

# Investigação sobre o controle térmico PWM para aplicação em um instrumento PCR

João E. M. Perea Martins \*; Álvaro Garcia Neto \*\*

\* Departamento de Computação - Faculdade de Ciências - UNESP  
C. P. 473 - CEP. 17001-970 - Bauru/SP  
E-mail: perea@azul.bauru.unesp.br

\*\* Departamento de Física e Informática - Instituto de Física de São Carlos - USP  
C. P. 369 - CEP. 13560-970 - São Carlos/SP  
E-mail: alvaro@uspfc.ifqsc.sc.usp.br

**Resumo:** Este trabalho apresenta o resultado sobre a investigação do sistema de controle térmico pelo processo PWM (*Pulse Width Modulation*), a ser utilizado no desenvolvimento de um instrumento de baixo custo para automação de experimentos com PCR (*Polymerase Chain Reaction*), que use fluxo de ar para transferência de calor.

**Abstract:** This paper shows the result of the investigation of a PWM (*Pulse Width Modulation*) thermal control process, applied to the development of a low cost PCR (*Polymerase Chain Reaction*) instrument, using air flow for the heat transfer.

## Introdução

A técnica de PCR (*Polymerase Chain Reaction*) permite a síntese exponencial de cópias da molécula de DNA *in vitro*<sup>1</sup>. Esta técnica é uma importante ferramenta da biologia molecular e engenharia genética, sendo útil em áreas como a medicina legal<sup>2</sup> ou em aplicações de diagnósticos clínicos<sup>3</sup>, permitindo a detecção de anticorpos e análise do comportamento reativo a antibióticos<sup>1</sup>, possibilitando que o agente causador da doença seja rapidamente isolado e combatido.

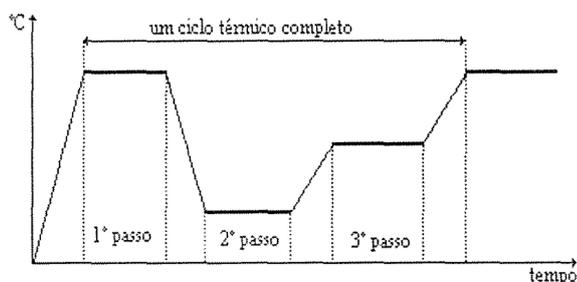


Figura 1. O ciclo térmico do processo de PCR.

O processo de PCR emprega uma enzima chamada *DNA polymerase* e necessita de um ciclo térmico formado por três temperaturas diferentes. Esse ciclo térmico é exemplificado na figura 1 e viabiliza um passo completo de cópias das moléculas de DNA. Para a utilização desse processo é necessário um instrumento formado por um módulo computacional de controle e uma fonte térmica, que podem ser exemplificados conforme o esquema da figura 2<sup>4</sup>.

Inicialmente implementamos o módulo computacional de controle, que é baseado no microcontrolador 80N535, possui poucos componentes eletrônicos, oito entradas para

sensoriamento térmico com precisão de 0.5°C, visor de cristal líquido e teclado para entrada de dados<sup>5</sup>.

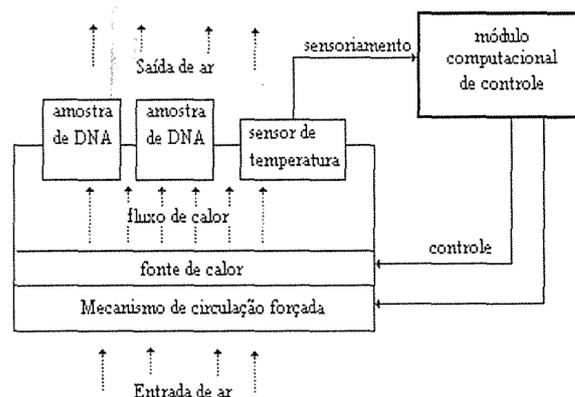


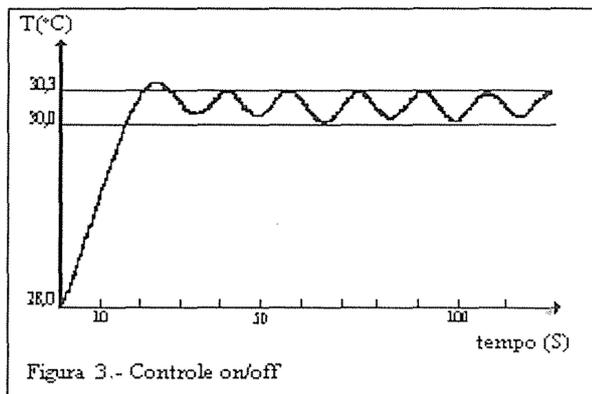
Figura 2. Demonstração de um instrumento para automação de PCR.

A fonte térmica pode ser desenvolvida com base na transferência de calor por fluxo de fluidos ou efeito *Peltier*, que apresentam problemas de custo e durabilidade<sup>6</sup>. Assim, o controle térmico apresentado neste trabalho está sendo utilizado no desenvolvimento de um instrumento que use uma fonte térmica formada por resistores elétricos e fluxo de ar para a transferência de calor, o que pode permitir o desenvolvimento de um instrumento mais barato.

## Metodologia

Para implementação e análise do processo PWM de controle térmico, foi utilizado um sistema formado por um resistor de níquel-cromo envolvido em placas de mica. Este sistema

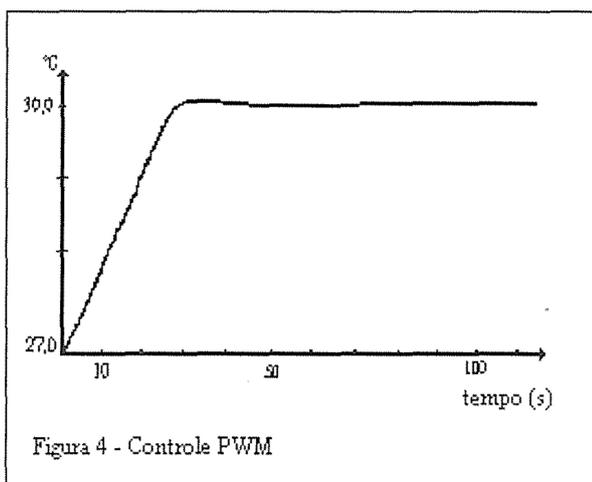
foi utilizado em um trabalho anterior<sup>4</sup>, onde foi comprovada a eficiência do módulo computacional de controle através do sistema *on/off*, cujo resultado é mostrado na figura 3.



A técnica PWM foi escolhida, nesse trabalho, porque pode ser implementada exclusivamente com técnicas de programação, sem o acréscimo de componentes eletrônicos. Após sua implementação, foi realizada uma análise da sua estabilidade térmica e foi feita uma comparação com o sistema *on/off*.

## Resultados

No sistema *on/off*, observam-se oscilações com período de 17 segundos e variações térmicas em torno de 0,25°C, conforme é mostrado na figura 3. Pode-se calcular a quantidade de calor trocada em cada oscilação por  $Q1 = m * c * (0,5°C)$ .



No controle PWM, cuja resposta é mostrada na figura 4, a temperatura se mantém muito perto de um valor fixo, com uma oscilação em torno de 0,05°C em um período de

165 segundos, assim, a quantidade de calor trocada, neste período, é  $Q2 = m * c * (0,1°C)$ .

Como  $m$  e  $c$  são constantes, a razão absoluta entre as quantidades de calor nos dois sistemas é de 48,5 vezes. Isto mostra a eficiência do sistema PWM neste controle térmico, que foi implementado sem acréscimos de componentes eletrônicos ao módulo computacional.

## Conclusões

O sistema de controle PWM demonstrou um comportamento atrativo, pois, é de baixo custo, fácil implementação e permitiu uma estabilização térmica sem prejuízos da qualidade desejada, o que pode viabilizar o seu uso na implementação de um instrumento de baixo custo para automação de experimentos com PCR.

## Referências

- <sup>1</sup> SANO, T.; *et al.* "Immuno-PCR: Very Sensitive Antigen Detction by Means of Specific Antibody-DNA Conjugates". *Science*. v. 258, p.120, 1992.
- <sup>2</sup> ERLICH, H. A.; GELFAND, D.; SNINSKY, J. "Recent Advances in the Polymerase Chain Reaction". *Science*, v. 252, p. 1642-1651, 1991.
- <sup>3</sup> SAIKI, R. K.; *et al.* "Enzymatic Amplification of B-Globin Genomic Sequences and Restriction Site Analysis for Diagnosis of Sickle Cell Anemia". *Science*. v. 230, p. 1350 -1354, 1985.
- <sup>4</sup> Martins, J. E. M. Perea; Garcia Neto, A. "Desenvolvimento de um Módulo Computacional de Controle Para Automação de Experimentos com PCR". IV Congresso Brasileiro de Informática em Saúde. v.2, p.190-193, Porto Alegre - RS, 1994.
- <sup>5</sup> MARTINS, J.E.M.Perea. "Desenvolvimento De Um Kernel Programável De Controle, Com Aplicações Em Telepluviometria e Automação de Experimentos de PCR", Dissertação de Mestrado, IFQSC - USP, Brasil, 1993.
- <sup>6</sup> OSTE, Christian. "PCR Technology - Principles and Applications For DNA Amplification". Capítulo quatro: "PCR Automations". Henry A. Erlich Editor - W. H. Freeman and Company - Ney York - EUA, 1992.

Apoio financeiro do PADCT/CNPq.