

Monitoramento on-line de umidade do solo com auxílio de Rede de Sensores Sem Fio

Tiago José Pasioka¹, Fauzi de Moraes Shubeita¹, Marcos Caraffa¹

¹Bacharelado em Sistemas de Informação, Faculdade Três de Maio (SETREM), Três de Maio, Rio Grande do Sul, Brasil, tiagopasioka@gmail.com, shubeita@terra.com.br, garrafa@setrem.com.br

RESUMO

Em propriedades rurais, a atividade de irrigação é uma tecnologia em crescente uso para garantir a sustentabilidade das plantas em seus estádios de crescimento e aumentar a produtividade em períodos de seca, considerando que preservar e racionalizar a água são ações fundamentais. Baseado nesse princípio, o estudo utilizou como tecnologia de base uma Rede de Sensores Sem Fio (RSSF), ligada a um sensor de coleta de umidade do solo em área cultivada com milho, possibilitando a tomada de decisão sobre quando e quanto irrigar uma determinada área. No entanto, a coleta dos dados da RSSF é armazenada em arquivo CSV no computador interligado com a rede de sensores, impossibilitando o acesso remoto dos dados. Todavia, para fazer a análise dos dados de forma *on-line* foi desenvolvido um *Web Service* que, por meio de uma comunicação de Internet, possa transferir os dados coletados para uma base de dados apropriada. Percebendo que a umidade de solo se dava em umidade volumétrica e a demanda hídrica do milho (cultura utilizada como referência) em consumo de mm/dia, foi necessário chegar a um denominador comum, com base em análise de solos, para assim possibilitar comparativos do real/ideal. Dessa forma, o estudo possibilitou desenvolver uma aplicação *Web* capaz de comparar os valores (ideal/real) de umidade do solo, permitindo a tomada de decisão de quando e quanto irrigar uma determinada cultura, podendo reduzir custos e principalmente a água utilizada na atividade de irrigação.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas de Informação, Rede de Sensores Sem Fio, Irrigação.

ABSTRACT

In farms, the irrigation activity is a technology in growing use to ensure the sustainability of plants on the growth stage and increase the productivity on dry periods, considering that preserve and rationalize water are fundamental actions. Based on this principle, the study used

a Network of Wireless Sensors (RSSF) as a base technology, where it was connected to a sensor that collect the soil moisture in an area under corn, enabling decision making about when and how much to irrigate an area. However, the RSSF data collection is stored on a CSV file in a computer connected to the sensor network, preventing the remote access to the data. Though, to make the online data analysis, was developed a Web Service which, using Internet Connection, can transfer the collected data to an appropriate database. Realizing that soil moisture was given in volumetric moisture and the hydro demand of the corn (crop used as a reference) in consumer by mm/day, was necessary come to a common denominator, based in the soil analysis, thus enabling real comparison/ideal. That way, the study allowed the development of a web application able to compare the values (ideal/real) of soil moisture, enabling decision making of when and how much to irrigate a crop, can reduce costs and especially the water used in the activity of irrigation.

KEYWORDS: Information Systems, Sensor Wireless Network, Irrigation.

INTRODUÇÃO

No âmbito da sustentabilidade relacionada à água, campanhas estão sendo divulgadas incessantemente pela mídia, fazendo com que pessoas se conscientizem da importância de se racionalizar o uso deste elemento natural cada vez mais escasso, principalmente em áreas agropecuárias, que segundo a Organização das Nações Unidas *apud* Empresa Brasil de Comunicação - EBC (2015), mais de 70% da água do planeta é consumida pela irrigação para produção de grãos.

No entanto, como a produção de alimentos também tem sua importância, propriedades rurais ampliam o uso da irrigação como tecnologia capaz de garantir a sustentabilidade das plantas em seus estádios de crescimento e aumentar a produtividade em períodos de seca. Neste contexto, deve se considerar que, segundo a Reunião Técnica Anual do Milho e Sorgo (2011), um manejo adequado da irrigação pode alcançar resultados significativos em termos de racionalização do uso da água.

Baseado neste princípio, o estudo objetivou o desenvolvimento de um aplicativo capaz de monitorar informações de umidade do solo coletadas por meio de uma Rede de Sensores Sem Fio (RSSF) em um ambiente agrícola com foco para áreas irrigadas. Com esse monitoramento torna-se possível identificar a área com necessidade de irrigação bem como a quantidade demandada (por estágio fenológico da cultura cultivada), reduzindo custos e principalmente o consumo de água.

MATERIAL E MÉTODOS

No estudo foi utilizada a tecnologia de Rede de Sensores Sem Fio (RSSF) e sensores de umidade de solo, para assim desenvolver uma aplicação *Web* que permite confrontar a umidade coletada com a ideal de uma determinada cultura: o milho.

RSSF

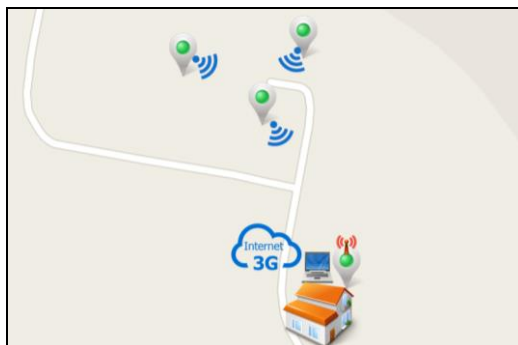
Uma rede de sensores tem por finalidade de enviar informações via radiofrequência, que possibilite baixo custo de implantação e consumo de energia, sendo classificada como uma subclasse das redes sem fio *ad hoc* (dispositivos se comunicando com o próprio sinal enviado). Segundo Oliveira (2006), uma RSSF se constitui de *Micro-Eleto-Mechanical Systems* (MEMS) que são tecnologias de micro sistemas eletromecânicos, ou seja, *hardwares* de pequeno porte e com baixo consumo de energia.

As RSSF possuem algumas características bem definidas, que segundo Cordeiro e Agrawal (2002) *apud* Shubeita e Vit (2010), são as seguintes: topologia dinâmica que tem a capacidade de se adaptar seu roteamento para envio dos dados coletados; banda limitada, pois pelas normas essa frequência de transmissão é baixa, algo que não influencia nas ondas de frequência mais altas, possibilitando seu uso de forma que não necessite nenhuma regulamentação; energia limitada, pois os sensores podem estar em ambientes fora de alcance de energia constante, dependendo somente de baterias; vulnerabilidade de segurança, pois como o sinal está exposto ao ar livre se torna mais vulnerável na questão de interferência do sinal, acontecendo perdas ou roubo de dados; e rede descentralizada, tornando a rede mais robusta, uma vez que na perda de um dos pontos da rede, há outros caminhos alternativos para envio das informações.

A RSSF utilizada no estudo foi fornecida por uma empresa parceira do projeto, que já atua no mercado nacional com a comercialização de sensores de umidade de solo.

A Figura 1 demonstra uma simulação da RSSF proposta no estudo.

Figura 1 – Simulação da RSSF



Conforme a Figura 1, percebe-se que na simulação há três antenas em uma área, estas se comunicando e transferindo os dados para uma antena principal, armazenando-os em um computador conectado à antena principal, para a partir deste instante analisar os dados e tomar decisões.

Cultura do Milho

No estudo, a cultura utilizada como base de testes foi o milho, uma das culturas que muitos utilizam da irrigação, para garantir sua produtividade. Cruz *et al.* (2008), afirmam que em um clima frio, o tempo de germinação da semente pode chegar entre duas a três semanas, enquanto em clima mais quente e solo úmido chega aproximadamente a 7 dias.

Cada parte desse processo de desenvolvimento da cultura é conhecida como estágio fenotípico, demonstrando as fases que a cultura passa para chegar ao grão totalmente maduro. Todos os estádios têm suas peculiaridades específicas (raiz, tamanho, folhas, florescimento, grãos), sendo assim, a demanda hídrica de cada estágio varia conforme suas características e fator climático de uma determinada região.

Na Tabela 1, publicações da 56º Reunião Técnica Anual de Milho e 39º Reunião Técnica Anual de Sorgo (2011) na cidade de Ijuí, região noroeste do Rio de Grande do Sul (RS), demonstra os estádios fenótipos do milho com suas respectivas demandas hídricas.

Tabela 1 – Necessidade Hídrica do Milho

Estádios	Época de Semeadura					
	Setembro		Outubro		Novembro	
	ETm mm Total	ETm mm/dia	ETm mm Total	ETm mm/dia	ETm mm Total	ETm mm/dia
S - E	16	1,7	14	2,1	18	2,8
E - 30d	80	2,7	92	3,1	128	4,3
30d - P	180	4,9	162	5,3	174	5,6
P - ML	120	5,7	174	6,6	86	5,1
ML - MF	174	4,0	130	4,2	135	3,6
S - MF	570	4,0	572	4,6	541	4,4

ETm – evapotranspiração máxima; S – semeadura; E – emergência; 30d – 30 dias após a emergência; P – início pendoamento; ML – maturação leitosa; MF – maturação fisiológica

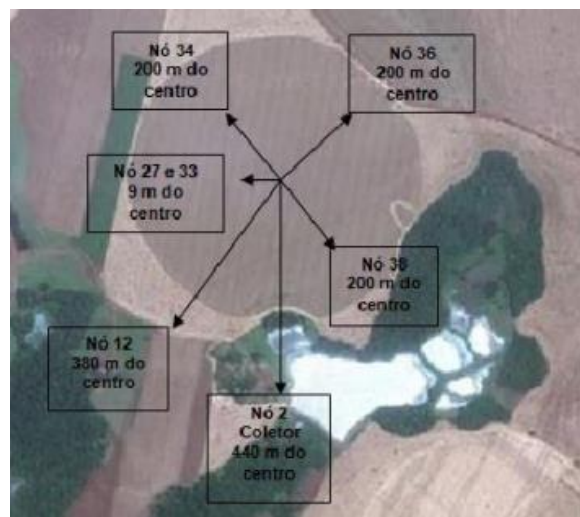
Fonte: (MATZENAUER *et al.* 2002 apud 56º REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE MILHO e 39º REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE SORGO, 2011, p. 38)

Os valores apresentados na Tabela 1 são referentes a diferentes épocas de plantio no Estado do Rio Grande do Sul.

Metodologia

A RSSF já possui um cenário aplicado em uma área agrícola com irrigação por pivô, cenário este realizado (SHUBEITA e VIT, 2010) na cidade de Independência – RS na localidade de Esquina Araújo, onde o objetivo principal dos autores foi analisar o comportamento da rede em ambientes específicos de irrigação, levantando seus pontos fracos e pontos fortes. A Figura 2 demonstra a área de estudo em que foi aplicado pelos autores.

Figura 2 - Cenário de distribuição da RSSF.



Fonte: (SHUBEITA e VIT, 2010)

Conforme demonstração da Figura 2, o “Nó 2” representa a antena principal, ou seja, a antena que recebe todas as leituras das outras antenas. Esses dados que chegam até a antena principal, necessitam ser armazenados, para tanto, essa antena é conectada a um computador. Por meio de um *software* específico da rede, instalado no computador, os dados recebidos são armazenados em arquivo físico com extensão .csv (*Comma Separated Values*). Uma vez armazenados estes dados, ocorre dificuldade em monitorar as informações em tempo real, isso sem levar em consideração a mobilidade para acesso aos mesmos.

No intuito de equacionar a questão, objetivou desenvolver um serviço, que por meio de uma conexão de Internet, permite a transferência dos dados do computador para um banco de dados apropriado, possibilitando o desenvolvimento de uma aplicação web para relacionar o real (coletado pelos sensores) com o ideal (demanda hídrica por estágio fenológico de uma determinada cultura), sugerindo quando e quanto irrigar.

Para tanto, foi utilizada a abordagem quali-quantitativa para selecionar requisitos necessários aos sistemas, para assim comparar os dados gerados pelos sensores com a

demanda ideal de cada estágio fenológico da cultura do milho. Em conjunto ao procedimento experimental (testes com a RSSF e os sistemas desenvolvidos), utilizou-se das técnicas de coleta a documentação indireta (levantamento da demanda hídrica do milho) e a observação indireta intensiva (acompanhamento de todo o processo de coleta dos dados pela rede de sensores).

A RSSF e os sensores de umidade foram instalados na Área Experimental de uma Instituição de ensino na cidade de Três de Maio – RS, junto a uma pequena amostra de cultivo do milho, como demonstra a Figura 3.

Figura 3 – Área utilizada no estudo



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a RSSF em operação, o intervalo de coleta configurado foi a cada 5 minutos (o máximo permitido é de 15 minutos) sendo estes armazenados em arquivo físico em um computador interligado à rede de sensores. No entanto, para o objetivo do estudo ser concretizado (monitorar *on-line*), foi necessário desenvolver um serviço, que por meio de uma conexão de Internet, possa transferir os respectivos dados para uma base de dados de processamento remoto.

Transferindo e analisando os dados coletados pela rede de sensores, se deparou com a seguinte situação: a unidade de medida da umidade do solo captado pelo sensor foi em umidade volumétrica, já a demanda hídrica do milho se dá em mm/dia, tornando inviável a solução pelo fato de impossibilitar o comparativo entre o real e ideal para assim determinar quando e quanto irrigar.

Para tanto, com a necessidade de chegar a um denominador comum, foi necessário realizar testes em laboratório de solos para determinar a real umidade contida no solo e assim transformar a unidade de “mm” para umidade volumétrica.

Dessa forma foi determinado que em 30 cm² por 30 cm de profundidade (espaço que o sensor utiliza para calcular a umidade volumétrica) havia 34.02 mm (34.2 litros) de água. No mesmo instante da coleta, o sensor marcava 46% de umidade. Aplicou-se a “regra de três”, multiplicando a demanda hídrica de cada estágio por 46%, dividindo o resultado por 34.02. Mas, informações obtidas junto ao Laboratório de Solos, dizem que por mais seco que seja o solo, sua umidade volumétrica será, em média, ainda 20%, ou seja, quando se inicia o ponto de murcha (as raízes não conseguem mais absorver água do solo). Assim, para determinar a umidade volumétrica ideal para atingir a demanda hídrica da cultura, foi necessário somar o percentual calculado a estes 20%.

Com o estabelecimento desta correlação de dados possibilitou o desenvolvimento do *software* capaz de comparar a umidade ideal em cada estágio fenotípico com a coletada pelo sensor. Esta aplicação foi desenvolvida com linguagem de programação C#, utilizando da ferramenta *Visual Studio* e banco de dados *SQL Server*, onde o *layout* da *software* é de modo responsivo, ou seja, site se adapta de acordo com o dispositivo em que estas acessando.

Software de monitoramento

A partir de uma autenticação na aplicação, o usuário administrador, primeiramente necessita cadastrar as culturas, com seus respectivos estágio fenológicos e demanda hídrica, como demonstra a Figura 4.

Figura 4 – Cadastro de demanda hídrica

Cultura *

Descrição do período *

Mês de plantio *

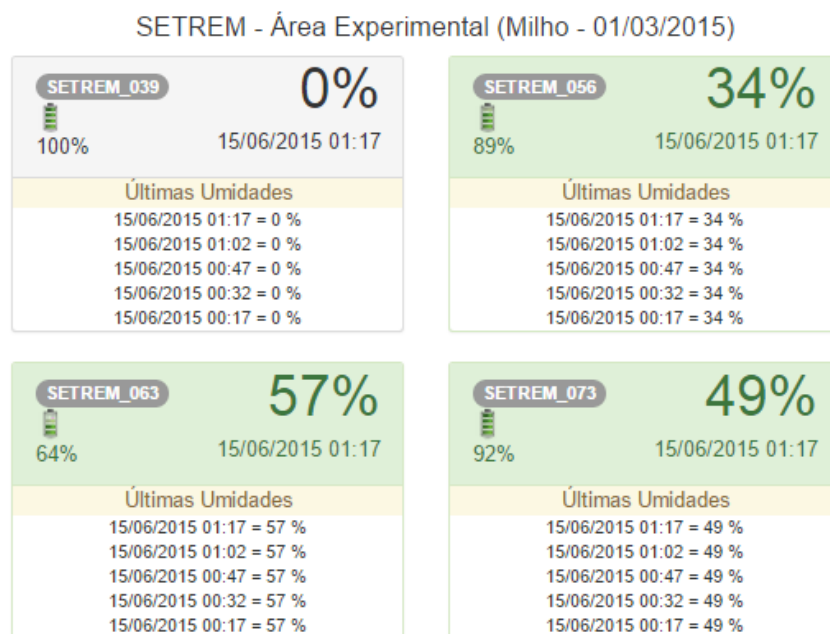
Necessidade Hídrica

Estádio	Dias após o plantio	ml/dia	% de umidade mínima
S - E	7	<input type="text" value="1,7"/>	<input type="text" value="?"/>
E - 30d	30	<input type="text" value="2,7"/>	<input type="text" value="?"/>
30d - P	68	<input type="text" value="4,9"/>	<input type="text" value="?"/>
P - ML	80	<input type="text" value="5,7"/>	<input type="text" value="?"/>
ML - MF	123	<input type="text" value="4,0"/>	<input type="text" value="?"/>
MF - C	150	<input type="text" value="0,0"/>	<input style="border: 2px solid #00aaff;" type="text" value="?"/>

Com as demandas hídricas parametrizadas no sistema, é permitido realizar o cadastro das antenas da RSSF, identificando cada uma delas com algumas características: o código, o agricultor responsável pela área, a cultura a ser monitorada e a localização geográfica (latitude e longitude), para que a partir dessas informações, os dados coletados pela rede sejam armazenados de forma correta e assim acompanhar *on-line*.

Com todas as parametrizações necessárias informadas no sistema, a RSSF em atividade e o serviço transferindo os dados, possibilita-se acompanhar os dados que estão sendo coletados. O sistema permite que os próprios agricultores e agrônomos possam monitorar as coletas, para assim tomarem as devidas decisões. A Figura 5 demonstra o monitoramento de uma área com três sensores de umidade de solo, cada uma com diferentes características de solo (compactação, tipo de solo, porosidade).

Figura 5 – Monitoramento on-line



Para auxiliar na tomada de decisão, o sistema sugere o quão ideal está a umidade do solo, isto porque sabe-se em qual estágio fenotípico se encontra o cultivo (baseado na data de plantio com o período de duração de cada estágio) e também qual sua umidade volumétrica ideal.

Quando um quadro está em cor verde, a umidade do solo está bem acima do ideal (sem a necessidade de irrigar); quando estiver em cor amarela, a umidade está se aproximando do mínimo ideal necessário (necessidade de irrigar); quando em vermelho, a umidade está abaixo do mínimo ideal (irrigar o mais breve possível).

Como a RSSF é alimentada por baterias (pilhas alcalinas), permite-se ainda acompanhar o percentual de carga, monitorando quando há necessidade de serem trocadas, para não comprometer a coleta dos dados (essa carga pode durar até três meses, dependendo das configurações da rede).

Sistema Irriga

Comparativamente, a solução proposta neste trabalho tem muitas semelhanças com o Sistema Irriga, tecnologia desenvolvida e comercializada pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) – RS. Segundo o site do Sistema Irriga (2014), o projeto tem por objetivo recomendar quando e quanto de água deve ser aplicado em cada irrigação, sendo que esta demanda está parametrizada pelos seguintes fatores: aspectos agronômicos da cultura irrigada, características físico hídricas do solo, dados meteorológicos do local e do método e/ou sistema de irrigação utilizado.

O diferencial do presente estudo ao do Irriga está na coleta de dados por meio de sensores inseridos no solo em pontos pré-determinados dentro da área de plantio. A vantagem dos sensores no solo é fazer uma coleta e posterior análise com maior precisão, uma vez que o sistema Irriga usa dados de estações meteorológicas, gera-se uma incerteza no momento de decidir sobre irrigar ou não. Um exemplo dessa incerteza é saber se determinada quantidade de chuva medida pela estação meteorológica de fato cobriu toda a área de lavoura observada.

CONCLUSÕES

A prática de irrigação de culturas em grandes ou até mesmo em pequenas propriedades vem se ampliando, pois governos estão auxiliando os produtores rurais com financiamentos para estruturar um projeto de ambiente irrigado. Sabe-se que um bom manejo durante todo o processo garante uma economia quanto ao uso da água e energia além dos custos de manutenção.

Com o manejo de irrigação atualmente realizado com pouco auxílio de tecnologias (necessitando variados cálculos para determinar o momento e a quantidade de água para a irrigação, sem levar em consideração a real demanda que a cultura necessita), alternativas são bem vindas para automatizar todo esse processo preocupando-se com a sustentabilidade.

Dessa forma, o presente estudo propôs uma alternativa tecnológica para o manejo da irrigação em relação à água utilizada no processo, disponibilizando dados de umidade de solo (da área irrigada) de forma *on-line*, com auxílio de Redes de Sensores Sem Fio, permitindo

tomar as decisões de quando e quanto irrigar em um determinado estágio fenotípico de uma cultura, garantindo sua produtividade com menor impacto ambiental.

REFERÊNCIAS

EBC, Empresa Brasil de Comunicação. Agricultura é quem mais gasta água no Brasil e no mundo. Disponível em: <<http://www.ebc.com.br/noticias/internacional/2013/03/agricultura-e-quem-mais-gasta-agua-no-brasil-e-no-mundo/>>. Acesso em: 10 mai. 2015.

CRUZ, José Carlos; et al. A cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008.

OLIVEIRA, Etienne César Ribeiro de. Avaliação de protocolos para redes de sensores e redes ad hoc aplicados à TV digital interativa e cidades digitais. Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

SISTEMA IRRIGA. Sistema Irriga Tecnologia UFSM. Disponível em: <<http://www.irrigabem.com.br/index.php?secao=home/>>. Acesso em: 20 jun. 2014.

SHUBEITA, Fauzi de Moraes; VIT, Antônio de. Avaliação de uma Rede de Sensores Sem Fio Aplicado à Agricultura de Precisão. Monografia (Mestrado em Ciência da Computação), Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, 2010.

REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE MILHO, 56; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE SORGO, 39. Indicações técnicas para o cultivo do milho e do sorgo no Rio Grande do Sul: Safras 2011/2012. Porto Alegre: Fepagro, 2011.