do trabalho partiu dos testes dos com água a temperatura controlada variando os níveis de vácuo. Numa segunda etapa, realizaram-se os ensaios com o lodo de caldo de cana durante o período decorrente de uma safra (210 dias), considerando desta forma todas as variáveis sazonais. Numa terceira fase, foram realizados ensaios com variação de temperatura, níveis de vácuo e concentração de auxiliar filtrante. Coletaram-se dados do volume filtrado e do tempo decorrido gerando as taxas de filtração. As figuras 2 e 3, mostram o dispositivo teste folha montado e os procedimentos utilizados para coleta de dados e levantamento da taxas de filtração.

A Tabela 1 descreve as principais características dos meios filtrantes primários utilizados no experimento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos resultados obtidos, apresentados na Figura 4 e Tabela 2 pode-se observar que ocorre maior taxa de filtração com a utilização da chapa perfurada pelo processo de foto corrosão química com faces eletro polidas (Chapa 11). Mesmo não sendo o meio filtrante primário que possui a maior área aberta, obteve-se a melhor taxa de filtração, sendo atribuído este aumento ao acabamento superficial do meio filtrante,

neste caso eletro polido, beneficiando o escoamento de filtrado.

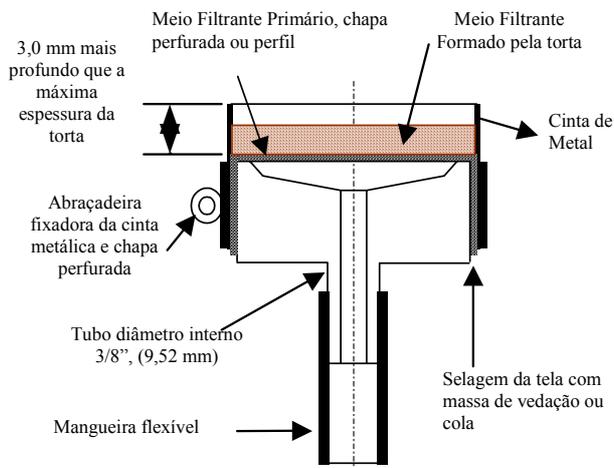


Figura 2 – Detalhe do dispositivo teste folha montado.

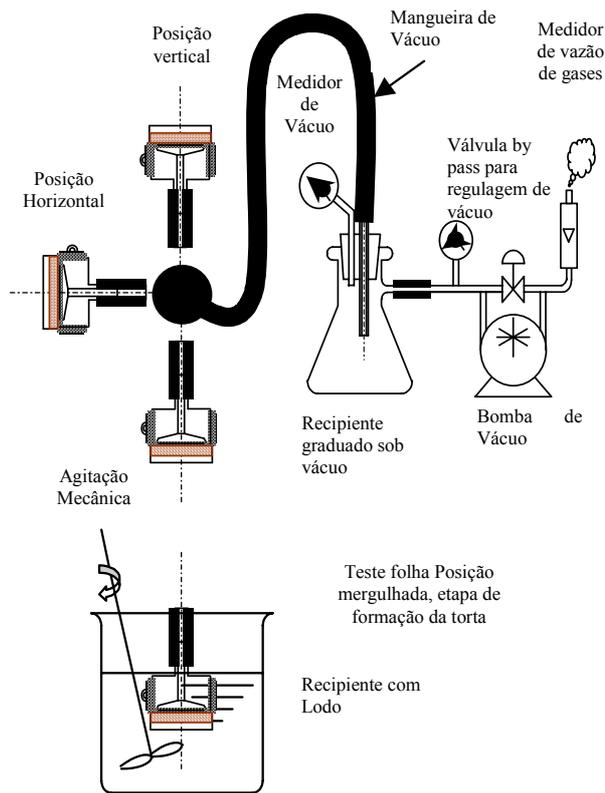


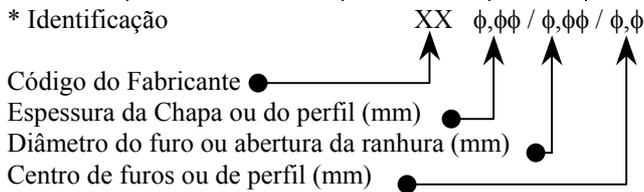
Figura 3 - Típico arranjo do “Leaf Test” Teste Folha

A tabela 2 mostra os respectivos valores médios da taxa de filtração em (l h⁻¹ m⁻²), para cada meio filtrante primário. Para o experimento com variação do vácuo, observa-se acentuado aumento da taxa de filtração e diminuição dos tempos de formação e de desidratação da torta, como mostrado na figura 5.

Tabela 1 - Resumo dos meios filtrantes primários testados (chapas perfuradas e perfis trapezoidais)

Meio filtrante	Identificação	Face testada	% área aberta	Furos por cm ²
01 CFRM	PM 0,30/0,50/1,0	Lisa	22,7	116
02 CFRM	PM 0,30/0,50/1,0	Rugosa	22,7	116
03 CFRM	PM 0,40/0,60/1,2	Lisa	22,7	80
04 CFRM	PM 0,40/0,60/1,2	Rugosa	22,7	80
05 CFRM	FÉ 0,30/0,50/1,0	Lisa	22,7	116
06 CFRM	FÉ 0,30/0,50/1,0	Rugosa	22,7	116
07 CFRM	MF 0,30/0,50/1,0	Lisa	22,7	116
08 CFRQ	MF 0,40/0,60/0,9	Furo cônico	40,3	143
09 CFRQ	MF 0,40/0,50/0,9	Lisa	28,0	143
10 CFHQ	MF 0,37/0,62/0,9	Lisa	43,0	142
11 CFRQ	MF 0,37/0,50/0,9	Eletro polida	28,0	143
12 TRP	PR 3,00/0,50/2,1	Lisa	23,8	-
13 TRP	PR 3,00/0,75/2,3	Lisa	32,6	-

* Identificação



Legenda:

- CFRM - Chapa furo redondo Mecanicamente
- CFRQ - Chapa furo redondo Fotoquimicamente
- CFHQ - Chapa furo hexagonal Fotoquimicamente

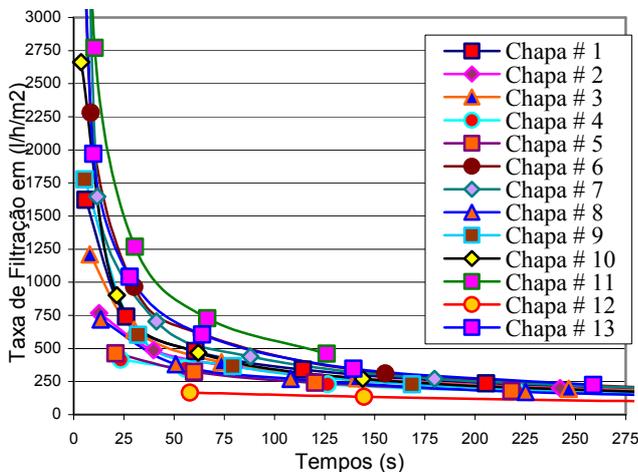


Figura 4 - Taxas de filtração médias, proporcionadas para cada tipo de meio filtrante primário submetidos a vácuo de 26,7 kPa, para lodo de caldo de cana.

Tabela 2 - Valores médios da taxa de filtração em (l h⁻¹ m⁻²), para cada meio filtrante primário.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
189	158	142	99	100	176	170	95	124	128	461	55	225

A linha pontilhada indica a curva de tempo final de formação da torta, e a tracejada, o tempo de término da desidratação. Observa-se que ambas se comportam com um decréscimo acentuado de tempo de formação e desidratação com o

aumento do vácuo aplicado, ao mesmo tempo em que a taxa de filtração se eleva.

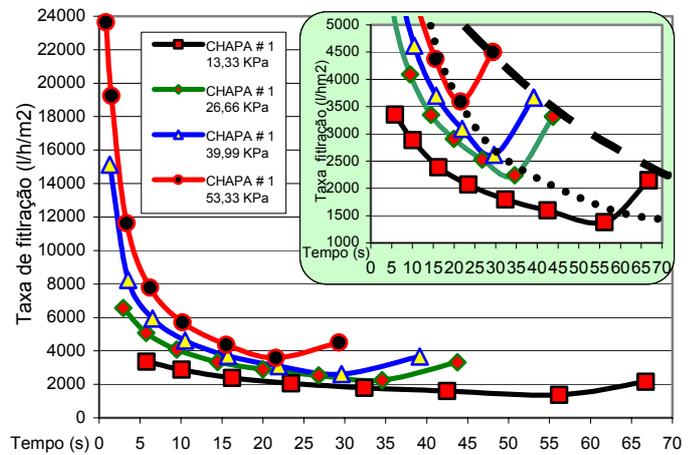


Figura 5 - Efeito do vácuo aplicado na taxa de filtração e tempos finais de filtração para volume de 200 ml de filtrado de lodo de caldo de cana.

Obtiveram-se os seguintes valores da tabela 3, utilizando-se meio filtrante # 1, na filtração de lodo de caldo de cana a temperatura de 75 °C.

Tabela 3 – Valores médios da taxa de filtração e tempos de formação e desidratação da torta

Vácuo (kPa)	13,33	26,66	39,99	53,33
Taxa média de filtração (l h ⁻¹ m ⁻²)	1380	2242	2617	3593
Tempos de formação da torta (s)	56,16	34,56	29,61	21,57
Tempos de desidratação final (s)	66,72	43,76	39,13	29,28

A figura 6 apresenta a quantidade de sólidos passantes no filtrando em função do vácuo aplicado.

O resultado do experimento realizado mostra as influências do vácuo sobre a taxa de filtração, sendo que a figura 6 mostra o aumento crescente da quantidade de sólidos passantes pelo meio filtrante para vácuo de até 30,0 kPa, o que representa ao processo uma queda de eficiência da filtração, com a redução da retenção de sólidos no meio filtrante.

O experimento realizado para a determinação da melhor face da chapas perfuradas em contato com a formação da torta, se apresenta no gráfico da figura 7 e tabela 4.

A tabela 4 fornece os valores obtidos no experimento.

A figura 8 mostra esquematicamente as respectivas diferenças entre os dos tipos de furos obtidos pelo processo mecânico e fotoquimicamente.

As figuras 9 e 10 mostram as chapas com furos redondos e processadas mecanicamente e fotoquimicamente.

A forma de triângulo equilátero na figura 10a, propicia um melhor aproveitamento de área aberta.

As fotos 9.a, 9.b, 10.a e 10.b, foram obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV).

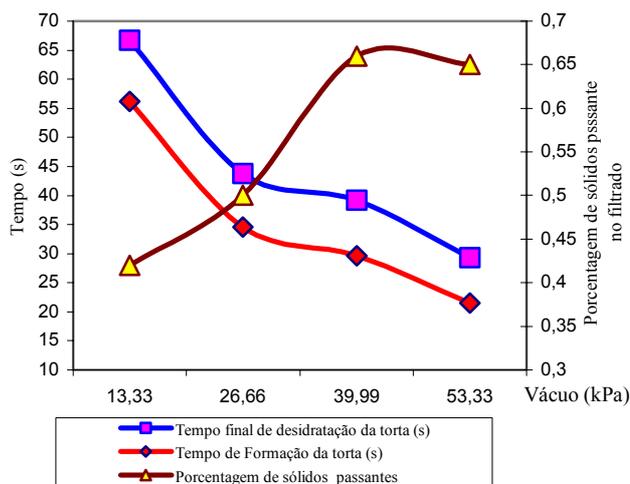


Figura 6 - Comparativo dos tempos de formação e desidratação da torta mais percentagem de sólidos passantes no filtrado, para chapa perfurada # 1 com vácuo de 13,3, 26,7, 40,0 e 53,3 kPa, para lodo de caldo de cana a temperatura de 75 °C.

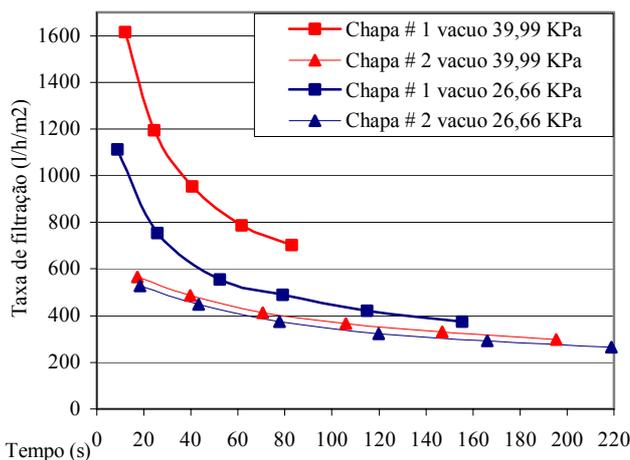


Figura 7 - Taxas de filtração em função do tempo, comparando duas faces (lisa e rugosa), de chapas perfuradas a vácuo de 26,7 kPa e 39,9 kPa para lodo de caldo de cana, a temperatura de 75 °C.

Tabela 4 – Valores das taxas médias de filtração e tempos de formação para o tipo da face.

Número	Tipo da Face	Taxa média de filtração (l h ⁻¹ m ⁻²)		Tempos de formação da torta (s)	
		26,7 kPa	40,0 kPa	26,7 kPa	40,0 kPa
1	Lisa	374	701	155,52	82,9
2	Rugosa	266	298	218,92	195,24

Constata-se a influencia de dois fatores na filtração à vácuo: nível de vácuo aplicado e o tipo de face mais recomendada (face rugosa ou face lisa), para o caso de chapas perfuradas mecanicamente. Neste ensaio obteve-se a melhor taxa de

filtração com o lado liso, devido à menor queda de pressão causada pelo fluxo de caldo filtrado no sentido da expansão da furação e também, pela menor possibilidade de entupimento das furações nesta face, onde os diâmetros são calibrados.

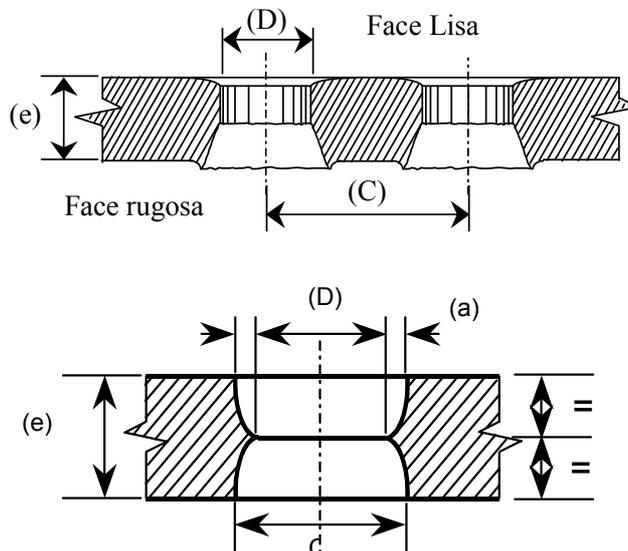


Figura 8 - Perfil típico de furação das chapas comerciais obtidas pelo processo mecânico (acima) e pelo processo de foto corrosão química (abaixo).

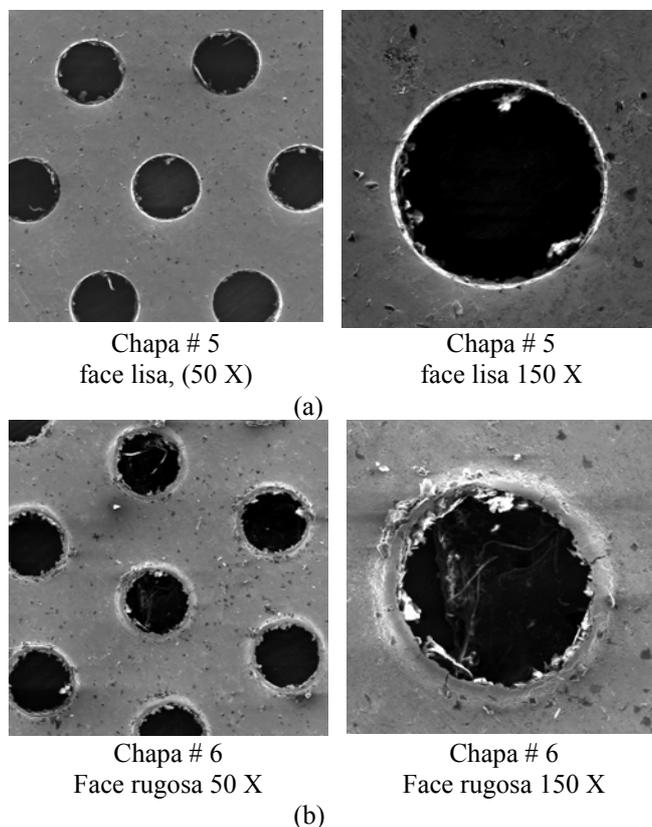


Figura 9 – Foto chapa # 6 (22,7 % área aberta), detalhes de acabamento do lado liso e lado rugoso.

Constatou-se a influência do vácuo aplicado na filtração, em relação aos tempos de término de formação e término da desidratação. Esta importante informação orienta o usuário de filtros contínuos de tambor rotativo a vácuo quanto aos tempos corretos da próxima etapa da filtração que é a lavagem da torta, permitindo deste modo antecipar ou retardar o início da etapa de lavagem.

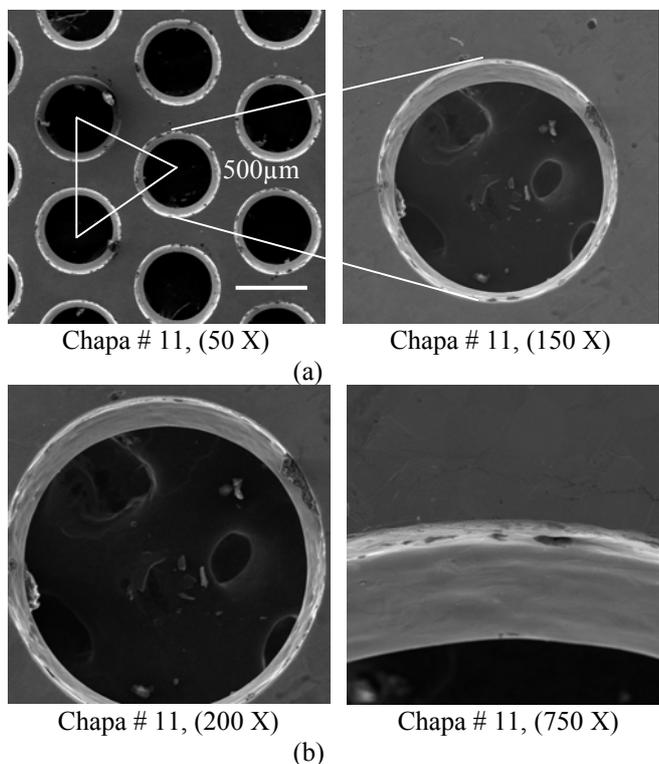


Figura 10 – Foto chapa # 11 (28 % área aberta), detalhe de acabamento da furação.

4. CONCLUSÕES

Os meios filtrantes primários, formados por chapas perfuradas pelo processo de foto corrosão química foram os mais eficientes, em relação aos demais meios filtrantes testados, resultando em aumento na taxa de filtração. Para o comparativo de meios filtrantes primários em função do vácuo aplicado, constata-se aumentos das taxas de filtração e respectiva redução dos tempos de formação em torno de 62 % para vácuos de 13,66 à 26,7 kPa, podendo chegar a 260 % para vácuos passando de 13,66 à 53,33 kPa. A influência da ação impulsora, ou seja, o vácuo, não deve ser analisado somente em relação à taxa de filtração, mas também pela quantidade de sólidos passantes no meio filtrante, que também tem seu valor aumentado de forma significativa para vácuo acima de 26,66 kPa. Para as chapas perfuradas mecanicamente, conclui-se que as faces lisas possuem melhor desempenho em relação à taxa de filtração.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Usina da Barra - Grupo COSAN, pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

1. Jornal O Estado de São Paulo 17 06 2001 pag B5.
2. ARQUED, A.P. Fabricación Del Azucar, Salvat Editores, S.A. Barcelona, 1955.
3. SPENCER, E.F., MEADE, G.P. Manual del Azucar de Caña, traduzido do original Cane Sugar Handbook. Barcelona: Montaner y Simon SA, 1967. cap. 11.
4. PERRY, R.H.; CHILTON, C.H. Chemical Engineers' Handbook, McGraw-Hill, 1977, p 57 – 87, 7^a edição 1977.