

# SISTEMA DE MONITORAMENTO DE TEMPERATURA CORPORAL HUMANA UTILIZANDO SOFTWARE EMBARCADO E TEMPO REAL BASEADO EM COMPUTAÇÃO UBÍQUA

Douglas C. P. Alencar<sup>1</sup>, Daniel P. R. Lima<sup>2</sup>, Erick S. Koda<sup>3</sup>, Luciano Paranhos<sup>4</sup>, Marcelo Nogueira<sup>5</sup>, Rodrigo C. Lossio<sup>6</sup>

**Abstract** — Due to overcrowding in Brazilian hospitals, medical errors are common when it comes to diagnosing patient. This may happens for the simple fact that there are not enough professionals in hospitals or because high cost of support equipment. With modern wireless devices it is possible to implement technologies to support lots of areas, including the medical one. Through a literature research, we found out that: ubiquitous computing is a branch of computing that has as a principle to allow human-computer interaction is increasingly present in the users lives. This area has presented important advances in recent decades due to the development of experimental techniques and discoveries of new branch in computational structures, demonstrating the relevance of the theme. Therefore, it was designed a system for monitoring human body temperature using embedded and real-time software based on ubiquitous computing, to assist and support the decision of the medical staff.

**Index Terms** — Embedded and Real-Time Software, Physical Computing, Temperature Monitor, Ubiquitous Computing.

## INTRODUÇÃO

Atualmente, com o crescimento de tecnologias e estudos aprofundados em microprocessadores, dispositivos de rádio frequência, smartphones, computadores locais e pessoais tornou-se possível obter um número grande de informações para um determinado usuário em tempo real. O uso de novas tecnologias tem apoiado a ampliação da expectativa de vida da população, por propiciar a melhoria da qualidade assistencial. No entanto, a elevação dos custos tem impactado o governo e a população, principalmente os usuários/consumidores e empresas de convênios, autogestão e de planos de saúde [1].

No caso do processo de monitoramento de temperatura de seres humanos internados em hospitais, faz com que a equipe médica realize manualmente medições periódicas e, mesmo assim, este monitoramento corre o risco de não ser

feito de maneira adequada e no tempo necessário, pois em casos específicos os pacientes podem ter alterações bruscas de temperatura fazendo com que muitas vezes não sejam detectadas pelos profissionais no tempo certo, podendo ocasionar riscos para o paciente.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma pesquisa bibliográfica para obter informações da temática de computação física, computação ubíqua suas relações com os seres humanos e sobre a temperatura humana suas causas e riscos mais comuns e o desenvolvimento de um sistema de monitoramento de temperatura utilizando software embarcado e tempo real.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Computação Ubíqua

O termo Computação Ubíqua é usado para descrever a onipresença da computação. O mesmo foi usado pela primeira vez em 1988 pelo cientista americano Mark D. Wiser, 1952 – 1999.

A Computação Ubíqua muitas vezes conhecida por UbiComp (do inglês *Ubiquitous Computing*) é considerado a próxima “onda” da computação após a fase do computador-pessoal [2].

A primeira “onda” na era da computação foram os mainframes, muitas pessoas compartilhando o mesmo computador. A segunda onda é a do computador pessoal, a que estamos hoje, um computador para uma pessoa. A internet realiza uma transação com a computação distribuída. A terceira onda, a computação ubíqua, ou a era da *calm technology* (“tecnologia calma”, em português) [3], descrita como a crescente integração das tecnologias de informação nas mais variadas situações do cotidiano [4], e a tecnologia se torna parte de nossas vidas [5].

A idéia de *calm technology* construída por Wiser e Brown em Designing Calm Technology é aquele que informa, mas não exige nosso foco ou atenção [3].

Ou seja, a era da computação ubíqua, chamada por Wiser de *calm technology* é a sofisticação na habilidade de

<sup>1</sup> Douglas C. P. Alencar, Engenharia de Software Aplicada à Criação de Sistemas Críticos, UNIP, São Paulo, SP, Brazil, [douglascaetano14@gmail.com](mailto:douglascaetano14@gmail.com)

<sup>2</sup> Daniel P. R. Lima, Engenharia de Software Aplicada à Criação de Sistemas Críticos, UNIP, São Paulo, SP, Brazil, [dennydaniel@hotmail.com](mailto:dennydaniel@hotmail.com)

<sup>3</sup> Erick S. Koda, Engenharia de Software Aplicada à Criação de Sistemas Críticos, UNIP, São Paulo, SP, Brazil, [eskoda9@gmail.com](mailto:eskoda9@gmail.com)

<sup>4</sup> Luciano Paranhos, Engenharia de Software Aplicada à Criação de Sistemas Críticos, UNIP, São Paulo, SP, Brazil, [dr.lupa@gmail.com](mailto:dr.lupa@gmail.com)

<sup>5</sup> Marcelo Nogueira, Engenharia de Software Aplicada à Criação de Sistemas Críticos, UNIP, São Paulo, SP, Brazil, [marcelo@noginfo.com.br](mailto:marcelo@noginfo.com.br)

<sup>6</sup> Rodrigo C. Lossio, Engenharia de Software Aplicada à Criação de Sistemas Críticos, UNIP, São Paulo, SP, Brazil, [mobile.rc1@gmail.com](mailto:mobile.rc1@gmail.com)

interação do homem-máquina fazendo com que esta se torne parte essencial da vida cotidiana do ser humano.

“As tecnologias mais profundas e duradouras são aquelas que “desaparecem”. Elas dissipam-se nas coisas do dia-a-dia até tornarem-se indistinguíveis” [2].

### Computação Pervasiva

A computação ubíqua utiliza as vantagens da Computação Pervasiva e da Computação Móvel para ser contextualizada.

A computação pervasiva é constituída por vários dispositivos espalhados pelo ambiente, cada qual, com sua função específica, de forma perceptível ou imperceptível [6].

A computação pervasiva muitas vezes é confundida ou usada como sinônimo da computação ubíqua, mas os dois têm conceitos distintos. A palavra *ubiqui*, latim para ubíquo, significa “que está ao mesmo tempo em toda parte”. Já o termo inglês *pervasive*, significa “que existe em todo lugar”.

Grande parte dos autores considera a computação pervasiva como parte da computação ubíqua, como ilustrado na **Error! Reference source not found..**



FIGURA 1

COMPUTAÇÃO UBÍQUA [6]

### Computação Móvel

A computação móvel baseia-se no aumento da nossa capacidade de mover fisicamente serviços computacionais consigo, ou seja, o computador torna-se um dispositivo sempre presente que expande a capacidade de um usuário utilizar os serviços que um computador oferece, independentemente de sua localização. Combinada com a capacidade de acesso, a computação móvel tem transformado a computação numa atividade que pode ser carregada para qualquer lugar [7].

A Figura 1, mostra a relação entre computação ubíqua, computação pervasiva e computação móvel, levando em consideração o Grau de Imersão Computacional e o Grau de Mobilidade.

Portanto, a computação ubíqua é a integração entre a mobilidade com sistemas e presença distribuída, em grande parte imperceptível, inteligente e altamente integrada dos computadores e suas aplicações para o benefício dos usuários [6].

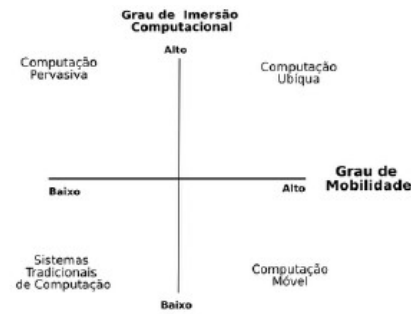


FIGURA 1

INTERFACE DO USUÁRIO UBÍQUA [6]

### Computação Física

Computação física é o campo de pesquisa que aborda as disciplinas que permitem construir equipamentos digitais de computação que interagem, e respondem à realidade física que rodeia os seres humanos e como estes se comunicam através de computadores que consideraram como o homem se expressa fisicamente [8].

Segundo Simon Greenold [9] a computação física é a interação humana com uma máquina, na qual a máquina manipula referências para objetos reais e espaços.

A computação física mudará a forma de pensar no computador, como é vista a capacidade do computador, como interagir com ele e como fazer para que ele trabalhe de acordo com as necessidades do homem. Esta será a ponte entre o físico e virtual, quando o homem usará mais do que os dedos para interagir com o computador [10].

### Sistemas em Tempo Real

Sistemas em tempo real são sistemas de computação que monitoram, respondem ou controlam um ambiente externo. Esse ambiente está conectado ao sistema de computação através de sensores, atuadores e outras interfaces de entrada-saída. Podem constituir-se de objetos físicos ou biológicos de qualquer forma e estrutura [11].

O sistema de computação deve satisfazer as várias restrições, temporais e outras, impostas a ele pelo comportamento de tempo real do mundo externo com o qual faz interface. Um sistema de informação em tempo real também pode ser um componente de um sistema maior no qual está embutido. Com razão, tal computador-componente é chamado de sistema embarcado [11].

### Software Embarcado

O Software embarcado é aquele que não é percebido nem tratado separadamente do produto ao qual está integrado, seja este produto uma máquina, um equipamento, um bem de consumo - um exemplo é o software embarcado em celulares [12].

Cezar Taurion refere-se a software embarcado “como o software que é embutido em um equipamento, como um sistema de injeção eletrônica de um automóvel, permitindo que este equipamento atue com a maior funcionalidade e flexibilidade” [13].

### Temperatura Humana

Existe diferenças entre a temperatura corporal com a temperatura da pele. Segundo Bevely Witter Du Gas [14], com relação a temperatura interna do corpo, o homem é homeotérmico, ou sangue quente, com mecanismos inatos capazes de assegurar uma temperatura constante dentro do organismo. Comumente, os mecanismos reguladores de temperatura do organismo mantêm um equilíbrio preciso entre produção e a perda do calor. Deste modo, a temperatura interna do corpo mantém-se dentro de uma faixa muito estreita. Algumas vezes, entretanto, o equilíbrio é alterado e os desvios da normalidade da temperatura corporal ocorrem. Muitas pessoas que adoecem apresentam uma elevação da temperatura, “o metabolismo produz a maior parte do calor corporal” [15].

Já a temperatura da pele varia entre amplos limites. Nas extremidades essas variações são mais acentuadas [16], ou como explicadas por Du Gas [14], a temperatura superficial do corpo varia com as modificações ambientais.

A temperatura depende do local da medida. A temperatura “normal” não é ajustada a um nível preciso e que existem pequenas variações entre os indivíduos, que podem oscilar desde 35,8°C a 37,1°C [15].

Na presença de humidade intermédia, a temperatura corporal central máxima tolerada é de aproximadamente 40°C, enquanto a temperatura mínima ronda os 35,3°C [17].

### Fatores que Afetam a Temperatura Corporal

Em condições de saúde ótima, certo número de atividades normais e processos fisiológicos afetam a temperatura corporal. Nas mulheres que menstruam, atividades musculares e a ação dinâmico-específica dos alimentos também afetam a temperatura corpórea [14].

A hipertermia é a elevação da temperatura corporal acima do ponto de regulação térmica, mais frequentemente secundária à ineficiência dos mecanismos de dissipação do calor ou, menos frequentemente, por produção excessiva de calor com dissipação compensatória insuficiente. Em muitas circunstâncias a elevação da temperatura corporal aumenta as possibilidades de sobrevida numa situação de infecção. Este efeito é conseguido graças à diminuição do crescimento de várias espécies bacterianas e ao aumento da capacidade bactericida promovidos pela febre [17].

A hipotermia caracteriza-se diminuição da temperatura corporal para valores inferiores a 35°C [17]. Pode ser causada por doenças hemorragias graves e súbitas, coma diabético, congelamento artificial, choque e em estágios terminais de muitas doenças [16].

Existem outros fatores que também afetam a temperatura, como a hora do dia, idade, temperatura ambiental, infecção, etc. [18].

### Sensores de Temperatura

Os sensores eletrônicos de temperatura agora estão amplamente disponíveis, fornecendo uma estabilização mais rápida [15].

Porém, devido ao alto custo de tecnologias e de mão de obra, sensores de temperatura em tempo real não são comuns em hospitais.

### MATERIAIS E MÉTODOS

Para esta pesquisa foram utilizados, materiais bibliográficos tais como livros, artigos científicos, periódicos e *web sites*, que auxiliaram durante todas as fases do projeto.

Além da pesquisa bibliográfica, foi utilizada a pesquisa experimental, onde o sistema de monitoramento de temperatura foi desenvolvido.

Toda a elaboração do trabalho incluindo, diagramação do protótipo, especificação de requisitos, documentação do RUP (Rational Unified Process) foram feitas em um computador do tipo PC (*Personal Computer*).

O sistema operacional do computador que é a camada de software mais importante, pois realiza o gerenciamento dos recursos da máquina foi o Debian 6 – ([www.debian.org](http://www.debian.org)). Este sistema operacional é uma distribuição GNU Linux, de código aberto com uma vasta comunidade de usuários e desenvolvedores. O Debian apresenta uma série de recursos para desenvolvimento de programas e tem um visual amigável.

Para a criação dos diagramas foi utilizado o Astah Community, um software de código aberto desenvolvido pela Change Vision, Inc – ([www.astah.net](http://www.astah.net)). O uso desta ferramenta é intuitivo e simples, facilitando a construção de diagrama de caso de uso, diagrama de classe, diagrama de sequência, diagrama de atividades, diagrama de transição, diagrama de estados que permitem compreender melhor o comportamento do sistema.

Foi utilizada a metodologia RUP que é um processo de Engenharia de Software criado pela Rational Software Corporation, sendo mais tarde adquirida pela empresa IBM. Ao todo foram criados 25 artefatos, entre eles, diagrama de caso de uso, visão (pequeno projeto) e especificação dos requisitos de software.

Para o desenvolvimento do protótipo foi escolhida a placa Arduino modelo Uno, pois a mesma é desenvolvida em código aberto e permite que os desenvolvedores programem nas linguagens C/C++ facilitando a implementação dos códigos na placa microcontroladora Arduino Uno.

O sensor de temperatura utilizado foi o DS18B20, produzido pela Maxim Integrated

(www.maximintegrated.com). Um dos fatores que influenciaram na escolha deste eletrônico é o custo baixo e sua facilidade de implementação junto a placa microcontroladora Arduino Uno.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente foi feito a elaboração dos diagramas de casos de uso e diagrama de sequência para que fossem definidas as funcionalidades que o protótipo tem e seu comportamento.

O diagrama de caso de uso ilustrado na **Error! Reference source not found.** FIGURA 3, mostra as funcionalidades do sistema de monitoramento de temperatura.

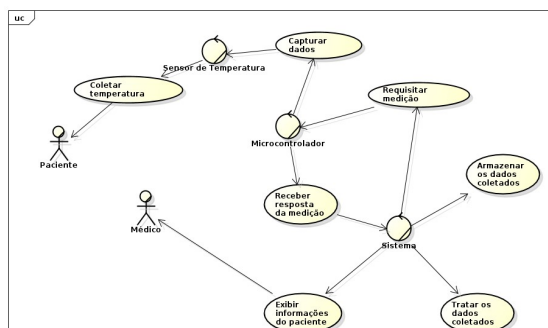


FIGURA 3

DIAGRAMA DE CASO DE USO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO DE TEMPERATURA

Um sensor de temperatura acoplado de forma não invasiva no corpo do usuário, envia um sinal contínuo com tempo máximo de 1 segundo para de um transmissor para um receptor que trata os dados; esses dados são armazenados em uma base de dados; e por fim, as informações sobre a temperatura do paciente são acessadas por um computador cliente que apresenta as informações em tempo real, além do histórico de temperatura do paciente. A FIGURA 4 apresenta a interface final com o usuário.

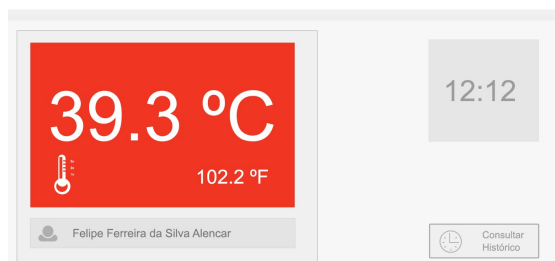


FIGURA 4

INTERFACE GRÁFICA DO SISTEMA DE MONITORAMENTO DE TEMPERATURA

Através de dispositivos instalados na placa microcontroladora Arduino e no computador, é possível que

o paciente se movimente pelo ambiente quando necessário e o corpo médico te a possibilidade de monitorá-lo a distância.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após o trabalho de pesquisa foi possível compreender melhor os campos estudados. Conclui-se que a computação atual, pode ser de grande ajuda na área médica com o desenvolvimento de dispositivos capazes de realizar funções que antes só eram possíveis de serem realizadas por seres humanos. O caso estudado foi especializado na temperatura humana, onde a mesma ainda é carente de tecnologias ou de força humana nos casos dos hospitais.

Constatamos que é possível a um baixo custo ser desenvolvido um sistema capaz de monitorar a temperatura corporal humana em tempo real de forma não invasiva, obedecendo o protocolo de manipulação mínima, aumentando as chances do paciente ser diagnosticado a tempo e adiantar sua intervenção.

Esta pesquisa também contribuiu positivamente para o desenvolvimento e amadurecimento de nossas habilidades como pesquisadores, melhora nas nossas relações interpessoais para a troca de experiências entre os estudantes e gerenciamento de tempo, para a pouca carga horária disponível para as atividades.

## TRABALHOS FUTUROS

O desenvolvido aqui apresentado tem o objetivo de mostrar o funcionamento do monitor de temperatura. Este foi implementado para ser utilizado apenas por um usuário. Para que o sistema seja usado amplamente entre os usuários, sugerimos que o sistemas seja multitarefa e multiusuário, sendo assim, a necessidade de implementação de novas funcionalidades.

Adotar um estudo de caso, para que o protótipo aqui em desenvolvimento seja testado em um ambiente e em condições reais de uso.

## REFERÊNCIAS

- [1] BORBA, Valdir Ribeiro. Do Planejamento ao Controle de Gestão: Instrumento para o desenvolvimento empresarial e técnico, Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2006. p. 74.
- [2] WISER, M. The Computer for the 21st Century. Revista Scientific American, v.265, n.3, p. 94-104, 1991.
- [3] WISER, M.; BROWN, John Seely. The Coming Age Of Calm Technology. Xerox Park, 1996.
- [4] WISER, M.; BROWN, John Seely. Designing Calm Technology. Xerox Park, 1995.
- [5] JOSÉ, Rui; Universidade do Minho, Departamento de Sistemas de Informação Guimarães. Introdução à Computação Ubíqua, 2011. p. 1.
- [6] KELLER, M. A. et al. Ubiquitous Computing. Stanford University – Libraries and Academic Information Resources, 1999. Disponível em: <<http://www-sul.stanford.edu/weiser/Ubiquitous.html>> Acesso em: 8 jun. 2013.
- [7] RIBEIRO, Anna Giselle Câmara Dantas; Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia CT/UFRN. Sistema de prontuário médico com monitoramento de pacientes via GPRS, 2009. p.16-17. il. Monografia (Graduação).

- [7] ARAUJO, R. B. Computação Ubíqua: Princípios, Tecnologias e Desafios. Anais: XXI – Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores. Natal: UFRN, 2003.
- [8] O’SULLIVAN, Dan; IGOE, Tommy. Physical Computing, Disponível em: <<http://itp.nyu.edu/physcomp/Intro/HomePage>> Acesso em: 10 jun. 2013.
- [9] GREENWOLD, Simon; Massachusetts Institute of Technology, Media Arts and Sciences. Spatial Computing, 2003 p.2. il. Tese (Mestrado).
- [10] O’SULLIVAN, Dan; IGOE, Tommy. Physical Computing: Sensing and Controlling the Physical World with Computers, Boston: Ed. Thomson Course Technology, 2004. p. 465.
- [11] SHAW, Alan C. Sistemas e Softwares de Tempo Real, Porto Alegre; Ed. Bookman, 2001. p. 9.
- [12] GUTIERREZ, Margarida; BERTRAND, Hélène et al. Estudos em Negócios IV, Rio de Janeiro: Ed. Mauad, 2005. p. 127.
- [13] TAURION, Cezar. Software Embarcado: A nova onda da Informática, Rio de Janeiro: Ed. Basport, 2005. p. 1.
- [14] GAS, Beverly Witter Du. Enfermagem Prática, Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1988. p. 292-293.
- [15] EPSTEIN, Owen et al. Exame Clínico, Rio de Janeiro: Ed. Elsevier, 2004. p. 48-49.
- [16] PORTO, Celmo Celso. Exame Clínico: Base Para a Prática Médica, Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 2000. p. 184, 185.
- [17] MAGALHÃES, Sônia et al. Faculdade de Medicina da Universidade do Porto Serviço de Fisiologia, Porto, 2001. p. 9-19.
- [18] PIERSON, Frank M. Princípios e Técnicas de Cuidados com o Paciente, Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 2001. p. 38-40.