

A RASTREABILIDADE DA CADEIA DE TRANSPORTE DE SOJA E PROPOSTA DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO PARA GRANÉIS SÓLIDOS AGRÍCOLAS

BRUNO ROGORA KAWANO¹, RENATA MARIA MARÈ², OSVALDO GOGLIANO SOBRINHO³, ROBERTO FRAY DA SILVA⁴, CARLOS EDUARDO CUGNASCA⁵

¹ Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo (USP). Fone: (11) 3091-5366. E-mail: brkawano@gmail.com

² Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo (USP). Fone: (11) 3091-5366. E-mail: renatamare@gmail.com

³ Doutor em Engenharia Elétrica - Escola Politécnica – Universidade de São Paulo (USP). Fone: (11) 3091-5366. E-mail: ogogli@gmail.com

⁴ Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Logísticos - Escola Politécnica – Universidade de São Paulo (USP). Fone: (11) 3091-5366. E-mail: Roberto.fray.siva@gmail.com

⁵ Professor Associado 3 do Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais - Escola Politécnica - Universidade de São Paulo. Fone: (11) 3091-5366. E-mail: carlos.cugnasca@gmail.com

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO:

As cadeias de suprimentos de produtos agrícolas são essenciais para o desenvolvimento da economia brasileira. Dentre os principais produtos exportados, destacam-se os granéis sólidos agrícolas, tais como a soja em grão. A rastreabilidade de produtos agrícolas é uma exigência dos consumidores nos países desenvolvidos e diz respeito à coleta, armazenamento, transmissão e disponibilização de informações relacionadas aos produtos e processos pelos quais estes passaram. Sistemas atuais não permitem a rastreabilidade completa dos granéis agrícolas, ligando o produto final nos supermercados europeus às fazendas brasileiras. Com este objetivo, o presente artigo propõe o uso de ferramentas da TIC (Tecnologia da Informação e Comunicação), RFID (*Radio Frequency Identification*) e RSSF (Redes de Sensores Sem Fio) para a elaboração de um modelo de rastreabilidade para as cadeias de granéis agrícolas sólidos. Como resultado deste estudo, propõe-se um modelo de rastreabilidade, que utilize o SISTEMA MONITORAR[®], permitindo o acompanhamento e monitoramento, no transporte e armazenagem, dos produtos ao longo de toda a cadeia da soja, reduzindo as probabilidades de falhas humanas e tempos envolvidos com amostragem. Dessa forma, espera-se assim, aumentar a competitividade da cadeia da soja e atender às exigências dos consumidores.

PALAVRAS-CHAVE: AGRICULTURA; TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO; REDES DE SENSORES.

TRACEABILITY OF CHAIN TRANSPORTATION OF SOYBEAN AND PROPOSAL OF A MONITORING SYSTEM FOR AGRICULTURAL BULKS SOLID

ABSTRACT:

Supply chains of agricultural products are essential to the development of the Brazilian economy. Among the main exported products, we emphasize the agricultural solid bulks, such as soybeans. 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 by which they passed. Current systems do not allow full traceability of agricultural bulks, linking the final product in European supermarkets to the Brazilian farms. With this goal, this paper proposes the use of tools of ICT (Information and Communication Technology), RFID (Radio Frequency Identification) and WSN (Wireless Sensor Networks) for the development of a traceability model for agricultural solid bulks chains. As a result of this study, we propose a model of traceability, using the software SISTEMA MONITORAR[®], allowing the tracking and monitoring, transport and storage of products throughout the entire soybean chain, reducing the likelihood of human faults and time involved in sampling. Thus, it is expected to increase the competitiveness of the soybean chain and meet consumer's demands.

KEYWORDS: AGRICULTURE; INFORMATION TECHNOLOGY; SENSOR NETWORKS.

INTRODUÇÃO

Cadeias de suprimentos de grãos agrícolas como a soja, no Brasil, possuem alto impacto do transporte no preço do produto final (uma relação entre o baixo valor agregado dos produtos e o alto custo do frete por tonelada devido às grandes distâncias percorridas).

Neste sentido, Pires (2004) cita que os benefícios decorrentes de um correto gerenciamento da cadeia de suprimentos agrícolas, como redução de custos e agregação de valor aos produtos ofertados, aumentando a sua competitividade, só podem ser obtidos caso a gestão ocorra de forma sistêmica. A Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) é capaz de oferecer as ferramentas necessárias para reunir informações relevantes sobre os processos e analisá-los com o objetivo de melhorar a tomada de decisão dos diferentes agentes da cadeia, visando atingir o seu objetivo (NOVAES, 2004, BOWERSOX e CLOSS, 2006, CHOPRA e MEINDL, 2010).

A adoção da rastreabilidade em cadeias de produtos agrícolas sólidos transportados a granel, como a soja, torna-se relevante assim, neste contexto. Tecnologias como Identificação por Radio Frequência (RFID) e RSSF (Redes de Sensores Sem Fio) permitem o monitoramento, pelos diversos agentes da cadeia de transporte, da localização e do ambiente no qual o produto está inserido em cada etapa da cadeia.

Wang (2006) relata a aplicação de *tags* RFID em cadeias de suprimentos agropecuárias, ressaltando a sua utilização no transporte de cargas agrícolas e na inspeção de processos dentro de uma planta agroindustrial. Kaloxylou (2012) e Roy (2013) discutem a utilização de RSSF como forma de auxiliar os produtores rurais que utilizam agricultura de precisão, por meio da utilização de sensores como o de temperatura, velocidade do ar, pressão atmosférica, controle da irrigação, e da gestão destes dados coletados como forma de permitir o uso racional de insumos agrícolas.

Atualmente, os sistemas disponíveis não permitem o monitoramento do produto agrícola em toda a sua cadeia, sendo que um dos principais fatores é a falta de interoperabilidade dos diversos sistemas utilizados por cada agente da cadeia. Esta questão é abordada por Minbo (2013), que destaca a utilização de TIC na agricultura e fatores relacionados à interoperabilidade de sistemas.

A necessidade da adoção de rastreabilidade em cadeias de produtos agrícolas sólidos transportados a granel adiciona uma série de desafios como a necessidade de acompanhamento do produto durante as etapas de agregação e segregação da carga agrícola, a necessidade da instalação de sensores para monitoramento do ambiente no qual o produto está e a necessidade de operacionalização das tecnologias envolvidas com o modelo de rastreabilidade.

Neste trabalho, objetiva-se apresentar um modelo de rastreabilidade aplicado ao transporte da soja em grão no Brasil, que possa ser extrapolado para outros grãos sólidos. Essa rastreabilidade se inicia desde os locais de produção em campo (com monitoramento de condições ambientais), passando pelos pontos de transporte e armazenagem, e chegando até os pontos de exportação, principalmente os portos. Um modelo de arquitetura do sistema proposto, utilizando-se RFID e RSSF, é apresentado neste trabalho juntamente com um protótipo de um sistema de monitoramento

de cargas, o SISTEMA MONITORAR[®]. Este demonstra que há grande potencial da utilização desta ferramenta no transporte de soja e de outras cargas agrícolas no Brasil, permitindo que todos os agentes da cadeia possam acompanhar as cargas com precisão e segurança, garantindo uma maior competitividade em toda a cadeia.

MATERIAL E MÉTODOS

O modelo proposto neste trabalho se baseia em elementos computacionais que serão apresentados por meio de um modelo de arquitetura do sistema, utilização de TIC, *tags* de RFID, RSSF e um protótipo de um sistema de monitoramento (SISTEMA MONITORAR[®]).

No monitoramento das condições ambientais na propriedade agrícola, será considerada a aplicação de conceitos de agricultura de precisão, com a coleta, por meio de sensores inteligentes, de dados de temperatura, velocidade do ar, pressão atmosférica e umidade do ar e do solo. Fubing (2012) apresenta um modelo de controle das condições ambientais em uma propriedade agrícola, bem como a gestão destes dados para disponibilizá-los aos gestores e proprietários rurais. Esta RSSF é apresentada, neste modelo, como passível de ser interoperável com os sistemas de transporte e armazenagem e também com os sistemas de controle pelos órgãos governamentais de controle e inspeção agrícola, antes de serem exportadas nos portos.

Além disso, será considerado neste modelo o SISTEMA MONITORAR[®], que pode auxiliar na rastreabilidade de outros tipos de cargas agrícolas que necessitem de controle de temperatura umidade do ambiente dentro do qual a carga esta será transportada. Esse sistema, cujo protótipo encontra-se instalado em duas salas de aula climatizadas situadas no edifício de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP e vem operando desde 2009, apresenta os seguintes componentes:

- quatro conjuntos de três sensores cada, medindo temperatura, umidade relativa e teor de CO₂, (parâmetros relativos à qualidade do ambiente interior),
- seis conversores analógico/digitais conectados a uma rede Modbus e respectivas fontes de alimentação (um conjunto por sala);
- um gateway Modbus/Ethernet para a leitura de dados da rede de monitoramento, enviando-os a um computador local;
- um computador local destinado a executar a camada de segurança para criptografar e transmitir os dados ao servidor web remoto.

O gateway coleta os dados na rede de sensores a cada 30 s (intervalo programável), e os envia ao computador local utilizando-se da rede local do prédio. A camada de segurança executa as seguintes tarefas:

- provê um soquete TCP/IP, em endereço e porta com IP pré-definidos;
- recebe os dados e reporta a correta recepção;
- acrescenta metadados para identificar a origem dos dados.

Na Figura 1 se encontra o esquema geral do modelo proposto neste trabalho:

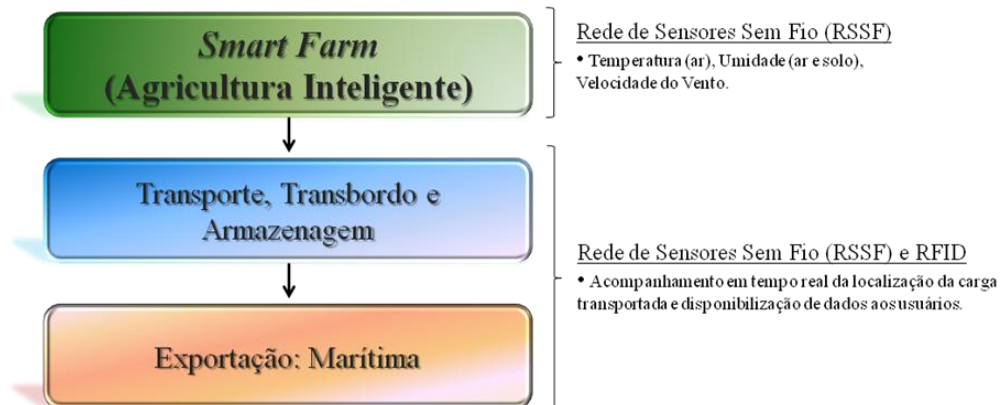


FIGURA 1. Esquema do modelo proposto e fatores envolvidos em cada etapa da cadeia.
Fonte: Elaboração dos autores

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo de rastreabilidade desenvolvido neste trabalho se propõe a atender a todas as etapas da cadeia produtiva da soja em grão para exportação. Paralelamente ele pode ser utilizado como referência para a rastreabilidade de outros grãos sólidos destinados à exportação bem como produtos de origem agropecuária que necessitem de controle de temperatura e umidade para a manutenção da qualidade no transporte.

Primeiramente será descrito o modelo de captação de dados ambientais na propriedade agrícola que é o início da cadeia produtiva. Na Figura 2, observa-se um esquema do modelo do sistema que pode ser aplicado em uma propriedade agrícola para fins de coleta de dados ambientais por meio de sensores.

Fazem parte desta etapa do sistema, sensores de temperatura do ar, umidade do solo e do ar, velocidade do vento e pressão atmosférica. Estes são então, interconectados de forma *online* cujos dados podem ser lidos manualmente, via leitor de uma *tag* passiva RFID ou transferidos para o servidor por meio de sistema *web* na internet. Estes dados são então disponibilizados pelos gestores da propriedade agrícola de forma a visualizar remotamente os dados coletados, conforme também considerados por Fubing (2011) e Zhao (2011).

Estes dados são preponderantes, pois servem de base para tomada de decisão do momento ideal para aplicação de defensivos agrícolas (agrotóxicos), pois há condições de temperatura e umidade ideais para que esta atividade ocorra de forma eficiente.



FIGURA 2. Representação do sistema na propriedade agrícola.
Fonte: Elaboração dos autores

Além disso, há mercados compradores de soja orgânica como a União Europeia que exigem a certificação CEE 2092/91 para importarem produtos de origem orgânica. Há também países que controlam a entrada de produtos agrícolas que contenham determinados insumos utilizados na propriedade agrícola no controle de pragas e doenças. Dessa forma, estes fatos permitem ressaltar a importância deste tipo de acompanhamento e controle no processo de certificação, sendo que a rastreabilidade é um de seus requisitos.

Este modelo é desenvolvido de forma que todos os sistemas envolvidos possam ser interoperáveis, ou seja, o sistema de acompanhamento e coleta de dados na propriedade agrícola está conectado na mesma rede que os sistemas de acompanhamento no transporte de carga agrícola e também quando esta chega ao porto para ser inspecionada.

A Figura 3 representa a arquitetura do modelo proposto, na qual foi destacada a etapa dentro da propriedade agrícola. No entanto, pode ser observado nesta figura, que este sistema se conecta com os outros sistemas, como o de transporte (acompanhamento da localização em tempo real da carga) e também o de locais de armazenagem, como os silos. Os dados coletados pela RSSF são transmitidos, neste modelo, via *Bluetooth* ou por protocolo de comunicação *ZigBee* até a Rede de Telecomunicação e Transporte de Dados. Estes são então transferidos até o servidor local da rede (*Data Base Server*), que por sua vez se encontra conectado à rede de dados do transporte até o porto, e também do transporte marítimo durante a exportação. Em todos os sistemas há servidores que se comunicam e podem ser acessados pelos usuários autorizados por diversas interfaces de toda a cadeia produtiva, de modo a garantir a transparência da rastreabilidade.

Uma das vantagens de se utilizar as RSSF é que, segundo Wilson (2004), não há ligação física entre os dispositivos (ou nós) sensores. Outras vantagens são a de evitar problemas de infraestrutura advindos do uso de fios e cabos, como no caso das redes de sensores comuns, aumentar a velocidade na transmissão de informações, permitindo a obtenção de informações em tempo real e até mesmo via internet, e a possibilidade de automação do processo de coleta e transmissão de informações.

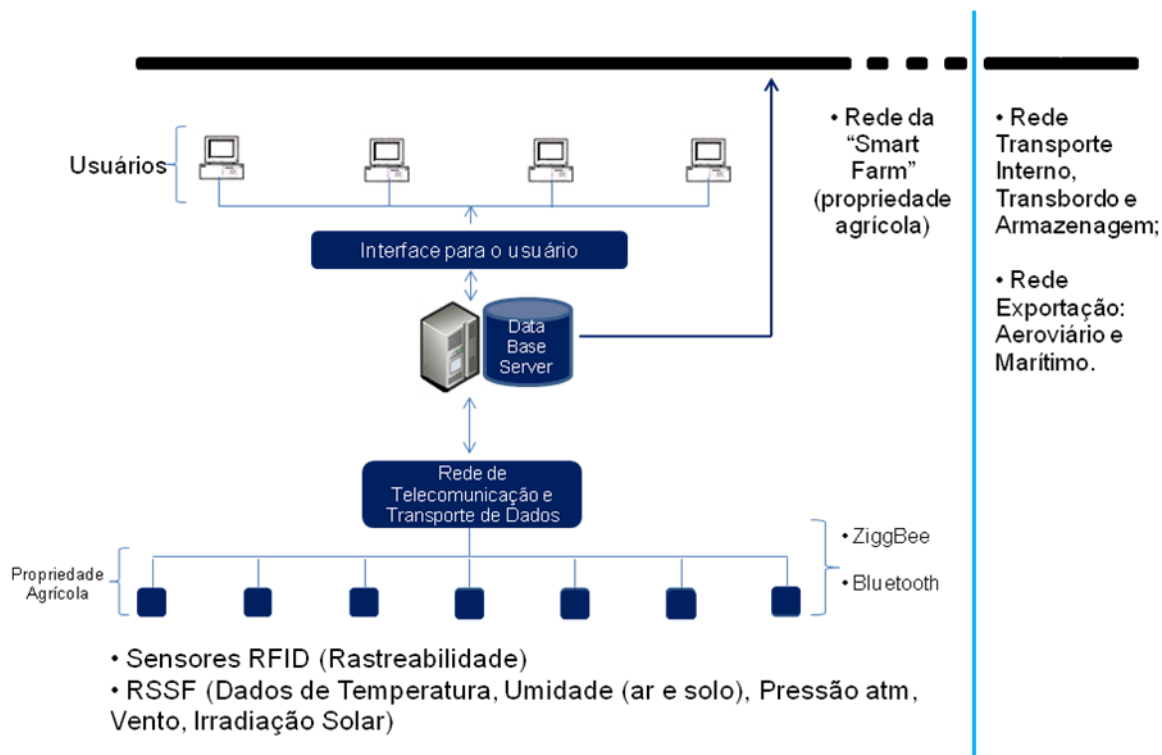


FIGURA 3. Representação do sistema na propriedade agrícola.

Fonte: Elaboração dos autores

Trabalhos semelhantes foram conduzidos por Timm-Giel *et al* (2006) em que desenvolveram um sistema baseado em RFID e RSSF que utiliza um modem no caminhão para transmitir as informações coletadas para uma plataforma *web*, na qual estas podem ser acessadas. Li, Kehoe e Drake (2006) apresentaram um modelo matemático que utiliza as informações captadas por um sistema composto por RFID e RSSF para estabelecer a qualidade e o preço final dos produtos.

A Figura 4 representa de forma abrangente o caminho que o produto segue desde seu local de produção na propriedade rural exportadora da soja, passando pela etapa de transporte até chegar ao ponto de controle de inspeção pelos órgãos governamentais, geralmente localizados nas zonas portuárias.

O processo legal e documental, neste modelo, pode ser simplificado de forma que todos os dados do produto já se encontram disponíveis no sistema central de dados hospedado na internet. Assim, processos de liberação de carga que envolvem horas de espera podem ser reduzidos a minutos. Dias (2012) apresenta em seu trabalho, um sistema de rastreabilidade de carne bovina que é semelhante ao aqui referido, no entanto este não é capaz de garantir a procedência de um produto como a soja em grão devido às particularidades da cadeia.

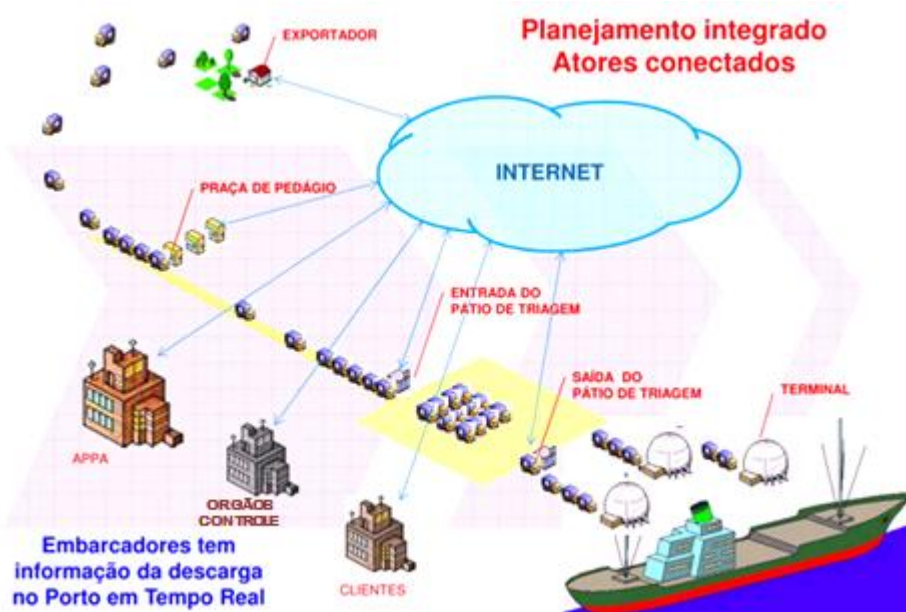


FIGURA 4. Exemplo de acompanhamento de grãos agrícolas em zona portuária.
Fonte: Adaptado de MAPA (2012)

Já o SISTEMA MONITORAR[®] pode auxiliar na rastreabilidade de grãos sólidos agrícolas que necessitem de acompanhamento de fatores de qualidade que dependam do controle da temperatura e umidade do ar no ambiente em que estão sendo transportados. Este sistema pode ser incorporado neste modelo de rastreabilidade de modo a ampliar seus horizontes de aplicação em diversas cadeias agrícolas.

Este sistema de monitoramento operado remota e continuamente, e permite o acompanhamento de variáveis diversas, como temperatura e umidade relativa do ar. Ele é capaz de fornecer histórico de informações relevantes ao longo das cadeias de suprimentos sendo, portanto, um importante suporte à rastreabilidade no setor.

Segundo Violino (2012), neste contexto os sistemas de rastreabilidade permitem que se obtenham informações relevantes de naturezas diversas, que poderão inclusive servir de base para a atribuição de responsabilidades, inclusive judiciais, ao longo da cadeia de suprimentos oferecendo, assim, maior qualidade de serviço aos seus usuários e, portanto, maior satisfação.

O sistema de monitoramento possibilita a utilização de sensores de fabricantes distintos e tecnologias diversas. O portal destinado à consulta dos dados pelos usuários autorizados encontra-se hospedado em um servidor *web*. Em relação aos aspectos de segurança, foram implementados:

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.

Encontra-se em fase de implementação a não-repudição de origem dos dados. Este nível de segurança implica na assinatura digital dos pacotes de dados, utilizando-se certificados digitais emitidos por autoridade certificadora pertencente à estrutura da ICP-Brasil (INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO, 2010).

Tanto cliente como prestador de serviço necessitam implementar estes certificados. Desta maneira, é possível a utilização da tecnologia XML-Dsig (WORLD WIDE WEB CONSORTIUM, 2009) para a codificação e assinatura dos dados em conteúdos XML, a serem transmitidos pelos *web services*.

As Figuras 5 e 6 ilustram a interface de apresentação dos dados (customizável), que podem ser selecionados por dia/mês/ano, intervalo horário, ambiente, sensor(es) e grandeza. *Dashboards* apresentam os valores das últimas leituras das grandezas monitoradas e, além disso, pode-se realizar o *download* de planilhas eletrônicas contendo todas as medições dentro de um período selecionado (histórico de dados). Têm-se também gráficos nos quais é possível a visualização de conformidade de variáveis com normas pertinentes, tanto em valores (faixa verde do gráfico à esquerda) como em porcentagem do tempo (gráfico inferior à direita). Podem ser implantados alarmes relativos a eventos indesejados (valores críticos), tanto por SMS como e-mail, sendo direcionados aos responsáveis pelos ambientes e/ou, neste caso, diretamente ao sistema de climatização. Este recurso possibilita que se corrijam, no período mais curto possível, condições ambientais inadequadas, sem comprometimento da saúde e produtividade dos ocupantes dos locais monitorados e/ou da qualidade dos produtos ali armazenados.

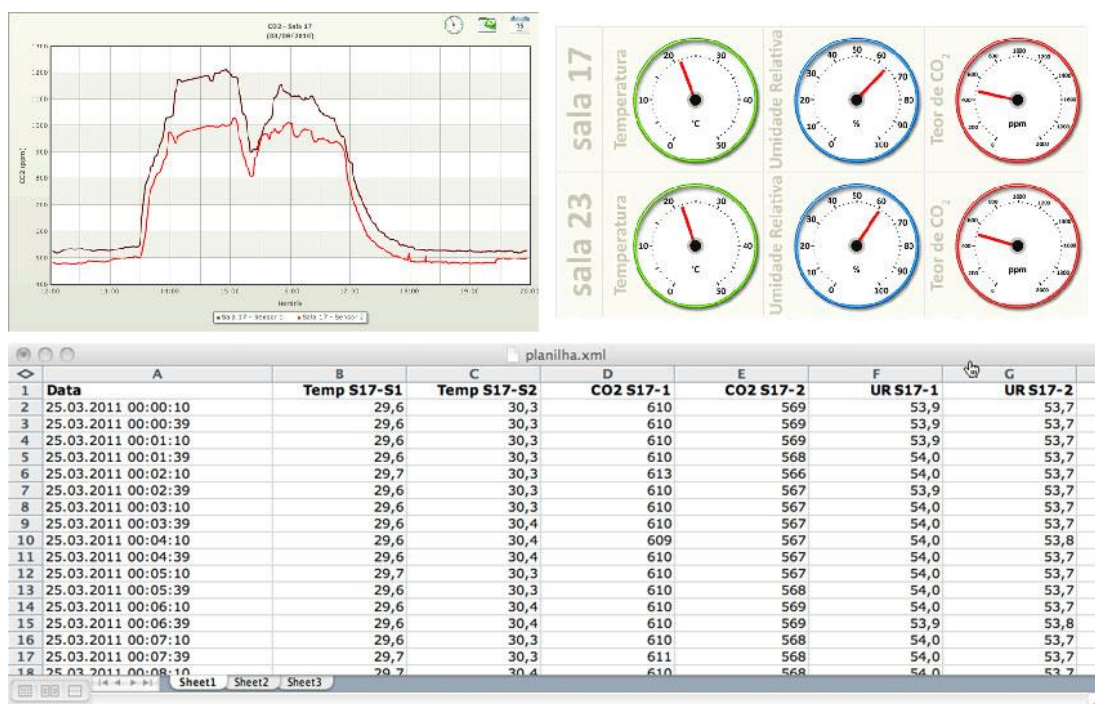


FIGURA 5. Apresentação dos dados por meio de gráficos, *dashboards* e planilhas.
Fonte: SISTEMA MONITORAR®



FIGURA 6. Apresentação dos dados indicando conformidade em valor e porcentagem.
Fonte: SISTEMA MONITORAR[®]

Outra característica deste sistema é que seus dados armazenados e que geram um histórico, podem ser exportados para sistemas externos relativos à rastreabilidade, inclusive sistemas compatíveis com a arquitetura EPCglobal[®] (GS1, 2010).

CONCLUSÕES

Apresentou-se o desenvolvimento e concepção do modelo de rastreabilidade proposto, que aspira atender não somente à cadeia produtiva da soja voltada à exportação como também outras cadeias agrícolas. Esta característica de escalabilidade é conferida principalmente pela arquitetura do sistema proposto, que possui características de interoperabilidade. Pode-se concluir também que as tecnologias de RFID e todas as funcionalidades das RSSF, juntamente com TIC na agricultura podem contribuir significativamente para uma melhor gestão de recursos e insumos agrícolas em culturas como a soja.

Isso vai ao encontro de uma agricultura inteligente que seja eficiente e capaz de competir com grandes produtores e exportadores. Destaca-se que é necessária ainda, uma maior difusão destas tecnologias no ambiente rural e por todos os agentes da cadeia produtiva agrícola, de forma a ampliar a conscientização de que sistemas como este podem ser úteis, aumentando as receitas geradas e reduzindo custos em seus negócios.

AGRADECIMENTOS:

Os autores agradecem o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), auxílio nº 161109/2013-6, da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), auxílio nº 2012/50461-1 e 2013/50085-2 e da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP).

REFERÊNCIAS

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J.; COOPER, M. B. Gestão Logística de Cadeias de Suprimentos. Porto Alegre: Bookman, 2006.

CEE 2092/91. Regulamento (CEE) nº 2092/91 do Conselho, de 24 de Junho de 1991.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation. New Jersey: Prentice-Hall, Inc. 2010.

DIAS, M. L. R. Cadeia logística segura brasileira: suprimento internacional de carne bovina industrializada e rastreabilidade. Dissertação de mestrado apresentada na Universidade de São Paulo, 2012.

FUBING. Research on the agriculture intelligent system based on IOT. International Conference on Image Analysis and Signal Processing (IASP) – China, p. 1-4, Nov, 2012.

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: 29 Mai. 2012.

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.

KALOXYLOS, A.; EIGENMANN, R.; TEYE, F.; POLITOPOULOU, Z.; WOLFERT, S.; SHRANK, C.; DILLINGER, M.; LAMPROPOULOU, I.; ANTONIOU, E.; PESONEN, L.; NICOLE, H.; THOMAS, F.; ALONISTIOTI, N.; KORMENTZAS, G. Farm management systems and the Future Internet era. Computers and Electronics in Agriculture, 89, 130–144, 2012.

LI, D.; KEHOE, D.; DRAKE, P. Dynamic planning with a wireless product identification technology in food supply chains. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, n. 30, 2006, pp. 938-944.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_tematicas/Infraestrutura_e_logistica/29RO/CTLOG%20Novembro%202012%20Final.pdf>. Acesso em janeiro de 2014.

NOVAES, A.G. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição. 2º ed. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 2004.

PIRES, S. R. I. Gestão da cadeia de suprimentos: Conceitos, estratégias, práticas e casos. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2004. 310 p.

RODRIGUES, M.; CUGNASCA, C. E.; FILHO, A. P. Q. Rastreamento de Veículos. 1ª. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 124 p. ISBN 978-85-86238-87-1

ROY, S.; BANDYOPADHYAY, S. A Test-bed on Real-time Monitoring of Agricultural Parameters using Wireless Sensor Networks for Precision Agriculture, First International Conference on Intelligent Infrastructure the 47th Annual National Convention at Computer Society of India CSI, 2013.

TIMM-GIEL, A.; KULADINITHI, K.; BECKER, M.; GÖRG, C. Wireless sensor networks in wearable and logistic application. In: 15th IST Mobile & Wireless Communication Summit, Greece, 2006.

VIOLINO, B. Global Logistics Company Monitors Shipments' Temperatures. Disponível em: <<http://www.rfidjournal.com/article>>. Acesso em: 15 Nov. 2012.

WANG, N.; ZHANG, N.; WANG, M. Wireless sensors in agriculture and food industry -Recent development and future perspective. Computers and Electronics in Agriculture, 50, 1–14, 2006.

WILSON, J. S. Sensor technology handbook. Newnes, 2004. ISBN 0080480845.

WORLD WIDE WEB CONSORTIUM. XML Signature Syntax and Processing (Second Edition). Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/xmlsig-core/>>. Acesso em: 01 Mar 2009.

ZHAO, J.; ZHANG, J.; FENG, Y.; GUO, J. The Study and Application of the IOT Technology in Agriculture. International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation - IEEE, vol II, China, 2011.