

Modelo de um sistema de conservação de alimentos baseado na IoT-A e seleção de elementos para Tabela de Decisão Adaptativa (TDA)

B. R. Kawano; R. M. Marè; B. C. C. Leite; C. E. Cugnasca¹

Abstract— Supply chains of agricultural products are essential to the development of the Brazilian economy. Among the main exported products, we emphasize perishable agricultural products. Traceability of agricultural products is a requirement of consumers in developed countries and with respect to the collection, storage, transmission and provision of information related to products and processes they have undergone. Current systems do not allow full traceability of agricultural bulks, linking the final product in European supermarkets to the Brazilian farms. Therefore, this paper proposes the use of tools of Information and Communication Technology, in the Internet of Things context, for developing a traceability model for agricultural chains. As a result of this study, we propose a model of agricultural traceability products based on model reference architecture IoT-A. This model adds the SISTEMA MONITORAR®, enabling the monitoring, transport and storage of agricultural products throughout the chain by reducing the likelihood of human error and time involved with sampling. In addition, we present elements for building an adaptive decision table to control environmental conditions for food preservation. Thus, an increase in the competitiveness of the agricultural supply chain is expected, as well as meeting consumer's demands.

Keywords— IoT-A; Food conservation; Adaptive Decision Table.

I. INTRODUÇÃO

ATUALMENTE, o número de usuários da Internet vem crescendo exponencialmente devido ao surgimento de novas aplicações envolvendo *smartphones* e outros dispositivos móveis. Desde o início do século XXI, vive-se a chamada Terceira Era da Computação, ou o Terceiro Paradigma da Computação em que há uma pessoa para muitos computadores [1]. Segundo Mark Weiser em 1991, considerado o pai da Computação Ubíqua, o mundo iria vivenciar uma realidade de bilhões de dispositivos computacionais e uma das principais preocupações seria relativa à segurança e à privacidade dos dados manipulados [2].

Nesse sentido, a Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT) considera a conectividade de objetos do dia a dia em qualquer momento e em qualquer lugar [3]. Esse termo foi usado inicialmente por Kevin Ashton em uma apresentação feita em 1999 à Procter & Gamble, considerando a tecnologia de Identificação por Radiofrequência (RFID) na gestão da cadeia de suprimentos com conexão à Internet [4].

A ideia básica da IoT é a presença generalizada de coisas ou objetos em torno das pessoas que, por meio de um esquema único de endereçamento, são capazes de interagir uns com os outros e cooperar com seus vizinhos para alcançar objetivos comuns [5]. Segundo [6], ela abrangerá de 50 a 100 bilhões de dispositivos até 2020.

Este cenário considera não apenas as comunicações máquina-a-máquina (*Machine-to-Machine* – M2M), que poderá levar esse número potencial de objetos interconectados para 100 trilhões neste mesmo período [7]. A IoT considera a nomeação de todos os objetos que a ela encontram-se ligados, o que levará, segundo [8], a uma necessidade de intenso tráfego e transmissão de dados, como por exemplo a de sensores que coletam dados das mais diversas naturezas e aplicações.

Uma das linhas de pesquisa de aplicação da IoT é a cadeia agrícola que requer, em algumas etapas, o monitoramento das condições de armazenamento e transporte dos produtos agrícolas perecíveis. Para tanto, outras tecnologias precisam ser agregadas à tecnologia de identificação RFID, sendo uma das mais promissoras a Rede de Sensores Sem Fio (RSSF). Esse cenário favorece a melhoria da rastreabilidade de alimentos e a sua segurança alimentar [9].

Nas cadeias de suprimentos do agronegócio, a logística assume um papel relevante, devido às características particulares de cada produto e à sua perecibilidade, demandando cuidados e especialização nas etapas de transporte e armazenamento.

Visando-se agregar valor aos elos da cadeia, faz-se necessário não apenas um planejamento adequado às estratégias de cada organização, mas também a adoção da tecnologia da informação às suas etapas [10, 11].

Considerando-se a área de conservação de alimentos envolvendo uma câmara fria, este artigo se baseou no modelo de arquitetura de referência para IoT, denominado Internet of Things Architecture (IoT-A) para a concepção do modelo de conservação de alimentos. A IoT-A é apresentada por [12] e se baseia nos pré-requisitos conceituais e práticos da IoT como, por exemplo, escalabilidade, segurança, privacidade e interoperabilidade.

Neste trabalho, buscou-se inserir no contexto descrito, tópicos e elementos de Tecnologia Adaptativa [13,14]. A Tecnologia Adaptativa é relevante para se compreender o conceito de adaptatividade. Este termo é utilizado para representar uma característica de um dispositivo que tem a

¹ B. R. Kawano, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo-SP, Brasil, bruno.kawano@usp.br

R. M. Marè, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo-SP, Brasil, renata.mare@usp.br

B. C. C. Leite, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo-SP, Brasil, brenda.leite@poli.usp.br

C. E. Cugnasca, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, São Paulo, Brasil, carlos.cugnasca@poli.usp.br

capacidade de alterar sua própria estrutura interna de forma autônoma, sem que haja a interferência externa.

O estudo de [13], define um dispositivo adaptativo que detecta situações em que são necessárias ações de mudança de um determinado estado para outro estado mais estável ou desejado (pré-programado). Assim, o dispositivo tem a capacidade de reagir a mudanças necessárias para o devido funcionamento de um sistema, segundo variáveis de interesse. As condições ambientais de uma câmara fria destinada à conservação de alimentos consideradas neste trabalho são: temperatura do ar, umidade relativa, teor de gás carbônico, teor de gás oxigênio, teor de gás etileno (gás indicativo da maturação do produto) e carga térmica inicial dos alimentos.

Apresenta-se aqui a proposta de uma arquitetura de um sistema de conservação de alimentos visando à rastreabilidade desse processo em que haja o monitoramento contínuo de variáveis diversas, sendo estas as condições ambientes de uma câmara fria. Este modelo possui a capacidade de fornecer histórico de informações relevantes ao longo das cadeias de suprimentos no agronegócio por meio da *web*, somado à tecnologias adaptativas, por meio da Tabela de Decisão Adaptativa (TDA) que permitam o controle de forma eficiente de operação dos sistemas de conservação dos produtos agrícolas.

Assim, o controle das variáveis ambientais é proposto por meio de um sistema já concebido no Projeto Fapesp [15] chamado Sistema Monitorar®, a ser detalhado no item III deste artigo. Para tal, são considerados elementos adaptativos, a serem utilizados em uma TDA como forma de suporte e controle automático das definições dos níveis das variáveis de controle ambiental da câmara fria.

A estrutura do artigo está organizada da seguinte forma: no Item II são apresentados alguns conceitos e funcionalidades da IoT, bem como a arquitetura de referência IoT-A; o Item III apresenta o funcionamento do Sistema Monitorar®; o Item IV apresenta uma proposta de arquitetura do Sistema Monitorar® baseada no modelo de referência IoT-A e o Item V apresenta quais elementos são preponderantes para uma TDA, considerando-se uma câmara de conservação de alimentos.

II. INTERNET DAS COISAS E O MODELO DE REFERÊNCIA IOT-A

A IoT traz consigo alguns requisitos como escalabilidade, ou seja, o quão preparada uma rede está para suportar uma grande quantidade de dados sendo transmitidos. Outra característica é a interoperabilidade, que trata da capacidade de um sistema de agregar diferentes tecnologias e dispositivos, de forma a permitir que funcionem mesmo em um cenário heterogêneo.

Outros requisitos são preponderantes, como segurança e privacidade dos dados coletados. Considerando-se um ambiente onde sensores coletam dados privados, sendo transferidos e armazenados remotamente, estes requisitos são fundamentais para garantir um sistema de tráfego seguro e que atenda a um determinado modelo de referência para IoT.

Segundo [12] um modelo de referência de IoT permite uma abstração em alto nível para a concepção de um Modelo de

Arquitetura de Referência, que permite que aspectos da arquitetura sejam considerados, como implementações e padrões já existentes.

Por exemplo, o modelo de referência IoT-A proposto e descrito em [12] destina-se a orientar a concepção de novos sistemas.

Nesta pesquisa ele será considerado na concepção do sistema de controle das variáveis ambientais da câmara fria. Os aspectos considerados neste modelo foram: a Visão Funcional, a Visão Informacional e a Visão de Desenvolvimento e Operação.

Na Visão Funcional, tem-se grupos funcionais como Comunicação, Serviços de IoT, Entidade Virtual, Gestão de Processos e Negócios em Internet das Coisas, Organização do Serviço, Segurança e Administração.

A Visão Informacional permite obter uma visão geral das estruturas de informação e de fluxos de informações dinâmicas como a forma de definir, gerenciar, armazenar e processar estas informações.

Por último, a Visão de Desenvolvimento e Operação permite aos usuários obterem, guias e manuais para diferentes *designs*. Nesta visão, são preponderantes três grupos de elementos como dispositivos, recursos e serviços. Em relação às escolhas de implementação, diversos aspectos devem ser considerados, a exemplo de: Redes de Sensores Sem Fio, RFID, *WiFi* ou outras tecnologias e Redes de Celulares. Outros aspectos devem fazer parte da modelagem do sistema como quesitos de conectividade.

Neste sentido, durante o desenvolvimento deste artigo, serão levados em consideração todos estes aspectos citados para a concepção do Modelo de Referência para Arquitetura de IoT.

III. SISTEMA MONITORAR®

O Sistema Monitorar® [15] é um software baseado em Internet, que tem por objetivo permitir o monitoramento remoto, contínuo e seguro de variáveis diversas associadas a ambientes ou processos, provendo informações confiáveis como suporte à gestão do objeto monitorado. É fruto de um projeto de Pesquisa Inovativa na Pequena Empresa – PIPE, fomentado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – Fapesp [16] Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP. O seu protótipo encontra-se em operação contínua desde 2009, em duas salas de aula no edifício de Engenharia Civil da Escola Politécnica da USP.

O cenário genérico de aplicação do Sistema Monitorar® é um ambiente (edificação, container ou meio de transporte) provido de uma rede de sensores adequados às variáveis de interesse. Por meio de um *gateway* conectado à Internet (Ethernet, GPRS), os dados são transmitidos continuamente a um servidor *web*, onde são armazenados e processados.

Na Figura 1, encontra-se uma interface customizada em que é possível a visualização de usuários autorizados, por exemplo, o comprador da carga agrícola que deseja acompanhar parâmetros de qualidade do ambiente de transporte e conservação. É possível também a consulta dos dados por meio de dispositivos conectados à Internet, acessando gráficos

diversos, *dashboards* de valores instantâneos, ou mesmo recebendo alarmes de valores críticos (SMS, e-mail).

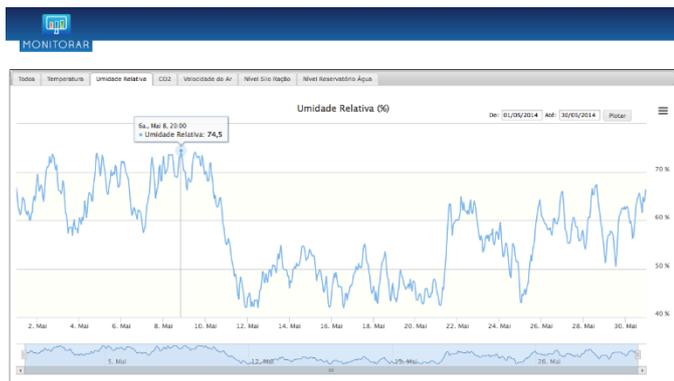


Figura 1. Exemplo de gráfico do Sistema Monitorar® (umidade relativa do ar)

O Sistema Monitorar® atende aos seguintes requisitos:

- Segurança de dados;
- Permitir o uso por diversos clientes;
- Permitir o acesso a mais de um usuário por cliente, com a devida autenticação;
- Receber e armazenar dados distintos de clientes distintos (histórico de dados);
- Receber dados provenientes de redes de sensores com tecnologias e arquiteturas diversas;
- Receber dados de sensores, independentemente de fabricante ou tecnologia de rede;
- Oferecer interfaces customizadas por cliente;
- Permitir a geração de alarmes customizados por cliente.

Para tal, um conjunto de nove aplicativos atuam coordenadamente (Figura 2).

A troca de dados entre eles ocorre por meio de *web services* Restful [17] tecnologia que, dentre outras vantagens, proporciona pacotes de dados de tamanho reduzido, característica importante em um sistema com grande número de troca de mensagens. Descrevem-se a seguir os nove aplicativos.

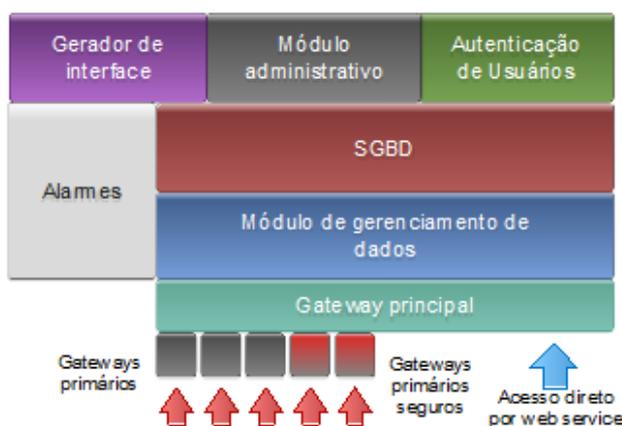


Figura 2. Sistema Monitorar®: arquitetura simplificada.
Fonte: Os autores.

A. Gateways primários

Para atender o requisito de receber dados de redes de sensores formadas por equipamentos diversos, é necessária a

criação de soluções de software específicas já que cada equipamento conecta-se de maneira distinta, usando um protocolo distinto. Utilizam-se pequenos módulos de software que permitem a conexão a *gateways* ou equipamentos remotos distintos.

Tipicamente a codificação de um destes módulos é da ordem de 20 a 30 linhas de código. Uma vez criado, o módulo pode ser utilizado com outras redes que utilizem o mesmo equipamento. A segunda importante tarefa dos *gateways* primários é codificar os dados recebidos em formato JSON [18] e enviar o pacote de dados ao *gateway* principal.

B. Gateways primários seguros

Sua funcionalidade é idêntica à dos *gateways* primários. Todavia, incorporam as funções da biblioteca OpenSSL [19] para autenticação bi-lateral, tráfego criptografado e verificação de certificados digitais.

C. Gateway principal

Ao contrário dos *gateways* primários, o protocolo e o formato dos dados recebidos pelo *gateway* principal é único. Sua função é analisar os dados recebidos, identificar o cliente, ambiente e pontos monitorados e encaminhar todas estas informações ao módulo do Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD).

D. Módulo de gerenciamento de dados

Este módulo recebe os pacotes de dados do *gateway* principal. Suas funções são:

- Identificar o cliente que gerou o pacote;
- Identificar o ambiente monitorado;
- Identificar o ponto monitorado;
- Identificar a grandeza monitorada, seu valor e unidade;
- Montar e enviar um pacote de dados aos módulos SGBD e Alarmes.

As funções de identificação de clientes, ambientes e pontos monitorados são possíveis graças à passagem de chaves de identificação, parâmetros criados na configuração dos *gateways* primários e definidos na administração do Sistema Monitorar®.

E. Módulo de alarmes

O módulo de alarmes recebe pacotes do módulo de gerenciamento e verifica a necessidade de emissão de alarmes. Para tal, compara os valores medidos com as condições armazenadas no SGBD. Se necessária a emissão de alarmes, o módulo identifica os usuários destinatários, e realiza o envio das mensagens pelo canal especificado (e-mail e/ou SMS).

F. Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD)

Armazena todos os dados do Sistema Monitorar®. Comunica-se com o módulo gerenciador de dados (recebendo pacotes de dados para armazenamento), com o módulo

administrativo (recebendo dados de novos clientes, usuários, ambientes e pontos monitorados).

Também comunica-se com o módulo de autenticação de usuários (verificando a validade dos dados de *login*), com o gerador de interfaces (fornecendo os dados de telas das interfaces gráficas disponíveis) e com o módulo de alarmes (guardando as condições pré-definidas para a emissão de alarmes). O módulo utiliza o software MySQL V.5.5 [20] em um servidor dedicado na infraestrutura da Amazon Web Services [21], dado o número elevado de requisições a que está sujeito.

G. Módulo de autenticação de usuários

Solicita dados de autenticação ao usuário para determinar as condições de acesso ao Sistema Monitorar®. A autenticação se realiza por digitação de par usuário/senha. Opcionalmente pode-se exigir código gerado por dispositivo *token*. Para esta funcionalidade, utiliza-se o software Google Authenticator [22] que permite a utilização de dispositivos móveis com sistemas operacionais Android ou iOS para gerar os códigos.

H. Módulo administrativo

Permite o cadastramento de novos clientes, usuários, ambientes e pontos monitorados. Permite também a definição das grandezas monitoradas por cliente e as condições para emissão de alarmes (parametrização).

I. Gerador de interfaces

Armazena os *layouts* de tela específicos para cada cliente, definindo, para cada tipo de página disponível, os mecanismos de visualização (gráficos, medidores instantâneos, etc), seus parâmetros visuais (cores, estilos, etc) e sua disposição na tela.

Há também a possibilidade de sua interface com sistemas de automação (legados ou não) ou seja, o sistema pode fornecer informações complementares às pré-existentes, conferindo maior granularidade à atuação. Na solução aqui proposta, essas características são particularmente interessantes, visto proporcionarem maior liberdade ao cliente no aproveitamento de infraestrutura prévia bem como, na escolha para aquisição de novos equipamentos.

Outra importante característica deste sistema, a segurança de dados, é proporcionada pelos seguintes aspectos:

- Autenticação, que garante a identidade dos usuários legítimos do sistema, impedindo o acesso dos demais;
- Confidencialidade, que garante que os dados coletados e armazenados não sejam acessados por terceiros;
- Integridade, que garante que os dados não sejam modificados durante o tráfego pela rede;
- Autorização, que garante que os usuários possam acessar somente a parcela dos dados a eles disponibilizados por uma administração central;
- Não-repudição de origem dos dados (em implantação), que implica na assinatura digital dos pacotes de dados, utilizando-se certificados digitais emitidos por autoridade certificadora pertencente à estrutura da ICP-Brasil [23].



Figura 3: Arquitetura do sistema de conservação de alimentos baseado no modelo de referência IoT-A.

Fonte: Os autores.

No que concerne às cadeias de suprimentos, o conjunto destas propriedades pode proporcionar a redução de perdas bem como, a rastreabilidade das etapas monitoradas, fornecendo histórico confiável aos usuários interessados e/ou a sistemas externos, inclusive compatíveis com a arquitetura EPCglobal® [24]. A utilização da Internet como canal de troca de dados permite o monitoramento de ambientes de difícil acesso, viabilizando a consulta dos dados por usuários em praticamente qualquer localidade e horário.

IV. PROPOSTA DE ARQUITETURA DE UM SISTEMA DE CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS PARA RASTREABILIDADE

O modelo de arquitetura proposto na Figura 3, corresponde às bases do modelo de referência IoT-A considerando o Sistema Monitorar®, que se situa na camada de aplicação. Um sistema de atuação (também na camada de aplicação), ligado ao Sistema Monitorar®, permitiria o ajuste automático das condições ambientais de armazenamento.

O bloco nomeado como Segurança Monitorar® corresponde a todos os itens relacionados à segurança e privacidade do sistema, nos quais elementos como Autenticação, Autorização, Integridade, Confidencialidade e a Não-repudição de dados e informações transmitidas são pré-requisitos. O bloco Gerenciamento, integra todas as características de Configuração, Controle de Falhas, Alarmes e de Desempenho do Sistema.

Na parte inferior da Figura 3, encontra-se a camada dos dispositivos que coletam os dados de controle ambiental do objeto em questão, no caso a câmara fria. Fazem parte dessa camada, sensores de temperatura, umidade relativa do ar, gás carbônico, oxigênio e de etileno, que irão coletar os dados e transmiti-los, seguindo a camada de pilha de protocolos do sistema.

Os dispositivos Gateways, possuem o papel de intermediar ou “traduzir” os dados coletados e transmiti-los até a camada de aplicação, no caso para o software Monitorar®. Neste modelo, considera-se que há um módulo de atuação do controle das condições ambientais baseada em uma tecnologia adaptativa. Como será apresentado neste trabalho, selecionaram-se elementos que possam compor a TDA, considerados fundamentais para a aplicação em questão, juntamente com os

outros elementos, para o controle autônomo e sem interferências externas para atuação do sistema.

V. ELEMENTOS DE UMA TABELA DE DECISÃO ADAPTATIVA (TDA) PARA UMA CÂMARA DE CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS

Adotando-se como base os elementos envolvidos na conservação de alimentos em uma câmara fria, pode-se conceber a proposta de um modelo de tomada de decisão, baseada no conceito de TDA.

Segundo [13], dispositivos adaptativos dirigidos por regras podem dar maior flexibilidade às tabelas de decisão básicas, e a partir disso, podem ser geradas inclusões e exclusões de regras durante a operação do sistema.

Para a realização das ações do sistema, propõe-se a utilização, neste modelo, da TDA, a partir da qual é possível se estabelecer e designar regras, funções e ações desejadas para que o sistema possa atuar de forma autônoma e sem interferência externa.

Assim, é apresentado na Figura 4, um esquema que representa o modelo de uma TDA cuja descrição detalhada pode ser melhor compreendida no trabalho de [13].

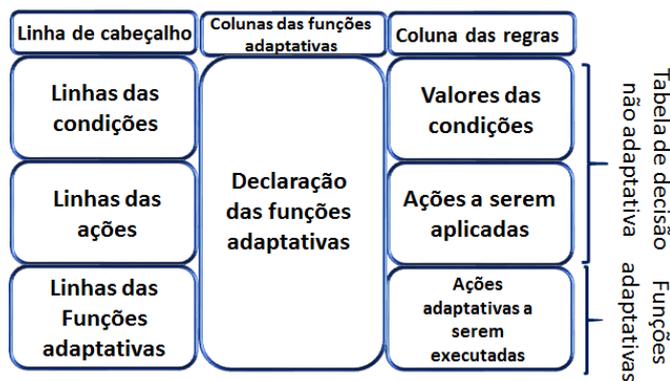


Figura 4: Elementos da tabela de decisão básica e adaptativa. Fonte: Adaptado de [13].

Em relação aos elementos adaptativos da TDA, no campo das Linhas de Funções Adaptativas, há os elementos de funções adaptativas como os nomes das funções, parâmetros, variáveis e geradores das funções adaptativas.

Já no campo das Ações Adaptativas a Serem Executadas, são inseridos os valores dos parâmetros, geradores e variáveis necessários para a execução do sistema.

Neste trabalho, serão considerados apenas os levantamentos de algumas funções e ações adaptativas que poderão alimentar a TDA.

Independentemente do alimento considerado, alguns fatores passíveis de controle são relevantes para a conservação de alimentos em câmaras frias, tais como:

- Temperatura do ar;
- Umidade relativa do ar;
- Teor de gás carbônico;
- Teor de gás oxigênio;
- Teor de gás etileno (gás indicativo da maturação);
- Carga térmica inicial dos alimentos.

Todos estes elementos necessitam de controle, a fim de que haja uma correta preservação do alimento, considerando-se quesitos de qualidade como:

- Aparência (tamanho, forma, cor);
- Textura (firmeza, suculência);
- Flavor (acidez, adstringência);
- Nutritivo (teor de carboidratos, proteínas, lipídeos, vitaminas, minerais, água);
- Segurança (resíduos, micotoxinas, microrganismos patogênicos).

A Tabela 1 apresenta informações de possíveis funções e valores de condições adaptativas, que poderiam ser adotados como padrão para controle de intervalos de temperatura ideais de conservação de diversos tipos de frutas e legumes. Além disso, o sistema poderia ser configurado para controlar os limites mínimos de temperatura dos intervalos apresentados, a partir dos quais um alerta poderia ser acionado, permitindo ao sistema reconhecer automaticamente a necessidade de manutenção da temperatura dentro dos níveis ideais.

Tabela 1: Pontos de congelamento e intervalos de temperatura de armazenamento ideais para diversos frutos, adaptado de [25].

Fruto	Pontos de Congelamento (°C)	Temperatura de Armazenamento (°C)
Abacate	-0,3	4,5 a 13,0
Banana	-0,7	13,0 a 14,0
Berinjela	-0,8	8,0 a 12,0
Caqui	-2,1	-1,0
Figo	-2,4	-0,5 a 0,0
Limão	-1,4	12,0 a 14,0
Laranja	-1,2	3,0 a 9,0
Maçã	-1,5	-1,0 a 4,0
Manga	-0,9	13,0
Pepino	-0,5	10,0 a 13,0
Pêssego	-0,9	-0,5 a 0,0

A partir dessas referências poderia se estabelecer e programar, por meio de simulações, as ações adaptativas desejadas para o sistema, bem como, os geradores necessários para as suas execuções.

Feitas essas simulações iniciais, levando-se em conta apenas a temperatura do ar, as referências para os demais parâmetros passíveis de controle seriam levantadas e incorporadas à TDA. Isto permitiria análises mais complexas e aderentes à realidade, onde seriam realizadas diversas combinações de fatores que levariam a ações distintas, visando-se à melhor qualidade dos produtos.

Aos quesitos de qualidade, também poderiam ser atribuídas relevâncias distintas, por exemplo, de acordo com o mercado alvo (existem vários tipos de mercado interno, além do mercado tipo exportação), incluindo-se também estas condições na TDA.

VI. CONCLUSÕES

Considerando-se o modelo proposto, há potencial de inovação e aplicação do sistema de conservação de alimentos

baseado na arquitetura de referência IoT-A. Esses elementos se sustentam devido à abordagem simultânea da aplicação das tecnologias adaptativas e conceitos de IoT às cadeias produtivas do agronegócio, mais particularmente à etapa de armazenamento de produtos.

Acredita-se que estratégias de operação dos sistemas de refrigeração adaptáveis ao contexto, levando em conta o tipo de produto, suas características particulares, condições do ambiente interior (armazenamento) e condições climáticas, proporcionem a redução otimizada de perdas, contribuindo para a maior competitividade da cadeia como um todo. Ressalta-se que este modelo pode ser estendido para sistemas embarcados, logicamente com as devidas adaptações, a fim de que dados de qualidade de uma carga de produtos agrícolas possam ser coletados ao longo de um trajeto em seu transporte. Além disso, a TDA demonstra elevado potencial no auxílio de manutenção de um sistema de conservação de alimentos, aplicada, por exemplo, a uma câmara fria.

Como trabalho futuro, pretende-se inserir todas as variáveis necessárias para o modelo da TDA, a fim de que seja possível uma simulação do sistema proposto. Deste modo, será possível realizar-se o controle das condições ambientais de uma câmara fria de uma forma rápida, inteligente e fazendo-se o uso racional da energia em processos de conservação de alimentos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem: ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, auxílio nº 161109/2013-6, ao Instituto de Transporte e Logística (ITL) pelas bolsas de doutorado concedidas, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo e à Financiadora de Estudos e Projetos pelo apoio ao projeto de desenvolvimento do Sistema Monitorar®.

REFERÊNCIAS

- [1] Weiser, M. The computer of 21st century. Pervasive Computing, 1991.
- [2] Weiser, M. "Some Computer Science Problems in Ubiquitous Computing". Communications of the ACM, July 1993. (reprinted as "Ubiquitous Computing". Nikkei Electronics; December 6, 1993; pp. 137-143.)
- [3] ITU Report. The Internet of Things. International Telecommunication Union, 2005.
- [4] Ashton, K. That 'Internet of Things' Things in the real world, things matter more than ideas. Disponível em : <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>. Junho 2009.
- [5] Giusto, D.; Iera, A.; Morabito, G.; Atzori, L. The Internet of Things, Springer, 2010.
- [6] Soundmacker, H. Vision and challenges for realising the Internet of Things. EUR-OP, 2010
- [7] Cross-ETP Vision Document. Disponível em <http://www.future-internet.eu/fileadmin/documents/reports/Cross-ETPs_FI_Vision_Document_v1_0.pdf>.
- [8] Elkhodr, M.; Shahrestani, S.; Cheung, H. The Internet of Things: Vision & Challenges. Proceeding of the IEEE Tencn Spring 2013 Conference. IEEE, February 17, 2013.
- [9] Hirai, W. G. Food Security and Sustainability. Global Social Transformation and Social Action: The role of the social workers. Social Work-Social Development, vol. 3, p.47-50, 2014.
- [10] Kawano, B.R., Mores, G.V., Silva, R.F., Cugnasca, C.E. "Estratégias para Resolução dos Principais Desafios da Logística de Produtos Agrícolas Exportados pelo Brasil". *Revista de Economia e Agronegócio*, v. 10, n. 1, p. 71-88, 2012.
- [11] Prottil, R.M.; Souza, A.B. "Diagnóstico de Tecnologia da Informação nas Cooperativas Agropecuárias do Paraná". XII Congresso do Saber-

- Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural. Ribeirão Preto, SP: Anais... 2005.
- [12] Joachin, W.; Walewski, S. Internet of Things Architecture IoT-A. Deliverable D1.4. Converged architectural reference model for the IoT, v.2.0, 2012.
- [13] Tchemra, A. H. Tabela de decisão adaptativa na tomada de decisão multicritério. Tese apresentada na Universidade de São Paulo, 2009.
- [14] José Neto, J. Um levantamento da evolução da adaptatividade e da tecnologias adaptativa. *Revista IEEE, América Latina*, v. 5, p. 496-505, 2007.
- [15] Sistema Monitorar. Disponível em: <<http://www.minotorar.net.br>>. Acesso em 01 jan de 2015.
- [16] Projeto PIPE Fapesp. Disponível em: <<http://www.fapesp.br/58>>. Acesso em 03 de jan de 2015.
- [17] Pautasso, C.; Zimmermann, O.; Leymann, F. "Restful Web Services Vs. "big" Web Services: Making the Right Architectural Decision". Proceedings of the 17th international conference on World Wide Web, v. n. p. 805-814, 2008.
- [18] Bray, T. The Javascript Object Notation (Json) Data Interchange Format. IETF, Internet Engineering Task Force. Disponível em: <<https://tools.ietf.org/html/rfc7159>>. Acesso em: 10/04/2014, 2014.
- [19] OpenSSL Software Foundation Openssl: The Open Source Toolkit for Ssl/tls. Adamstown: Disponível em: <<http://www.openssl.org>>. Acesso em: 18 ago. 2010, 2010.
- [20] Oracle Mysql Ab :: The World's Most Popular Open Source Database. Uppsala: Disponível em: <<http://www.mysql.com>>. Acesso em: 01 Ago. 2007, 2007.
- [21] Amazon Web Services. Disponível em: <<http://aws.amazon.com.pt>>. Acesso em 03 de jan de 2015.
- [22] Google Authenticator. Disponível em: <<http://support.google.com/accounts/answer/1066447?hl=pt-BR>>. Acesso em 03 de jan de 2015.
- [23] ITI – Instituto Nacional de Tecnologia da Informação. Certificado Conceitos. Disponível em: <<http://www.icpbrasil.gov.br/twiki/bin/view/Certificacao/CertificadoConceitos>>. Acesso em: Jul. 2010
- [24] GS1. The EPCglobal Architecture Framework Version 1.4. Brussels: 2010. Disponível em: <http://www.gs1.org/gsm/kc/epcglobal/architecture/architecture_1_4-framework-20101215.pdf>. Acesso em: 10 Mai. 2012
- [25] Walter, E. H. Bioquímica e Fisiologia do Desenvolvimento e Pós-colheita de Frutas e Hortaliças. Universidade Federal do Pampa, 2010.



Bruno Rógora Kawano é graduado em Engenharia Agrônoma pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo (ESALQ-USP) em 2010. Realizou intercâmbio acadêmico na École Supérieure d'Agriculture d'Angers – France em 2010. Obteve o título de mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), em 2013. Atualmente é doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica – PPGEE na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP) no Laboratório de Automação Agrícola (LAA).



Renata Maria Marè é graduada em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia Mauá (1985), mestre em Engenharia de Construção Civil e Urbana (2010) e doutoranda em Engenharia de Computação e Sistemas Digitais (desde 2013), ambos pela Escola Politécnica da USP (EPUSP). Possui MBA em Gestão Empresarial pelo Instituto Mauá de Tecnologia (2011). Suas principais áreas de pesquisas são: Sustentabilidade em Edificações, Edifícios Inteligentes, Cidades Inteligentes, Redes de Sensores para Monitoramento.



Brenda Chaves Coelho Leite possui Doutorado em Engenharia Mecânica (2003), Mestrado em Arquitetura e Urbanismo (1997) pela Universidade de São Paulo - Brasil, e graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (1979). Atualmente é Professor Doutor no Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Tem experiência na área de conforto térmico e qualidade do ar em edifícios, Sistemas de HVAC, Tecnologias para distribuição de ar pelo piso, conforto térmico individualizado e painéis radiantes; teto verde; simulação de desempenho energético de edifícios; Dinâmica de Fluidos Computacional (CFD); Sistemas de Automação e controle aplicados à climatização de ambientes.



Carlos Eduardo Cugnasca é graduado em Engenharia de Eletricidade (1980), mestre em Engenharia Elétrica (1988) e doutor em Engenharia Elétrica (1993) pela Escola Politécnica da USP (EPUSP). É livre-docente (2002) pela EPUSP. Atualmente, é Professor Associado 3 da EPUSP e pesquisador do Laboratório de Automação Agrícola (LAA) do Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais (PCS) da EPUSP. Tem experiência na área de Supervisão e Controle de Processos e Instrumentação, aplicadas a processos agrícolas e Agricultura de Precisão, atuando principalmente nos seguintes temas: instrumentação inteligente, sistemas embarcados em máquinas agrícolas, monitoração e controle de ambientes protegidos, redes de controle baseados nos padrões CAN, ISO11783 e LonWorks, Redes de Sensores Sem Fio e computação pervasiva. É editor da Revista Brasileira de Agroinformática (RBLAgro).