

Desenvolvimento de um sistema de aquecimento baseado em placa de Peltier para microdispositivos

G.B. SANCHEZ¹, H. S. SANTANA¹, D.S. TORTOLA¹ e O. P. TARANTO¹

¹ Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química
E-mail para contato: harrison.santana@gmail.com

RESUMO – Para a miniaturização dos processos da engenharia química se torne uma tecnologia corriqueira nos laboratórios e nas indústrias químicas faz-se necessário desenvolver microdispositivos que agrupem o maior número possível de operações unitárias e reações, com um baixo custo de fabricação e operação. Diversos processos ocorrem em diferentes temperaturas, o que demonstra a necessidade do desenvolvimento de sistemas térmicos individuais para esses dispositivos. Diante disso, esse trabalho visa o desenvolvimento de um sistema de aquecimento utilizando placa de Peltier para uso em microdispositivos. A distribuição de temperatura em função do tempo foi obtida nas voltagens de 1 a 6 V, sem e com a atuação de um controlador digital de temperatura. Foi também analisado o comportamento da temperatura no microdispositivo com escoamento. Os resultados mostraram uma relação entre a voltagem aplicada e a temperatura máxima alcançada, bem como uma perda em relação à temperatura máxima medida quando se avalia a distribuição de temperatura para a placa de Peltier e para o conjunto microdispositivo/placa de Peltier. Foi mostrado uma boa estabilidade da temperatura na faixa de tempo estudada, com escoamento interno no microdispositivo.

1. INTRODUÇÃO

A microfluídica pode ser definida como a ciência e tecnologia de sistemas que manipula e estuda pequenas quantidades de fluidos, utilizando estruturas com dimensões micrométricas (Whitesides, 2006). As ferramentas desenvolvidas nessa área possibilitaram obter grandes vantagens nos processos em microescala, quando comparados com os métodos macroscópicos. Essas vantagens incluem quantidades menores de reagentes e amostras, baixo custo de fabricação, aumento da razão entre a área superficial e o volume, elevada transferência de calor e um maior controle sobre as forças de campo e concentração de moléculas (Whitesides, 2006; Tonomura *et al.*, 2002).

Apesar de alguns microdispositivos apresentarem elevada complexidade, a microfluídica apenas começou a se desenvolver e ainda possui alguns desafios que necessitam ser superados, para que ela possa se tornar uma tecnologia corriqueira nos laboratórios e nas indústrias (Whitesides, 2006). A miniaturização dos processos da engenharia química e se um dia será possível miniaturizar toda uma indústria química, ainda surgem como algumas questões que necessitam ser resolvidas (Tabeling, 2005). Para resolver questões como essas,

faz-se necessário desenvolver microdispositivos que agrupem o maior número possível de operações unitárias e reações, a um baixo custo de fabricação e operação.

Na indústria química, existem diversos processos em que diversas partes do processo químico ocorrem a diferentes temperaturas. Um exemplo de um processo corriqueiro na indústria é produção de biodiesel através de uma reação de transesterificação. Nesse processo, normalmente ocorre primeiramente uma reação entre óleos vegetais e álcoois de cadeia curta em excesso (metanol ou etanol) na presença de catalisadores. Essa reação ocorre a temperaturas de até 68°C, sendo que após esse processo, é necessário a remoção do álcool em excesso, o que ocorre em temperaturas acima de 78°C. Esse é um dos exemplos, onde deve se utilizar dois sistemas de aquecimentos para cada parte do processo. Isso nos mostra que é necessário o estudo de sistemas térmicos individuais para microdispositivos (Maltezos *et al.*, 2005). Diante disso, esse trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema de aquecimento utilizando placa de Peltier para uso em microdispositivos.

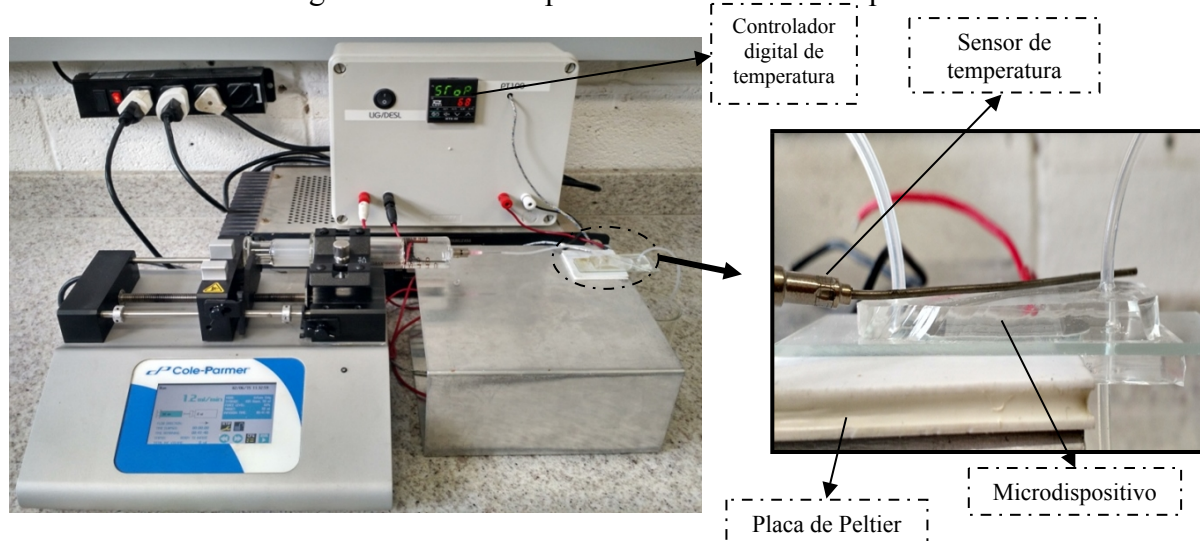
2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Sistema Experimental

O sistema experimental que está sendo desenvolvido para o aquecimento de microdispositivo a partir de placa de Peltier é constituído de uma fonte de tensão, a qual fornece uma diferença de potencial de 1 a 10 V, um multímetro, um sensor de temperatura que coleta informações da temperatura na superfície da placa de Peltier (HTC-50-12-15-4), do conjunto microdispositivo/placa de Peltier e de uma bomba seringa.

É comum em sistemas de aquecimentos, como chapas aquecedoras, a especificação da temperatura desejada pelo usuário. Por isso, foi instalado no sistema experimental um controlador digital de temperatura (Modelo MTB48, LOTI), que permite configurar a temperatura de trabalho ao invés da voltagem. Além dessa vantagem, o controlador de temperatura permitiu trabalhar com voltagens maiores do que 6 V, sem danificar a placa de Peltier. O sistema experimental é apresentado na Figura 1.

Figura 1. Sistema experimental desenvolvido para o estudo



2.2. Variação Da Temperatura Em Função Da Voltagem

A distribuição de temperatura em função do tempo foi obtida nas voltagens de 1 a 6 V sem e com a atuação do controlador digital de temperatura. Cada medição era obtida durante 50 min. Essa distribuição de temperaturas foi avaliada para a placa e para o conjunto microdispositivo/placa de Peltier. Os experimentos foram realizados em microdispositivos de 30 mm de comprimento longitudinal, fabricados em Polidimetilpolisiloxano (PDMS) através do processo de litografia macia no Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano).

2.3. Variação Da Temperatura No Sistema Em Função Do Escoamento

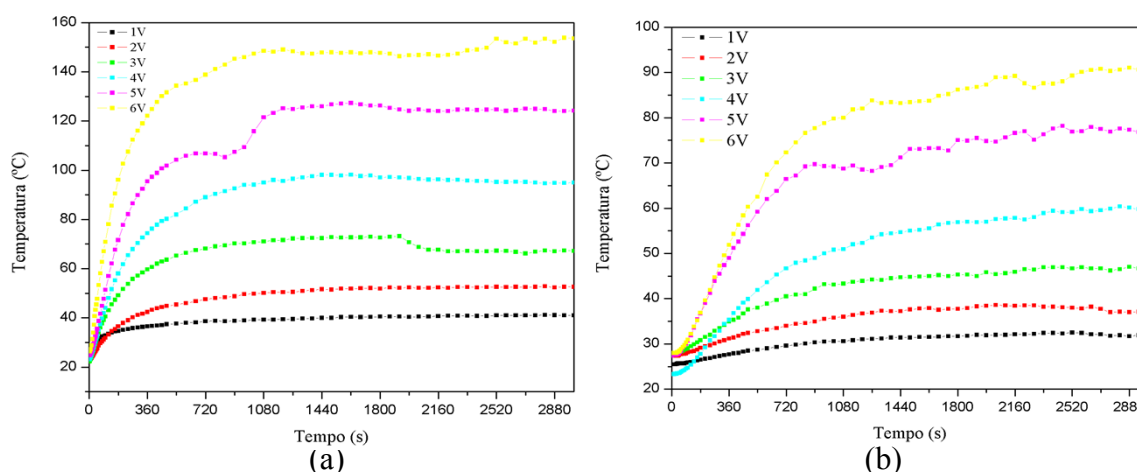
Para a análise da variação da temperatura no microdispositivo com escoamento, álcool etílico (Dinâmica, >99.5%) foi bombeado através de uma bomba seringa (Modelo 74905-54, Cole-Parmer) a 1,2 mL h⁻¹. As temperaturas avaliadas foram 35, 40, 50 e 68°C utilizando uma voltagem de 9 V.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Variação Da Temperatura Em Função Do Tempo Sem E Com Controlador De Temperatura

Para avaliar a variação da temperatura em função do tempo sem o controlador de temperatura foram realizadas medições de temperatura para diversas voltagens em duas configurações: para a placa de Peltier e para o microdispositivo/placa de Peltier sem escoamento interno, conforme mostra a Figura 2.

Figura 2. Distribuição de temperatura em função do tempo: (a) placa de Peltier e (b) Microdispositivo/placa de Peltier.



Na Figura 2 observa-se uma relação entre a voltagem aplicada e a temperatura máxima alcançada, sendo que quanto maior a voltagem, maior é a temperatura medida nas duas configurações. Esse comportamento já era esperado e está de acordo com o trabalho de Maltezos *et al.* (2005). Também se observa que há uma perda em relação à temperatura

máxima medida quando se avalia a distribuição de temperatura nos dois sistemas. Quando o sistema é constituído apenas da placa de Peltier a máxima temperatura obtida é de 153°C, sendo que no microdispositivo a temperatura foi de 92°C na voltagem de 6 V. Isso pode estar associado a quantidade de fluxo de calor que é gerado pela tensão aplicada. Como o fluxo de calor é proporcional à área e à condutividade, mas inversamente proporcional à espessura de uma placa, quanto maior a espessura da placa, menor é o fluxo de calor. O que significa que quanto maior a espessura do microdispositivo, maior deve ser a tensão fornecida para que seja alcançado altas temperaturas.

Ao se instalar o controlador de temperatura, foi possível estudar o comportamento da temperatura nos sistemas com tensões mais elevadas sem danificar a placa. A Tabela 1 mostra os valores da temperatura e o tempo necessário para a estabilização da mesma em uma voltagem igual a 9 V.

Tabela 1. Temperaturas máximas alcançadas nos sistemas de aquecimento

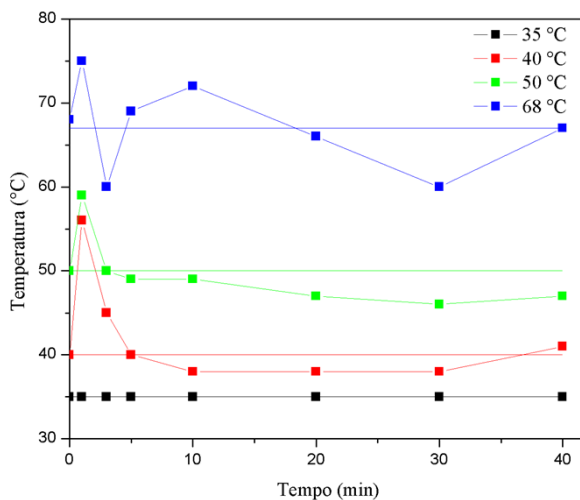
Sistema de aquecimento sem dispositivo		Sistema de aquecimento com dispositivo	
Tempo (s)	Temperatura (°C)	Tempo (s)	Temperatura (°C)
4,35	41	51,42	41
7,46	56	81,23	56
11,27	67	110,71	67
22,64	97	249,20	97
63,87	126	421,35	105
145,22	155		

A Tabela 1 mostra que a temperatura máxima obtida nos sistemas sem e com microdispositivo foi de 155 e 105°C, respectivamente. Nota-se uma melhoria, não só referente à temperatura alcançada, mas também referente ao tempo necessário para a estabilização da temperatura. Quando o sistema de aquecimento com microdispositivo não possuía um controlador de temperatura, o tempo necessário para a estabilização em torno de 91,7°C era de 3000 s. Ao se usar um controlador o tempo necessário foi de 421 s. O que mostra uma melhora na eficiência do sistema em relação à temperatura máxima e ao tempo necessário para estabilização da mesma.

3.2. Variação Da Temperatura Em Função Do Escoamento

Para analisar a estabilidade da temperatura quando há no microdispositivo um escoamento de fluidos, foram analisadas quatro diferentes temperaturas a uma vazão de 1,2 mL min⁻¹. A Figura 3 mostra a variação da temperatura em função do tempo.

Figura 3. Variação da temperatura em função do tempo para uma vazão de escoamento de $1,2 \text{ mL min}^{-1}$.



Os resultados indicam boa estabilidade da temperatura na faixa de tempo estudada, sendo que para baixas temperaturas (35°C) praticamente não ocorrem variações, e nas de 40 , 50 e 67°C ocorrem pequenas variações em torno dos valores especificados. Observa-se nessas temperaturas uma maior variação nos momentos iniciais. Isso pode ser relacionado ao fato de que no tempo inicial, quando começa o escoamento do fluido, ocorre uma diminuição da temperatura no sistema. O controlador, então, necessita fornecer mais energia ao sistema nesse momento, na tentativa de estabilizar a temperatura especificada. Esse processo eleva a temperatura do sistema que em seguida é corrigida pelo controlador.

4. CONCLUSÕES

Está sendo desenvolvido um sistema de aquecimento utilizando placa de Peltier para uso em microdispositivos. Foi observado uma relação entre a voltagem aplicada e a temperatura máxima alcançada, sendo que quanto maior a voltagem, maior é a temperatura medida. Também se observa que ocorre uma perda em relação à temperatura máxima medida quando se avalia a distribuição de temperatura para a placa de Peltier e para o conjunto microdispositivo/placa de Peltier. Ao se instalar um controlador digital de temperatura obteve-se uma melhoria no sistema, não só referente à temperatura alcançada, mas também referente ao tempo necessário para a estabilização da temperatura. Os resultados da temperatura em função do tempo com escoamento interno no microdispositivo indicaram boa estabilidade da temperatura na faixa de tempo estudada, sendo que para baixas temperaturas (35°C) praticamente não ocorrem variações, e nas de 40 , 50 e 67°C ocorrem pequenas variações em torno dos valores especificados.

5. REFERÊNCIAS

- MALTEZOS, G.; JOHSTON, M.; SCHERER, A. Thermal management in microfluidics using micro-Peltier junctions. *Applied Physics Letters*, 87, 154105, 2005.
- TABELING, P. *Introduction to microfluidics*. 1. ed. Oxford: Oxford University Press, 2005.
- TONOMURA, O.; KANO, M.; HASEBE, S.; HASHIMOTO, I. CFD-based analysis of heat transfer and flow pattern in plate-fin micro heat exchangers. In: *Proceedings of International Symposium on Design, Operation and Control of Chemical Plants*, p. 109-114, 2002.
- WHITESIDES, G. M. The origins and the future of microfluidics. *Nature*, v. 442, p. 368-373, 2006.

Agradecimentos

Os autores agradecem o suporte da FAPESP, CAPES e ao CNPQ.