

ESTUDO DE CASO: SISTEMA PARA MONITORAMENTO DE TEMPERATURA E UMIDADE EM FARMÁCIAS E ALMOXARIFADOS

E.T.A. Alves¹, D.S. Morim², M.N. Souza¹ e F.F. Rosário.³

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

²Senfio Soluções Tecnológicas, Rio de Janeiro, Brasil

³Hospital Badim, Rio de Janeiro, Brasil

e-mail: elyrteixeira@gmail.com

Resumo: Este trabalho apresenta um sistema para monitoramento de temperatura e umidade de medicamentos e ambientes. O sistema é composto de *hardware* e *software* que realizam medições locais e as envia pela rede *Wi-Fi* para um software na web. Alertas são enviados por *email* e SMS e com isso evitam que medicamentos possam ser perdidos, caso a temperatura fuja de padrões pré-estabelecidos. O custo de implantação e manutenção do sistema são consideravelmente menores (-88%) que os custos com funcionários do próprio hospital. Sem contar que a inviolabilidade dos dados garante maior confiança nos processos de acreditação. O sistema foi implantado nos setores de farmácia e almoxarifado de um hospital privado no Rio de Janeiro e toda coleta, registro e armazenamento dos dados é informatizado.

Palavras-chave: Monitoramento de temperatura e umidade, RFID, Internet das Coisas.

Abstract: *This work presents a system for temperature and humidity monitoring for environments and medicines. The system consists of hardware and software that perform local measurements and sends them via the Wi-Fi network for a software on the web. Alerts are sent via email and SMS and thereby prevent medication may be lost if the temperature run away from established standards. The cost of implementation and maintenance of the system are considerably lower (-88%) than the costs of the hospital staff, beside the increase in inviolability of data that ensures better confidence in the accreditation processes. The system has been deployed in the warehouse and pharmacy sectors in a private hospital in Rio de Janeiro and the entire collection, record and storage of data is computerized.*

Keywords: *Temperature and humidity monitoring, RFID, Internet of Things.*

Introdução

Atualmente o monitoramento de temperatura e umidade de forma manual é uma realidade em setores hospitalares como: farmácia, almoxarifado, transporte interno, nutrição, centro de materiais esterilizados, arsenais, laboratórios, entre outros, em todo o Brasil [1]. Isto acontece devido à falta de conhecimento, falta de

recursos ou até mesmo falta de uma visão sistêmica em relação à gestão de cadeia de suprimentos no ambiente hospitalar [2].

Tal monitoramento é de extrema importância devido à necessidade de controle de qualidade e vida útil de cada produto monitorado. Existem medicamentos que, ao ficarem armazenados fora da temperatura indicada pelo fabricante perdem a estabilidade [3], prejudicando o paciente. Quando se trata da preparação de componentes sanguíneos, por exemplo, diferenças de temperatura em seu armazenamento fazem com que sua validade diminua de 24 meses para 12 meses para o plasma, conforme preconiza a RDC nº 46 de 2000 da ANVISA em seu item C.3.1 do Anexo I, Regulamento Técnico para Procedimentos de Hemoterapia.

Por esses e por outros motivos, sistemas de Identificação por Rádio Frequência (*RFID*) têm sido bastante utilizados em uma enorme gama de aplicações, onde se podem citar indústrias, segurança pessoal e pública, animais, registro de preços em supermercados, cadeia de suprimentos, indústria farmacêutica e ambientes hospitalares, entre outros [4][5]. O uso deste tipo de identificação é uma das grandes oportunidades em tecnologia da informação (TI). Quando leitores de *RFID* são ligados à Internet, estes, distribuídos pelo mundo, podem identificar, rastrear, monitorar e até controlar objetos automaticamente e em tempo real, se necessário. Este conceito é intitulado Internet das Coisas (*IoT*) [6]. O conceito de internet das coisas se refere a objetos com identificadores únicos e suas análogas representações num sistema na Internet. A identificação por rádio frequência é frequentemente vista como um pré-requisito para a internet das coisas [6]. Ambas as tecnologias podem automatizar este cenário de monitoramento manual.

Este trabalho mostrar um sistema de monitoramento web, desenvolvido totalmente por uma empresa brasileira, capaz de monitorar a temperatura e a umidade de ambientes, geladeiras e freezers. Ele foi implantado em um hospital privado de médio porte na cidade do Rio de Janeiro, o Hospital Badim com o objetivo de segurança hospitalar, redução de custos e aumento de eficiência.

Materiais e métodos

Conforme a classificação de Gil [7], este é um trabalho de natureza aplicada e se qualifica como sendo do tipo estudo de caso, de abordagem quantitativa. As avaliações envolveram critérios econômicos e de qualidade.

No Hospital Badim foram implantados nove termômetros, sendo sete no setor do almoxarifado e dois no setor da farmácia. Dos sete termômetros localizados no almoxarifado, seis deles são responsáveis por monitorar o ambiente, enquanto um monitora a geladeira de medicamentos controlados. A temperatura desta geladeira precisa estar entre 2°C e 8°C. Já na farmácia, um termômetro monitora o ambiente e outro uma geladeira com as mesmas características do almoxarifado.

Foram utilizados dois modelos de termômetros. Um para monitoramento de temperatura e umidade ambiente (STA), também chamado de termo-higrômetro, e outro modelo (STB1) com um termistor, utilizado para medir temperaturas mais baixas em freezers ou geladeiras. Em ambos os casos, o monitoramento acontece em tempo real, sem qualquer necessidade de fios ou cabeamento. A Figura 1 apresenta o modelo STA, responsável por monitorar temperatura e umidade de ambientes, localizada num dos corredores do almoxarifado central.



Figura 1. Termômetro de modelo STA para monitorar ambientes.

Via de regra os termômetros vem acompanhados de fitas adesivas dupla face. A fita permite fixação mecânica em diversos locais, mesmo em superfícies verticais. A instalação não carece de qualquer conhecimento específico. Uma vez cadastrados no software (descrito mais à frente), apenas precisam que as pilhas sejam inseridas em seu *case* para iniciarem seu funcionamento. A partir deste momento, tudo é

automático. Foram gastos menos de dois minutos de instalação para cada termômetro.

Em todos os modelos de termômetros constam um conversor analógico-digital (ADC) que é responsável por digitalizar os sinais analógicos de todos os sensores. Após este processo, os sinais são processados por um microcontrolador e enviados via *Wi-Fi*, por meio da rede *wireless* do hospital, diretamente para o software *Monitore Senfio*, localizado na nuvem, internet. Caso o termômetro não consiga enviar o dado coletado ao software, o mesmo armazena este último valor medido e o reenvia assim que a conexão for reestabelecida. A Figura 2 apresenta a tela principal de monitoramento onde é possível visualizar todas as medições recentes. Cada gráfico de linha representa os dados coletados por cada termômetro.

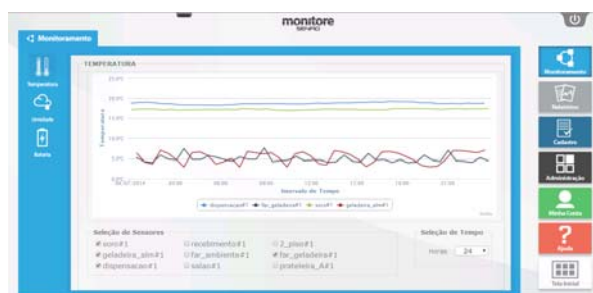


Figura 2. Gráficos de linha dos termômetros de temperatura do setor do almoxarifado e da farmácia.

Ao se conectar ao software, além de enviar o dado coletado, o termômetro também recebe a informação da frequência de coleta/envio dos dados. Esta frequência é variável e pode ser alterada via software. A alteração desta frequência se faz necessária, pois dependendo do que está sendo monitorado se tem necessidades diferentes de tempo de monitoramento. Por exemplo, alguns medicamentos de alto custo dentro de uma geladeira precisam ser monitorados a cada dez minutos. Já uma frequência de medição de uma em uma hora para aferir a temperatura e umidade de uma sala de ressonância já seria suficiente. Os termômetros foram configurados para realizarem medições a cada trinta minutos.

Cada termômetro utiliza duas pilhas pequenas da marca *Energizer Ultimate Lithium*. O sistema foi instalado no dia primeiro de fevereiro de 2014 e até o presente momento (15/07/14) as pilhas continuam demonstrando atividade química, segundo o software da empresa prestadora do serviço.

Já no software *Monitore Senfio*, por estar hospedado na internet, os dados estão disponíveis para consulta 24h por dia. Relatórios podem ser gerados e não há perda de dados ou rasuras em formulários. Como as temperaturas e umidades são registradas de forma automática, não há necessidade de qualquer trabalho rotineiro manual, pois com poucos cliques se obtém as informações de temperatura e umidade. O mesmo software também possibilita cadastrar alertas, onde um aviso é enviado por *email* e/ou *SMS (short message service)* caso

alguma anormalidade ocorra, garantindo assim um controle otimizado em qualquer processo, tanto na gestão de estoque, como na gestão de serviço.

Resultados

Anteriormente, o monitoramento da temperatura e umidade era realizado manualmente por um colaborador. Este, realizava o preenchimento em um formulário específico com uma frequência de 4h, totalizando 180 medições mensais. Esse preenchimento manual era falho, pois muitas vezes havia esquecimento por parte dos colaboradores, rasuras no formulário, falta de conhecimento em manusear o termômetro ou perda do formulário preenchido. Com os novos termômetros são realizados 432 medições diárias, considerando trinta minutos a frequência de cada medição. Em um mês são quase 13 mil contagens totalmente automáticas. A Figura 3 ilustra como era realizado o registro manual com o formulário fixado na frente da geladeira.



Figura 3. Geladeira armazenando medicamentos com registro manual de temperatura.

O resultado qualitativo dessas novas medições pode ser claramente observado na qualidade da informação gerada pelos relatórios. Nas Figuras 4 e 5 é possível visualizar como os relatórios eram gerados antes e depois desse sistema.

HOSPITAL Badim 3 Controle de temperatura e Umidade 12/13

Ambiente - 9° a 25°C Umidade - 40 a 70%

Data	Ambiente - 9° a 25°C			Umidade - 40 a 70%			Rubrica
	Min	Max	ATUAL	Min	Max	ATUAL	
1	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
2	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
3	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
4	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
5	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
6	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
7	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
8	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
9	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
10	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
11	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
12	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
13	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
14	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
15	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
16	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
17	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
18	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
19	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
20	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
21	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
22	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
23	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
24	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
25	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
26	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
27	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
28	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
29	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
30	17.0	22.0	20.0	55	65	60	
31	17.0	22.0	20.0	55	65	60	

Plano de Contingência:
Quando a temperatura Ambiente estiver fora dos limites, fazer a correção no ar-condicionado
Quando necessitamos uma temperatura melhor, devemos aumentar a ventilação do ar e vice-versa
Se o problema não for resolvido, deve-se entrar em contato com a manutenção.

Farmacêutico Técnico Responsável: [Assinatura]
Coordenador Almoxarifado: [Assinatura]

Figura 4. Formulário manual de monitoramento (antes).

HOSPITAL Badim 3 Relatório Simplificado Data de geração do relatório: Sex, 9 Mar 2014 - 10:10

Resultados baseados na pesquisa
Data Inicial: 01/04/2014 Tag: temperatura
Data Final: 30/04/2014 Tipo: temperatura

Data	Mínimo	Média	Máximo
01/04/2014	19.0°C	20.3°C	22.0°C
02/04/2014	18.7°C	20.0°C	21.8°C
03/04/2014	17.9°C	19.3°C	21.5°C
04/04/2014	17.4°C	19.1°C	21.1°C
05/04/2014	16.7°C	17.8°C	18.8°C
06/04/2014	16.6°C	17.2°C	17.8°C
07/04/2014	16.6°C	18.3°C	21.3°C
08/04/2014	17.4°C	18.8°C	20.1°C
09/04/2014	17.7°C	19.1°C	20.4°C
10/04/2014	18.3°C	20.1°C	22.6°C
11/04/2014	18.5°C	20.1°C	21.8°C
12/04/2014	18.9°C	19.7°C	20.4°C
13/04/2014	19.6°C	20.0°C	20.7°C
14/04/2014	19.2°C	20.7°C	22.8°C
15/04/2014	18.3°C	19.5°C	21.0°C
16/04/2014	18.3°C	19.3°C	20.6°C
17/04/2014	18.2°C	19.4°C	20.8°C
18/04/2014	18.1°C	18.7°C	19.1°C
19/04/2014	18.1°C	18.6°C	19.6°C
20/04/2014	18.4°C	19.5°C	21.3°C
21/04/2014	17.9°C	18.7°C	19.4°C
22/04/2014	17.7°C	18.8°C	20.1°C
23/04/2014	18.0°C	19.2°C	20.5°C
24/04/2014	16.9°C	19.3°C	21.3°C
25/04/2014	17.1°C	18.8°C	20.2°C

Desenvolvido por: [Assinatura]

Figura 5. Relatório automático de monitoramento (depois).

Algumas medições foram registradas fora de limites adequados, e com isso alertas por *email* e SMS foram gerados pelo software. Isto ocorreu principalmente nas geladeiras, onde sua utilização é mais intensa. Graças a essa ferramenta de prevenção, o material armazenado não fora perdido ou invalidado, pois equipes remotas responsáveis por este monitoramento puderam ser avisadas a tempo. Este tipo de recurso se traduz em um enorme benefício para o hospital. O custo da perda do material pode chegar a mais de R\$ 20.000,00 por geladeira no setor do almoxarifado. No método manual, com uma “janela de medição de 4 horas”, era possível perder o material e nem saber do ocorrido.

Discussão

Com o método anterior não existia um plano de ação para quando havia esquecimento no preenchimento por parte de um funcionário. Simplesmente se preenchia o formulário novamente, perdendo-se a confiabilidade dos dados de monitoramento dos produtos. Com a implantação da nova tecnologia, tem-se um monitoramento real e preciso, com relatórios específicos de históricos baseados em valores máximos e mínimos. Não há perda de dados ou rasuras de formulários.

Se um funcionário gastar 3 minutos para registrar os mesmos dados, seriam necessários mais do que três funcionários, em trabalho integral, para fazerem o mesmo serviço (176 horas/mês/funcionário). Considerando que um funcionário para esta atividade deva custar cerca de R\$ 4.000,00 com todos os encargos somados, totalizando R\$ 12.000,00 por mês para os três funcionários, o sistema de monitoramento promoveria uma redução de custo em mais de 88% desse valor. O custo mensal do sistema é de R\$ 1.312,00, sendo este valor pago diretamente à empresa prestadora do serviço. Ou seja, uma redução drástica de custos para o hospital com ganhos significativos em eficiência e segurança. E, caso haja adoção de mais locais de monitoramento, o ganho aumenta.

Outro benefício claro é a facilidade de se conferir e fiscalizar todos os dados sem intervenção humana. Em um processo de Acreditação Hospitalar é fundamental que o hospital garanta que seus dados não sejam tendenciosos quando ele mesmo os registra. E que estes também sejam de fácil obtenção. Antes da implantação do sistema sempre pairava a dúvida sobre a real veracidade dos registros, uma vez que os próprios funcionários registravam os valores. Atualmente, com o novo sistema, não há qualquer tipo de intervenção humana, garantindo totalmente a qualidade dos dados registrados. O mesmo acontece quando o hospital é fiscalizado pela Vigilância Sanitária (VISA).

Um fato de pouca relevância, mas que é importante deixar claro, é na substituição das pilhas. A estimativa é que as duas pilhas precisem ser substituídas a cada 8 oito meses, aproximadamente, se a rede de *Wi-Fi* for estável, e se forem realizadas medições a cada 30 minutos. No entanto, como é de difícil estimação a estabilidade da rede *Wi-Fi*, este prazo pode mudar e o

hospital precisa ficar ciente deste custo adicional.

Como os termômetros operam sem a necessidade de energia elétrica externa, o uso das pilhas torna esse sistema bastante vantajoso. Mesmo com cinco meses e meio de uso, a atividade química das pilhas ainda é alta. A arquitetura eletrônica priorizou baixo consumo de energia, tornando esse sistema viável comercialmente.

Conclui-se que o sistema implantado é bastante benéfico para hospital e espera-se que o mesmo possa ser estendido para outros setores dentro da mesma instituição. Fatores como redução de custo, aumento de qualidade, praticidade e tranquilidade em fiscalizações são fatores que tornam o produto ainda mais atraente do ponto de vista comercial e técnico. Dentro do ponto de vista científico, o desenvolvimento nacional de uma tecnologia como esta encoraja futuros pesquisadores a aplicar seu conhecimento acadêmico em problemas reais da sociedade.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Hospital Badim.

Referências

- [1] Ávila A. Identificação por radiofrequência: tecnologia inteligente, hospital eficiente, qualidade e segurança para o paciente [monografia]. Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz / Grupo Hospitalar Conceição, Rio Grande do Sul, 2012.
- [2] Pinto GLA. Avaliação da atividade de suprimentos em organizações hospitalares [dissertação]. Niterói: Universidade Federal Fluminense. 2004.
- [3] Kauling GP, Ceretta LB, Schwalm MT, Dagostin VS, Soratto MT. Utilização de medicamentos: limites e possibilidades das orientações dos Agentes Comunitários de Saúde às famílias. *O Mundo da Saúde*, São Paulo. Ed. 37(1). 2013. p. 44-55.
- [4] Ilie-Zudor E, Kemény Z, Van Blommestein F, Monostori L, Van der Meulen A. A survey of applications and requirements of unique identification systems and RFID techniques. *Computers in Industry*, Volume 62, Issue 3, April 2011, ISSN 0166-3615, p. 227-252.
- [5] Ngai EWT, Poon JKL, Suk FFC, Ng CC. Design of an RFID-based Healthcare Management System using an Information System Design Theory. *Information Systems Frontiers*, September 2009, Volume 11, Issue 4, pp 405-417.
- [6] Xiaolin J, Quanyuan F, Taihua F, Quanshui L. RFID technology and its applications in Internet of Things (IoT). 2nd International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet); 21-23 April 2012; Yichang, China. 2012. p. 1282-5.
- [7] Gil AC. Como elaborar projetos de pesquisa. 5th ed. São Paulo: Atlas; 2008