

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS ARAGUATINS
CURSO SUPERIOR DE LICENCIATURA EM COMPUTAÇÃO

RAFAEL PEREIRA FILGUEIRAS

SAGIR - SISTEMA AUTONÔMICO DE GERENCIAMENTO DE IRRIGAÇÃO

ARAGUATINS-TO
2017

RAFAEL PEREIRA FILGUEIRAS

SAGIR - SISTEMA AUTONÔMICO DE GERENCIAMENTO DE IRRIGAÇÃO

Projeto Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Licenciatura em Computação, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – Campus Araguatins, para a obtenção do grau de Licenciado em Computação.

Orientador: Prof. Me. Ramásio Ferreira de Melo.
Co-Orientador: Prof. Me. Rogério Pereira de Sousa.

ARAGUATINS-TO
2017

Filgueiras, Rafael Pereira

SAGIR - Sistema Autonômico de Gerenciamento de Irrigação / Rafael Pereira Filgueiras. – Araguatins, 2017. 41 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Computação) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – Campus Araguatins, 2017.

Orientador (a) Prof. Me. Ramásio Ferreira de Melo

1.Computação Autonômica 2.Irrigação 3.Módulo Autonômico

RAFAEL PEREIRA FILGUEIRAS

SAGIR - SISTEMA AUTONÔMICO DE GERENCIAMENTO DE IRRIGAÇÃO

Projeto Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Licenciatura em Computação, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – Campus Araguatins, para a obtenção do grau de Licenciado em Computação.

Orientador: Prof. Me. Ramásio Ferreira de Melo.
Co-Orientador: Prof. Me. Rogério Pereira de Sousa.

Aprovado em ____/____/_____

BANCA EXAMINADORA

_____
Prof. Me. Ramásio Ferreira de Melo (Orientador)
IFTO – Campus Araguatins

_____
Prof. Esp. José Mendes de Menezes Júnior
IFTO – Campus Araguatins

_____
Prof. Me. Ancelmo Frank Coelho Castro
IFTO – Campus Araguatins

Dedico este trabalho a todos que colaboraram para que essa longa trajetória se consolidasse com sucesso. Obrigado a toda minha família, em especial a minha mãe Raimunda Pereira Filgueiras, a minha avó Maria dos Santos Pereira Filgueiras, ao Orientador Prof. Me. Ramásio Ferreira de Melo, ao Co-Orientador Prof. Me. Rogério Pereira de Sousa e a acadêmica Rosivânia Rodrigues Batista.

AGRADECIMENTOS

À Deus por oportunizar essa conquista, por ter me concedido força suficiente na busca deste objetivo. Agradeço também à toda minha família por estar sempre incentivando, acreditando na minha capacidade e pelo apoio nos momentos de precisão nessa longa caminhada.

Ao meu Orientador Prof. Me. Ramásio Ferreira de Melo, ao Co-Orientador Prof. Me. Rogério Pereira de Sousa e ao Prof. Me. Josenilson Dias Araújo, pelas orientações nos momentos de dúvidas que surgiam durante período de pesquisa e escrita deste trabalho, por incentivar nos momentos de dificuldade e indecisão sobre diversos tópicos no desenvolvimento do sistema.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – Campus Araguatins por proporcionar essa oportunidade de estar realizando um sonho de ser graduado.

Aos meus amigos Michael Douglas Oliveira, José Mendes de Menezes Júnior, Rosivânia Rodrigues Batista e a todos os participantes do programa de iniciação à docência (PIBID) subprojeto computação de Araguatins e projeto SAGIR, pela contribuição e compromisso nos momentos de necessidades deste trabalho.

Agradeço a todos que contribuíram para que minha formação se consolidasse com êxito, mesmo que essas contribuições fossem de forma direta ou indireta. Finalizo meus agradecimentos com um singelo muito obrigado.

“Nenhuma grande descoberta foi feita jamais sem um palpite ousado”.

Issac Newton

RESUMO

Este trabalho apresenta um sistema autonômico que tem por finalidade melhorar e facilitar o processo de irrigação, sendo capaz de gerenciar de forma simultânea vários tipos de culturas. A pesquisa realizada visa fornecer aos produtores um serviço que propicie uma melhor performance na produção e no processo de irrigação das cultivares, através do SAGIR (Sistema Autonômico de Gerenciamento de Irrigação). O sistema foi desenvolvido no NetBreans IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado) com uso da linguagem de programação Java, para a criação de funções com base em algoritmos de inteligência artificial (IA). Sua estrutura é composta com uso do sistema de gerenciamento de banco de dados (SGDB) MySQL para o armazenamento das informações repassados da rede de módulos de sensoriamento com a utilização da plataforma Arduino capazes de obter dados do ambiente a ser gerenciado como: temperatura, umidade do ar e umidade do solo, além de gerenciar o controle da válvula solenoide responsável pelo fluxo de água a ser utilizada. A fase de teste tem por finalidade o gerenciamento em ambiente controlado, a fim de analisar o comportamento do SAGIR.

Palavras-chaves: Computação Autonômica, Irrigação, Módulo Autonômico.

ABSTRACT

This work presents an autonomic system whose purpose is to improve and facilitate the irrigation process, being able to simultaneously manage several types of crops. The aim of the research is to provide the producers with a service that allows a better performance in the production and the irrigation process of the cultivars, through the SAGIR (Autonomic Irrigation Management System). The system was developed in the NetBreans IDE (Integrated Development Environment) using the Java programming language, to create functions based on artificial intelligence (AI) algorithms. Its structure is composed of the use of the MySQL database management system (SGDB) for the storage of information passed on the network of sensing modules using the Arduino platform capable of obtaining data of the environment to be managed as: temperature, humidity Of the air and humidity of the soil, besides managing the control of the solenoid valve responsible for the flow of water to be used. The test phase has the purpose of managing in a controlled environment in order to analyze the behavior of SAGIR.

Keywords: Autonomic Computation, Irrigation, Autonomic Module.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Modelo Proposto 24
Figura 2 – A. Módulos de Sensoriamento, B. Máquina Servidora e Central, C. Controle da Válvula, D. Válvula Solenóide 26
Figura 3 – Diagrama de caso de uso 28
Figura 4 – Interface Gráfica da união do elemento Mape-k 29
Figura 5 – Diagrama de Atividade 30
Figura 6 – Resultado da classe ler e inserir 31
Figura 7 – Resultado da classe ler e inserir 32
Figura 8 – Interface Gráfica Principal do SAGIR 33
Figura 9 – Estrutura de Ações 33
Figura 10 – Fases de Funcionamento do sistema SAGIR 34
Figura 11 – Interface Gráfica de Gerenciamento do SAGIR 35
Figura 12 – Fase de teste do gerenciamento 36

LISTA DE SIGLAS

AC - Computação Autonômica
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IA - Inteligência Artificial
IBM - International Business Machines
IDE - Ambiente de Desenvolvimento Integrado
IFTO - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
MAPE-K - Monitorar, Analisar, Planejar, Executar e Conhecimento
ONU - Organização das Nações Unidas
RSSF - Rede de Sensores Sem Fio
SAGIR - Sistema Autonômico de Gerenciamento de Irrigação
SGDB - Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados
TI - Tecnologia da Informação
UML - Unified Modeling Language
USB - Universal Serial Bus

LISTA DE SIMBOLOS

®Marca/Produto Registrado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13
2 PROBLEMA DE PESQUISA 14
3 JUSTIFICATIVA 15
4 OBJETIVOS 16
4.1 Objetivo Geral 16
4.2 Objetivos Específicos 16
5 REVISÃO DE LITERATURA 17
5.1 COMPUTAÇÃO AUTONÔMICA 17
5.2 CARACTERÍSTICAS DE SISTEMAS AUTONÔMICOS 17
5.3 ARQUITETURA DE SISTEMAS AUTONÔMICOS 18
5.4 MAPE-K - (MONITORAR, ANALISAR, PLANEJAR, EXECUTAR, CONHECIMENTO) 20
5.4.1 Monitoramento: 20
5.4.2 Análise e Planejamento: 20
5.4.3 Execução e Conhecimento: 21
5.5 CULTIVAR ALFACE: 21
6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 22
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES 24
7.1 MODELO PROPOSTO 24
7.2 ESTRUTURA DE REDE 25
7.3 MÓDULO MAPE-K DESENVOLVIDO 26
7.4 SAGIR - SISTEMA AUTONÔMICO DE GERENCIAMENTO DE IRRIGAÇÃO 27
7.5 FASE DE TESTE DO SAGIR 36
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS 38
9 TRABALHOS FUTUROS 39
REFERÊNCIAS 40

1 INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas (ONU) revela que aproximadamente 70% de toda a água disponível no mundo é utilizada para irrigação. No Brasil, esse índice chega a 72% (WALBERT, 2013).

Desse modo, novas tecnologias desenvolvidas com ênfase na preservação dos recursos hídricos, são essenciais para o gerenciamento da irrigação de maneira sustentável.

As cultivares precisam de uma quantidade determinada de água para não ocorrer um fenômeno denominado estresse hídrico, caracterizado pelo excesso ou pela escassez de água no solo (TAIZ, 2009).

Assim, se faz necessária uma quantia razoável de água para efetivar os processos físicos e químicos, independente das cultivares gerenciadas (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000). Desta forma, um sistema autonômico de controle de irrigação, deve referenciar-se na demanda do solo e da planta.

No desenvolvimento de softwares autonômicos é necessário que se atenda uma diversidade de seguimentos que compõem seu emprego, tais como: Autoconsciência, Consciência do contexto, Autoconfiguração, Auto otimização, Autoproteção, Auto cura, Aberto para diferentes arquiteturas, Capacidade de Antecipação, Reflexividade e Adaptação.

O sistema computacional desenvolvido apresenta características de computação autonômica, sendo capaz de ler e gravar os parâmetros do meio, tais como: temperatura ambiente, umidade do solo e umidade ambiente obtidos através de sensoriamento remoto, além de realizar a análise dos dados, determinando o período e a quantidade de volume de água que a planta e o solo precisam durante as fases de seu desenvolvimento.

O sistema apresentado tem a competência de autogerenciamento, controlando os procedimentos de leitura, armazenamento, consulta, análise e decisão, de acordo com os parâmetros disponibilizados pelo sensoriamento.

2 PROBLEMA DE PESQUISA

O impacto da tecnologia no campo agrícola vem proporcionando avanços no sistema de produção, e a computação autonômica (AC) associada aos procedimentos de irrigação pode ser congregada na busca de eficiência produtiva e redução e desperdício dos recursos hídricos, apresentando um modelo alternativo para os procedimentos de irrigação.

3 JUSTIFICATIVA

O setor agrícola mundial confrontar com diversas dificuldades e desafios para uma produção eficaz e sem desperdícios, seja por introdução no processo de produção ou de mão de obra.

Segundo a (EMBRAPA, 2008, p. 1) cita, “É consenso que a irrigação no Brasil é rotineiramente realizada de forma empírica, geralmente com grande desperdício de água. Além do desperdício, irrigações em excesso comprometem a produção”.

As condições climáticas dos últimos anos vêm provocando diversos desafios para o setor, principalmente em se tratando de recursos hídricos, essencial para a produção de alimentos e consumo humano. Desse modo, tecnologias que busquem alcançar soluções para utilização eficiente da água nos processos de irrigação podem contribuir para a melhoria deste cenário.

Partindo desse pressuposto, foi desenvolvido um sistema autonômico de controle de irrigação agrícola, capaz de gerenciar os elementos no manejo da irrigação, onde relaciona vários parâmetros para uma gestão ideal como: umidade solo, umidade do ar e temperatura ambiente.

O sistema capta dados do ambiente monitorado através de uma rede de sensores, recebendo informações sobre o solo e cultivo a ser produzido, buscando atender as necessidades hídrica da planta e nível de água no solo, proporcionando um domínio sobre o momento ideal de acionamento e desligamento da irrigação com o intuito de reduzir o desperdício hídrico, sem prejuízo da produtividade.

Desta forma, os avanços alcançados através da tecnologia proposta com um novo modelo de gerenciamento de irrigação para o meio de produção agrícola, visando a eficácia e otimização dos recursos hídricos em busca de um procedimento produtivo e sustentável ao meio ambiente.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

Analisar a aplicabilidade da Computação Autonômica como artifício de automação para o processo de irrigação.

4.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver uma aplicação para gerenciamento de um modelo de irrigação, utilizando conceitos da computação autonômica;
- Estabelecer um modelo mape-k de monitoramento do ambiente;
- Analisar o comportamento do sistema no período de teste de monitoramento.

5 REVISÃO DE LITERATURA

5.1 COMPUTAÇÃO AUTONÔMICA

A computação autonômica é um dos atuais conceitos tecnológicos sobre o gerenciamento de sistemas, que surgiu durante os principais obstáculos no progresso da indústria de Tecnologia da Informação (TI), no qual foi publicado pela International Business Machines (IBM), que no momento recomendou um novo desafio: desenvolver um novo conceito para resolver a problemática crescente na complexidade de gerenciamento de softwares.

> A computação autonômica é um conceito proposto pela IBM em 2003, onde os sistemas computacionais irão agir como o corpo humano, se adaptando de forma automática a mudanças nas suas entradas e no ambiente. Esta adaptação ocorre com a mínima intervenção dos usuários ou de um administrador. (MACEDO, 2012. p 2).

Segundo Hariri et al. (2006) e Teles, Silva e Abdelouahab (2011) a computação autonômica é fundamentada no comportamento humano por meio do sistema nervoso autonômico, responsável pelo domínio de funções vitais que habituar de forma inconsciente as precisões do corpo e do ambiente, e cuida das funções corporais sem que percebamos.

Desta forma procurou-se estudar esse comportamento e criar um modelo estrutural que forneça o equilíbrio para as atuações e finalidades do negócio, sendo capaz de interferir nos fatores efetivos de funcionamento para restaurar o equilíbrio, determinando a capacidade de autogerenciamento.

5.2 CARACTERÍSTICAS DE SISTEMAS AUTONÔMICOS

Na criação de softwares autonômicos é necessário atender vários prosseguimentos que compõem seu emprego, entendendo os parâmetros necessários de funcionamento autonômico e empregar propriedades efetivas no desenvolvimento de artifícios do mesmo.

De acordo com Teles, Silva e Abdelouahab (2011) apud Hariri (2003) e Müller et al. (2006), temos como características essenciais da computação autonômica, ou seja, o sistema tem de oferecer as seguintes especificações:

Autoconsciência: O sistema conhece a si mesmo; **Consciência do contexto**: Capacidade de reagir as modificações em seu ambiente; **Autoconfiguração:** Ajustar de modo dinâmico seus recursos com base em seu estado e no estado do ambiente de execução; **Auto otimização:** capacidade de detectar deteriorações de comportamento e de realizar funções para a auto otimização; **Autoproteção:** O sistema é capaz de detectar e proteger seus recursos de agressores internos e externos; **Auto cura:** O sistema deve possuir a capacidade de identificar possíveis problemas e de se reconfigurar de forma a continuar agindo normalmente; **Aberto:** O sistema deve ser portável para distintas arquiteturas de hardware e software; **Capacidade de Antecipação:** O sistema deve ser capaz de antecipar, quando possível, suas necessidades e comportamentos; **Reflexividade:** Manter conhecimento planejado dos seus componentes, status atual, limites, capacidades, interdependências com outros sistemas, e recursos disponíveis; **Adaptação**: É a habilidade do sistema nas tomadas de decisões durante a análise dos parâmetros dos elementos autonômicos, desenvolver um mecanismo de adaptação a determinadas circunstâncias externas e internas.

É claro que no desenvolvimento de softwares e elementos autonômicos é necessário a consideração aos parâmetros desta tecnologia, para que assim seja demonstrada a aplicação do conceito autonômico de forma autêntica.

5.3 ARQUITETURA DE SISTEMAS AUTONÔMICOS

O padrão de arquitetura de sistemas autonômicos busca referenciar práticas comuns para o desenvolvimento comportamental de sistemas autonômicos, podem ser determinadas por políticas ou normas, e o seu contexto procura ser flexível de acordo com as finalidades da aplicação.

Como principais características de sistemas autonômicos temos:

Gerenciamento: Efetivação da aplicação (programa e base de dados) interfaces, propriedades funcionais e comportamentais, exceções e estruturas de controle. Como fator limitador durante o desempenho, o elemento é afetado de maneiras distintas (permanecendo sem recursos, podendo ser afetado externamente até ter seu desempenho limitado). São circunstâncias que envolvem todo o

funcionamento do sistema. Assim, são indispensáveis cuidados com segurança, seja interna e externa.

Meio Ambiente: Representa todos os fatores que podem afetar o elemento gerenciado. O elemento e o meio podem ser vistos como dois subsistemas que constituem um sistema constante, onde qualquer modificação no ambiente muda o status e de tal modo afeta a funcionalidade do sistema.

Controle de Usuários: Cada elemento autonômico possui seu próprio administrador aceito pelo usuário, tendo direito de gerenciamento sobre múltiplos requisitos como: rigor à falhas, desempenho, segurança e etc. Em seguida serão analisados os caminhos do elemento e caracterizado a sua posição, detectando a situação total do sistema, originando o estado do ambiente e empregando as informações para gerenciar o funcionamento do elemento em execução, de maneira a efetivamente alcançar os desempenhos necessário para manter o sistema em equilíbrio, mesmo com circunstâncias adversas.

Para TELES *et al.* (2011) e OLIVEIRA (2015), arquitetura de sistemas autonômicos visa formalizar um conjunto de referência que identifique as colocações comuns e constituem os fundamentos necessários para conseguir a autonomia.

Deste modo é constituído o ciclo de gerenciamento de sistemas autonômicos em 5 etapas: monitoramento ou medição, análise e planejamento, controle e execução.

- **1 - Monitoramento ou Medição**: Recebe os dados, adiciona e estabelece relação entre as ações e filtra os dados;
- **2 - Análise e 3 - Planejamento**: Analisa as informações colhidas e decide se devem ser efetuadas modificações estratégicas usadas pelo recurso gerenciado;
- **4 - Controle e 5 - Execução**: Escalona e executa as alterações identificadas como necessárias pelo desempenho de análise e tomada de decisão.

A execução de todas essas etapas apresentadas, formam o ciclo completo de gerenciamento de sistemas autonômicos, o seja, MAPE-K.

5.4 MAPE-K - (MONITORAR, ANALISAR, PLANEJAR, EXECUTAR, CONHECIMENTO)

O padrão Mape-k é um ciclo de gerenciamento dos dados autonômicos onde procura inter-relacionar as arquiteturas empregadas para compor o desenvolvimento de aspectos autônomos para os sistemas, constituindo um conjunto de dados independentes.

De acordo com Teles, Silva e Abdelouahab (2011), fragmentam os componentes do modelo MAPE-K exibindo o ciclo de gerenciamento de softwares autonômicos em fases: monitoramento ou medição, análise e planejamento, controle e execução.

5.4.1 Monitoramento:

O Monitoramento é a etapa de início do ciclo MAPE-K autonômico, esta fase os sensores são utilizados com o objetivo de obter informações que podem refletir em modificações no comportamento do elemento erenciado, ou seja, nesta etapa é selecionado as métricas que irão compor a performance do elemento gerido. O monitoramento tem condições distintos conforme a necessidade dos softwares autonômicos: monitoramento passivo e monitoramento ativo.

Para TELES *et al*. (2011) *apud* OLIVEIRA (2015) cita:

- Monitoramento Passivo: As informações obtidas através de monitoramento, são fornecidos pelo sistema sem a necessidade de modificações;
- Monitoramento Ativo: Para captura de informações, é necessário modificar-se a aplicação ou sistema operacional.

5.4.2 Análise e Planejamento:

A análise e planejamento são implementadas em geral em um exclusivo componente, sendo eficaz para autonomia do software. A análise tem a cargo de acrescentar e relacionar os dados obtidos no monitoramento por meio dos sensores, com a finalidade de identificar necessidades com baseamento em dados desagregadas, como exemplo: afinidades entre causa-efeito em determinados

acontecimentos. O planejamento determina quais os atos a assumir para chegar as finalidades desejadas pelo elemento gerido.

Essas etapas originam um conjunto de atos que visam a estabilização dos sistemas, sendo apropriados de se reconfigurarem de acordo as necessidades, tomando as decisões em torno dos objetivos determinados.

5.4.3 Execução e Conhecimento:

A etapa de execução garante as ações e os parâmetros determinados no nível de planejamento sobre o elemento gerenciado, requisita as ações de atuadores para compensar o comportamento do sistema com a finalidade de garantir uma eficácia no desempenho do elemento conduzido.

O conhecimento é responsável em manter a comunicação acerca do artifício gerido. Deve suceder uma afinidade entre o conhecimento e o planejamento onde abastecem atributos para o elemento dirigido.

5.5 CULTIVAR ALFACE:

A alface (Lactuca sativa) foi escolhida para fins de teste do sistema SAGIR por ser uma cultivar de rápido ciclo de desenvolvimento, de fácil plantio e um custo relativamente baixo.

A alface é uma hortaliça “...com sistema radicular pouco desenvolvido, exigente hídrico em sua constituição o que pode comprometer a produtividade e qualidade da espécie”. (Oliveira, 2015, p 41).

Oliveira (2015, p 42), ressalta o uso dos tensiômetros no controle da Irrigação em Hortaliças, técnica desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) no ano de 2008. Tendo em vista que esse experimento sugere o emprego da computação autonômica como processo de automação da irrigação na cultura da alface, tornou-se necessário entender a indigência de tensão para a cultura conforme o sistema de irrigação adotado, no caso de irrigação por gotejamento.

Dessa forma, as características do cultivar, solo e clima, serão considerados como parâmetros para o desenvolvimento do sistema e tomada de

decisão quanto ao gerenciamento da irrigação, podendo contribuir para sua produção sustentável.

6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente pesquisa teve cunho experimental e tecnológico, propondo o desenvolvimento de um software computacional com base nos conceitos da computação autonômica para os processos da irrigação agrícola.

Em sua fase de desenvolvimento foram empregados os seguintes artifícios e utilitários: Método de Gerenciamento de projetos SCRUM, Levantamento de requisitos, modelagem UML, Modelagem do Banco de Dados – MySQL e Programação Java – Orientada à Objetos.

O método de Gerenciamento de projetos SCRUM foi utilizado para a organização das etapas durante o desenvolvimento da aplicação. O levantamento de requisitos foi elaborado por meio de revisão bibliográfica a qual demonstrou que a busca por inovações tecnológicas para a irrigação agrícola, em virtude do desperdício de água é um problema para o setor de produção. A modelagem UML foi utilizada na documentação do sistema como meio de visualização das etapas necessárias na formação do sistema.

O sistema de gerenciamento de banco de dados MySQL e a linguagem de programação orientada à objetos Java foram utilizados para o desenvolvimento da aplicação, gerando uma estrutura de código com base de dados específicos para a aplicação. Para o desenvolvimento da aplicação Java foi utilizado a NetBeans IDE que permite a utilização de diversas linguagens de programação, além de um conjunto de instrumentos para desenvolvedores.

As informações necessárias para o funcionamento do sistema, foram adquiridos através do sensoriamento sem fio efetivado por módulos RSSF com Arduino para medidas de umidade ambiente, umidade do solo e temperatura, os quais enviam parâmetros para a central de comunicação, em seguida à central de monitoramento que captura os dados via serial e armazena em um arquivo.txt que pode ser lido pelo sistema e gravado no banco de dados.

O modelo Mape-k desenvolvido para o proposto sistema empregou parâmetros do elemento gerenciado, no caso o canteiro de terra com plantio de

alface. Após a captura dos dados são direcionados para um novo ciclo, onde é monitorado as informações, estabelecendo o nível de sinal e condição da mensagem, em seguida é avaliado os parâmetros, momento onde o sistema interpreta as informações e define se a informação é útil ou não para à aplicação.

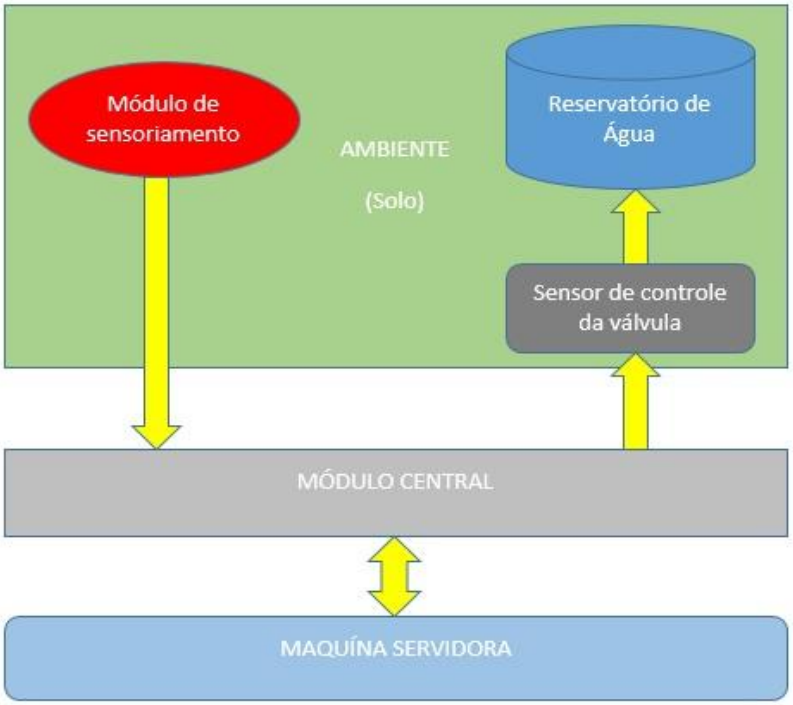
Na fase de planejamento, é determinado o momento de tomada de decisão, e é encaminhado para o executor as ações do sistema, no caso: nível ideal de irrigação, nível estável e nível crítico. O executor ativa o sistema de notificações, que avisa os usuários, acerca do momento adequado para irrigação.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1 MODELO PROPOSTO

O modelo representado a seguir (Figura 1) tem como finalidade expor uma infraestrutura física (rede e irrigação), adquirindo do meio ambiente parâmetros específicos como temperatura, umidade do ar e umidade do solo, proporcionando um modelo de regras a ser interpretada durante a execução do sistema.

Figura 1 – Modelo Proposto



Fonte: Autor (2017).

A estrutura de rede utilizada na aplicação é a topologia estrela, onde todos os sensores do ambiente deverão estabelecer comunicação para o envio de dados à respectiva unidade central de processamento, enquanto a central responsável pelo envio da decisão estabelecida pelo sistema comunica-se com os sensores de controle da válvula solenoide.

A tecnologia utilizada para rede de sensoriamento é o Arduino, capaz de fornecer todas as informações do ambiente necessárias para a comparação no processo de gerenciamento do sistema.

As comunicações das centrais funcionam com a utilização de portas seriais USB, uma para receber os dados a serem armazenados em um arquivo.txt, e após gravados no banco de dados para que sejam comparados, enquanto outra é responsável pelo envio da tomada de decisão aos sensores responsáveis pelo controle da válvula solenoide.

Os sensores de ambiente têm a função de enviar parâmetros assim como: da umidade do solo de 0 a 1023, onde 0 é caracteriza de solo seco e 1023 solo extremamente úmido; a umidade do ar de 0 a 100%; Temperatura de 0 a 60 graus celsius e a identificação do sensor e da classe pertence a determinada cultura.

Os sensores de controle da válvula solenoide têm função de ligar e desligar de acordo com decisão do sistema, ou desligar automaticamente após 3 minutos caso não receba comunicação com a central de controle de decisão.

7.2 ESTRUTURA DE REDE

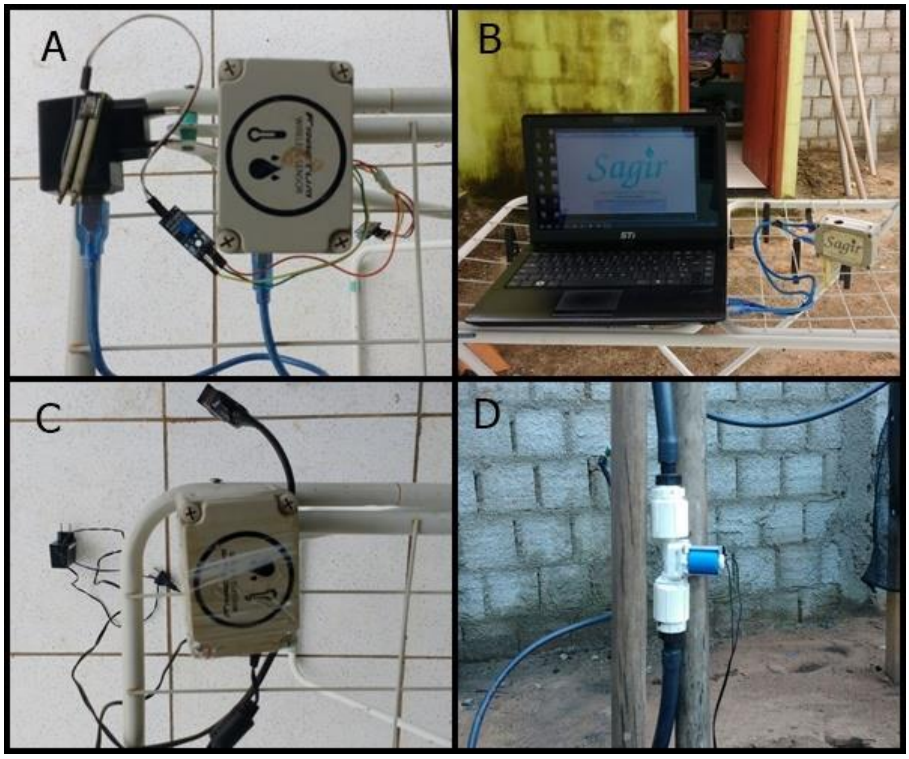
A topologia de rede empregada para a aplicação é a estrela, composta por vários de módulos da rede de sensoriamento do ambiente.

São eles:

- A central: é composta por um sensor de recepção e um sensor de transmissão;
- Módulo de sensoriamento do ambiente: é composta por um sensor de transmissão, um sensor de umidade do solo e um sensor de umidade do ar e temperatura;
- O controle da válvula solenóide: é composta por um sensor de recepção, um relé e a válvula solenoide.

O sensor de recepção da central é responsável por receber os dados do transmitidos pelo do sensoriamento do ambiente. E após receber esses dados, a sensor recepção da central encaminha para que sejam armazenados em um arquivo.txt e depois é gravado a média aritmética calculada pelo sistema no banco de dados.

Figura 2 – A. Módulos de Sensoriamento, B. Máquina Servidora e Central, C. Controle da Válvula, D. Válvula Solenóide



Fonte: Autor (2017).

O sensor de transmissão da central recebe a decisão do sistema através da porta serial USB e envia para o sensor de recepção de controle da válvula solenóide responsável pela irrigação.

7.3 MÓDULO MAPE-K DESENVOLVIDO

O modelo Mape-k empregado para o presente trabalho visa utilizar parâmetros adquiridos por sensores no ambiente a ser monitorado, no caso o canteiro de terra com plantio de alface. Após a captura dessas informações pelo módulo de sensoriamento, os dados são transmitidos para a central e direcionados para o sistema, estabelecendo o nível de sinal e precisão da mensagem. No próximo passo são analisados os parâmetros, momento onde o sistema inicia o processo de interpretação das informações e decide se o conhecimento é útil ou não para à aplicação.

Na fase de planejamento, é verificado e determinado o momento de tomada de decisão, logo após é enviado para a central Arduino de transmissão as

ações do sistema, no caso: Ativando Irrigação, Desativando Irrigação, Irrigando e Irrigação Desativada. Em seguida o sensor Arduino de controle da válvula solenoide recebe a decisão transmitida e aciona ou não os atuadores que tem a função de agir no processo de irrigação. Neste contexto é apropriado lembrar que o embasamento do modelo Mape-k é o conhecimento, onde o sistema identifica suas fragilidades e limitações, sendo capaz de aprender e reagir para sempre buscar equilíbrio no seu funcionamento.

7.4 SAGIR - SISTEMA AUTONÔMICO DE GERENCIAMENTO DE IRRIGAÇÃO

O SAGIR visa facilitar o trabalho humano, manter a mesma qualidade das cultivares, propiciar uma economia de água, gerar menos gastos e preservar meio ambiente. É um sistema desenvolvido para o gerenciamento simultâneo de várias culturas. No entanto, na fase de teste foi utilizado apenas a cultura da alface.

Sua estrutura é composta por uma rede de sensoriamento capazes de alimentar sua base de dados para que possa realizar as comparações de acordo com sua estrutura lógica de fuzzyficação e após executar ações como autoconfiguração, cura, notificações e comunicações com os agentes externos (Sensores).

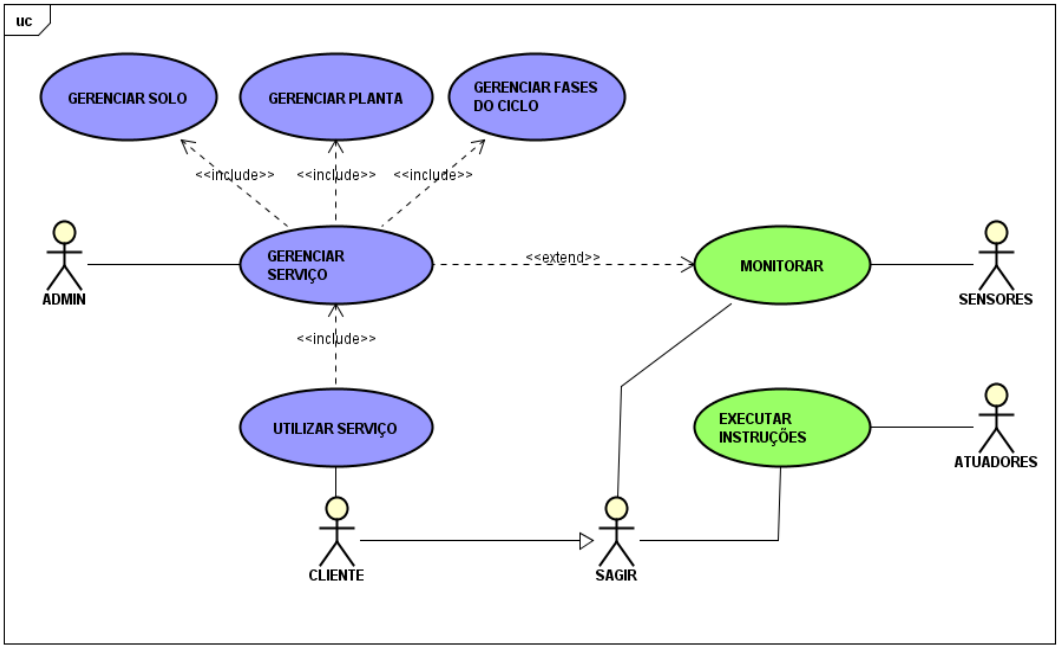
O sistema é independente de sensores, pois trabalhar com outros tipos de sensoriamento. Sua função de leitura dos dados obtidos do ambiente é capaz de tratar os erros e se recuperar proporcionando estabilidade no monitoramento das cultivares e notificando através da barra de status da tela principal e áudios.

Os relatórios produzidos pelo sistema têm a função de informar o usuário a cultura e solo utilizados no monitoramento, além de marcar as datas e horários que o sistema mandou irrigar ou não irrigar e a identificação sensoriamento que proporcionou a tomada de decisão do sistema.

A etapa de implementação do desenvolvimento do Sistema Autonômico de Gerenciamento de Irrigação iniciou-se com a modelagem UML do estudo de caso e modelo de regras autonômicas para o modelo Mape-k.

Para alcançar do sistema a modelagem foi utilizado o software Astah Community para gerar os diagramas de caso de uso a seguir.

Figura 3 – Diagrama de caso de uso



Fonte: Autor (2017).

Nesta fase, a modelagem do diagrama de caso de uso é utilizada para ilustrar de forma geral, o comportamento do sistema para o usuário principal e ao usuário comum.

A função de monitoramento de ações é executada sem a intervenção dos usuários, exceto, no caso de fornecimento de dados iniciais para serem comparados.

Para que o sistema esteja apto ao autogerenciamento de determinada cultura, é necessário que o usuário principal forneça ao sistema todos os dados da planta e do solo a ser gerenciado, provendo assim os parâmetros de dias que compõem o ciclo, a análise química do solo, da temperatura, da umidade do ar e solo, para que a aplicação seja iniciada.

Figura 4 – Interface Gráfica da união do elemento Mape-k



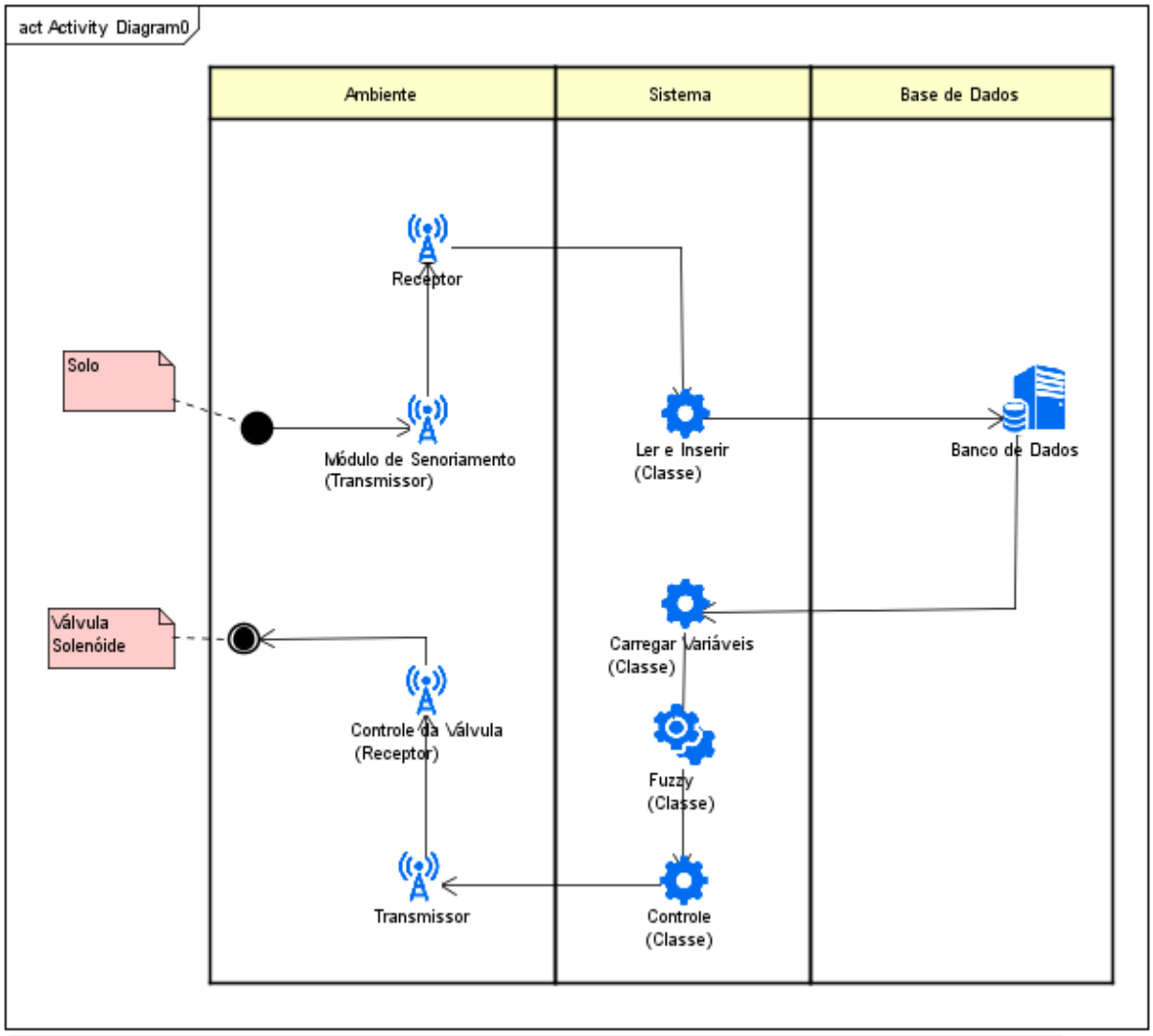
Fonte: Autor (2017).

A figura 4 indica a opção de escolha da espécie de planta e o solo já cadastrado pelo usuário, assim como o conjunto dos sensores de monitoramento e a identificação do módulo de controle da válvula solenóide para que possa solicitar o gerenciamento no sistema.

Após a conclusão de configuração da cultura e solo a serem monitorados, o inicia todos os procedimentos, obtendo os dados do ambiente através do sensoriamento e comparando com a base de dados.

O diagrama da figura a seguir mostra o ciclo de gerenciamento do sistema SAGIR.

Figura 5 – Diagrama de Atividade



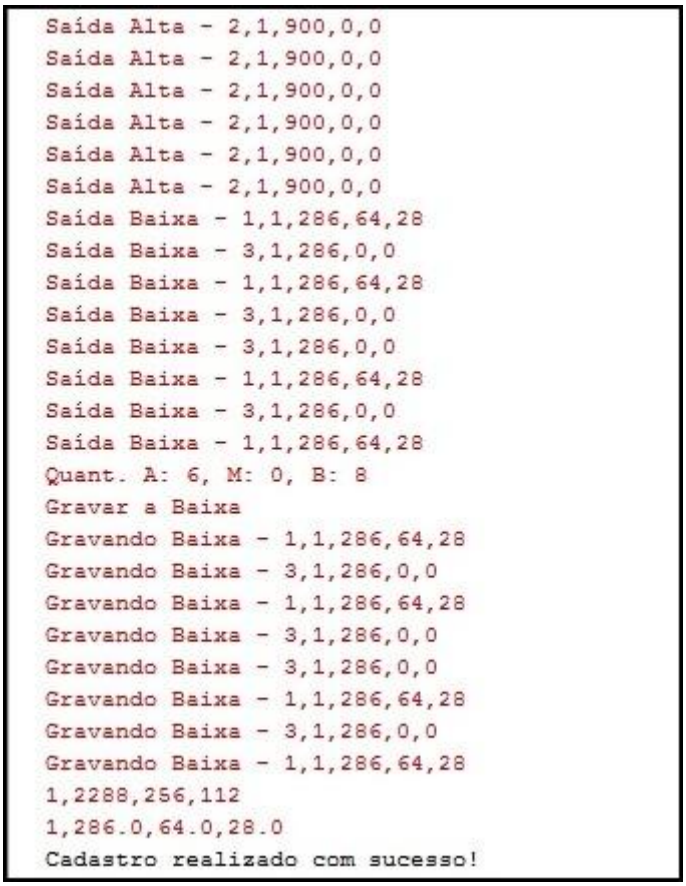
Fonte: Autor (2017).

A figura acima ilustra o ciclo de execução do sistema SAGIR. O ciclo inicia-se no ambiente, especificamente no solo, o módulo de sensoriamento composto por um sensor transmissor, um sensor de umidade do solo, um sensor de umidade do ar e temperatura, envia os dados obtidos do solo para o módulo central especificamente para o sensor de recepção, que recebe os dados e armazena em um arquivo de texto denominado sensores.txt.

Em seguida, a classe ler e inserir, captura os dados do arquivo de texto e armazena preenchendo em uma estrutura de vetores capazes de organizar os dados do sensoriamento, ordenando em caso de vários gerenciamentos para que seja gravados na base de dados, conforme as regras de organização e média aritmética do parâmetro umidade do solo, pois sua estrutura trabalha vários

sensores de umidade do solo e apenas um sensor de umidade do ar e temperatura por solo gerenciado conforme a figura a seguir.

Figura 6 – Resultado da classe ler e inserir

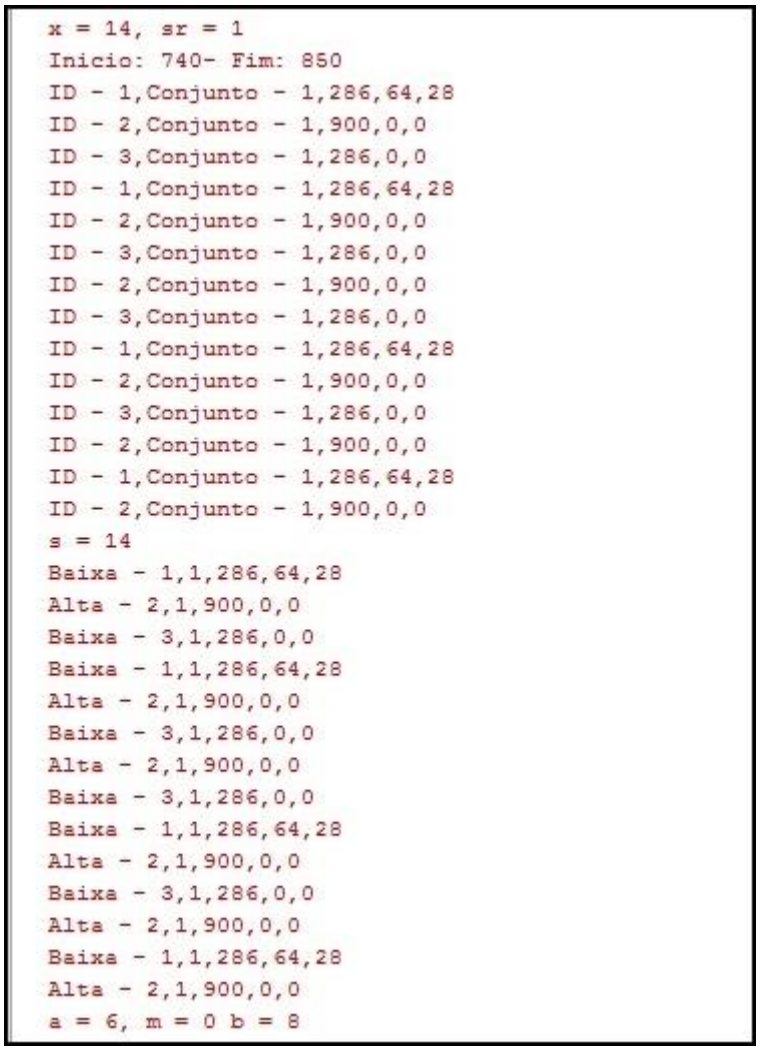


Fonte: Autor (2017).

Ainda de acordo com a figura 6, é possível identificar se determinado módulo de sensoriamento de funcionando corretamente. Pois a estrutura de organização do sensoriamento é capaz de separar os dados obtidos através do ponto médio da função triangular da lógica fuzzy indicado na figura a seguir como Início e Fim.

A função triangular é o ponto de comparação que a estrutura de organização utilizar para separação dos sensores. A estrutura faz a contagem dos sensores que ficaram abaixo da faixa ponto médio, na faixa ponto médio e acima da faixa do ponto médio. Depois a estrutura utiliza faixa que obteve o maior número de dados dos sensores e descarta as demais.

Figura 7 – Resultado da classe ler e inserir



Fonte: Autor (2017).

A classe carregar variáveis, inicia-se sua execução carregando a base de dados em vetores logo após a classe ler e inserir termina sua função. Após carregar todos os dados do banco, a função responsável pela lógica fuzzy é executada para calcular e determinar qual a melhor decisão o sistema deverá repassar para a central, especificamente o sensor de transmissão.

O sensor de transmissão da central, envia a decisão para o sensor de recepção de controle da válvula solenoide. Conforme a decisão recebida, o sensor de controle ligar válvula permitindo a irrigação ou desligar a interrompendo a irrigação no solo monitorado, assim terminando o ciclo do sistema.

O monitoramento das etapas do sistema é feito de forma autonômica, emitindo mensagens de texto e voz, ao cliente, da ação executada no momento.

A figura a seguir mostra as informações importantes ao usuário relacionadas ao status de execução do sistema.

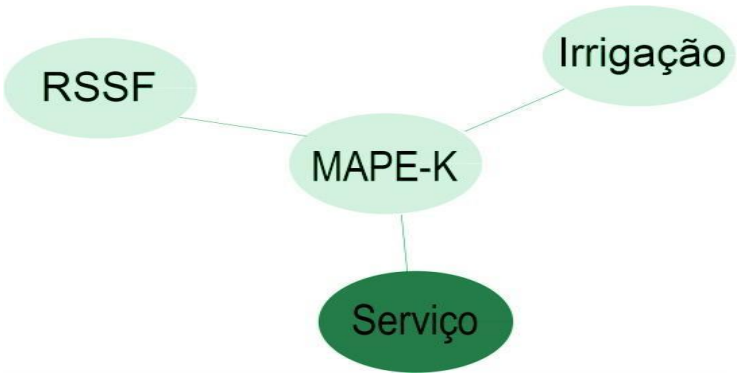
Figura 8 – Interface Gráfica Principal do SAGIR



Fonte: Autor (2017).

A modelagem feita empregando os diagramas de caso de uso demonstrou de forma resumida o funcionamento do sistema SAGIR e a sua ordem de execução.

Figura 9 – Estrutura de Ações

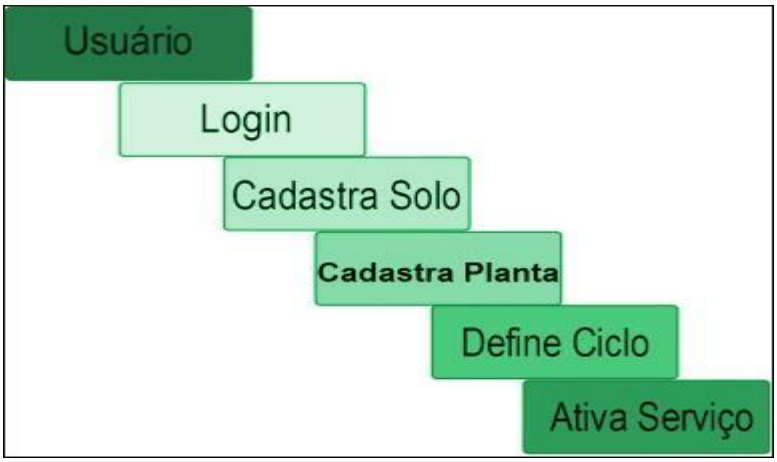


Fonte: Autor (2017).

A figura 9, apresenta o funcionamento do sistema que é atrelado a um conjunto de três segmentos. O primeiro trata-se da rede de sensores sem fio (RSSF), que tem a finalidade obter parâmetros do ambiente e agir como atuador na fase de execução. O segundo segmento é o sistema de gotejamento que é controlado pelo RSSF atuador. A RSSF e a Irrigação precisam está ligada com o modelo MAPE-K de regras que é o terceiro segmento, é esse modelo que determina as ações no decorrer da execução do sistema.

Após a modelagem das interfaces gráfica, foi iniciada a fase de programação das funções e regras que propõe o sistema, no qual buscou-se aplicar as fases de funcionamento do modelo proposto, indicando os passos que o usuário deverá seguir para iniciar o processo de autogerenciamento do solo e da cultura escolhida:

Figura 10 – Fases de Funcionamento do sistema SAGIR



Fonte: Autor (2017).

Ao executar os passos representados na Figura 10, o sistema SAGIR por meio de sensor de temperatura, umidade do ar e umidade do solo recebe dados pela porta serial USB da central de monitoramento, identifica, trata e utiliza-os para aplicar as regras de lógica fuzzy para comparação implementadas no software com base em algoritmos de inteligência artificial (IA), de acordo com as regras impostas, o sistema indica o momento ideal para realizar a irrigação ou não, e após a verificação, a decisão é enviada via serial para a central de controle de decisão e é transmitida para o sensor de controle da válvula.

Figura 11 – Interface Gráfica de Gerenciamento do SAGIR



Fonte: Autor (2017).

O modelo apresentado na Figura 11 exibe os passos e ações que o usuário necessita concretizar para ativar o serviço de gerenciamento de irrigação. No primeiro acesso ao sistema, o usuário precisará logar utilizando uma senha e login no processo de autenticação, para obter acesso as seguintes funções:

- Ciclos Planta: função de unir uma espécie de cultura já cadastrada com cadastro das fases do ciclo em dias;
- Cultura: função de cadastrar a planta e suas características;
- Solo: função de cadastrar a análise química do solo;
- Ciclo Solo: função de unir a análise química do solo com cadastro dos parâmetros necessários para o monitoramento de determinada cultura;
- Sensor: Função de gerenciar as informações obtidas pela rede de sensoriamento;
- Usuário: Função de gerenciamento de todos os usuários do sistema.

7.5 FASE DE TESTE DO SAGIR

Na fase de teste o sistema iniciou o monitoramento com a cultura da alface, em uma pequena estufa, onde foram plantadas as sementes. A estrutura para o teste é composta por de sistema de gotejamento para o processo de irrigação, que está ligada ao módulo responsável por acionar a válvula solenoide a qual controla a passagem da água para o solo.

Figura 12 – Fase de teste do gerenciamento



Fonte: Autor (2017).

O ambiente é monitorado por três módulos de sensoriamento, sendo um composto por: um NRF24L01 responsável pela transmissão, um dht11 responsável por obter os dados umidade do ar e temperatura ambiente e um sensor de umidade do solo higrômetro. Os outros módulos são compostos apenas com um NRF24L01 responsável pela transmissão e um sensor de umidade do solo higrômetro.

A central que é o elo de comunicação entre o sistema SAGIR e módulos de sensoriamento e de atuação da irrigação é composta por dois NRF24L01, sendo um no modo transmissor e o outro no modo receptor.

O módulo de atuação responsável pelo controle da válvula solenoide é composta por um NRF24L01 responsável pela recepção que recebe a informação da decisão tomada pelo sistema. Após a recepção dessa informação o módulo atua liberando ou não a irrigação no solo.

O sistema necessita de todas as partes do ciclo de monitoramento para sua execução. Pois caso um dos processos estejam desconectados, o sistema interrompe o monitoramento e notifica o usuário.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No projeto realizado da presente pesquisa propôs o desenvolvimento de um sistema computacional com conceitos autonômicos para controle da irrigação. O nível de maturidade alcançados na composição atual do mesmo foi o nível autonômico.

Isso pode ser comprovado de fato que a presente aplicação é capaz de: estabelecer comunicação com o sensor do ambiente a ser monitorado, capturar e gerenciar essas informações em busca de identificar o momento em que o solo e a planta têm necessidade de irrigação; gerenciar várias culturas de forma simultânea; estabelecer comunicação e enviar a decisão para a válvula solenoide; identificar e corrigir erros de gerenciamento de forma automática; notificar o usuário através de texto e voz.

O modelo Mape-k utilizado no sistema proporcionou a capacidade de modificar os dados conforme o ciclo produtivo da planta e a função de organização dos dados do sensoriamento, ocasionando ainda a identificação de sensores com defeitos.

Os resultados obtidos na fase de testes são suficientes para demonstrar a capacidade do sistema em gerenciar a irrigação de maneira autonômica. Quando o período de cultivo da planta for totalmente concluído, mais parâmetros poderão ser adicionados à análise.

Por todas as etapas observadas e o desenvolvimento do sistema, esse trabalho demonstra que é comprovado à aplicação da computação autonômica como meio de gerenciamento dos processos de irrigação através de um sistema computacional.

9 TRABALHOS FUTUROS

Ao analisar o sistema proposto a este trabalho, e ver que os resultados obedeceram positivamente a relação com a aplicabilidade dos conceitos de computação autonômica no setor agrícola, faz se necessário a idealização de objetivos futuros para a continuação do desenvolvimento dessa aplicação, são eles:

- Calibrar a comunicação da central de controle de decisão ao sensor de controle da válvula solenoide;
- Melhorar o modelo de documentação gerada pelo sistema;
- Testar a gerenciamento de várias culturas de forma simultânea;
- Estimar lâmina d’água;
- Analisar funcionamento em ciclo completo produtivo de determinadas culturas: Melancia e Alface;
- Realizar teste no campo.

REFERÊNCIAS

BUCHHOLZ, T.; KÜPPER, A.; SCHIFFERS, M. (2003). **Quality of Context: What It Is And Why We Need It. In 10th International Workshop of the HP OpenView University Association**(HPOVUA) (p. 1–14).

HARIRI, Salim et al. **The autonomic computing paradigm. Cluster Computing**, v. 9, n. 1, p. 5-17, 2006.

MACEDO, Daniel Fernandes. **Computação Autonômica.** 2012. Disponível em: <http://homepages.dcc.ufmg.br/~damacedo/publications/rt01-2012.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2014.

MULLER, H. A.; O'BRIEN, L.; KLEIN, M.; WOOD, B. **Autonomic computing. Technical Note by Carnegie Mellon University**, 2006. Disponível em: <http://resources.sei.cmu.edu/library/asset-view.cfm?assetID=7855>. Acesso em: 09 dez. 2014.

OLIVEIRA, Michaell Douglas. **Modelo Autonômico para Controle de Irrigação.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins-Campus Araguatins, p. 42, 2015.

OLIVEIRA, Michaell Douglas. **Modelo Autonômico para Controle de Irrigação.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins-Campus Araguatins, p. 41, 2015.

OLIVEIRA, Michaell Douglas. **Modelo Autonômico para Controle de Irrigação.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins-Campus Araguatins, p. 26, 2015.

OLIVEIRA, Michaell Douglas. **Modelo Autonômico para Controle de Irrigação.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins-Campus Araguatins, p. 23-24, 2015.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. **Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 4.3 (2000): 465-473.

TAIZ, Lincoln. Fisiologia vegetal/Lincoln Taiz, Eduardo Zeiger; tradução Eliane Romano Santarém... [Et al.]. – 4. Ed. - Porto Alegre: Artmed, 2009.

TELES, A. S.; SILVA, F. J. S.; ABDELOUAHAB, Z. **Computação Autonômica aplicada a Segurança de Redes**. Teresina, PI. 2011. Cap. 3, p. 54-78.

WALBERT, A. Portal EBC – **Quem mais gasta água no Brasil e no Mundo**. 2013. Disponível em: <http://www.ebc.com.br/noticias/internacional/2013/03/agricultura-e-quem-mais-gasta-água-no-brasil-e-no-mundo>. Acesso em: 24 jan. 2015.