



Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Centro Tecnológico - CTC

André Gustavo Weise Roeck
Lucas Wolff da Silva

**SMART GARDENS - AUTOMAÇÃO E MONITORAMENTO INTELIGENTE DA
AGRICULTURA**

Florianópolis, 2016

André Gustavo Weise Roeck
Lucas Wolff da Silva

SMART GARDENS - AUTOMAÇÃO E MONITORAMENTO INTELIGENTE DA AGRICULTURA

Trabalho de conclusão de curso submetido à banca examinadora do curso de Sistemas de Informação da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Sistemas de Informação.

Prof. Dr. Mario Antonio Ribeiro Dantas

André Gustavo Weise Roeck
Lucas Wolff da Silva

SMART GARDENS - AUTOMAÇÃO E MONITORAMENTO INTELIGENTE DA
AGRICULTURA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Santa Catarina, como parte das
exigências para obtenção do título de
Bacharel em Sistemas de Informação.

Local, ____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Profº Dr. Mario Antonio Ribeiro Dantas
Universidade Federal de Santa Catarina
(Orientador)

Profª Dra. Patrícia Della Méa Plentz
Universidade Federal de Santa Catarina

Profº Dr. Vítório Bruno Mazzola
Universidade Federal de Santa Catarina

Resumo

Baseado na histórica falta de aparatos tecnológicos capazes de monitorar e automatizar, de forma sensível ao contexto, as tarefas relacionadas a plantação e jardinagem, houve um estímulo para desenvolver um ambiente computacional próprio para melhorar esse cenário.

O presente projeto de conclusão de curso trata de um modelo de automação inteligente para monitoramento e controle de variáveis por meio de uma aplicação computacional e dispositivos de sensoriamento e atuação.

Aplicando esse modelo a um ambiente sem esse tipo de controle, como o da agricultura, possibilita-se um cultivo facilitado e otimizado de plantas, minimizando o problema de falta de controle e desperdício de recursos na agricultura, além de reduzir a dependência e erro humanos.

Deste modo, o jardineiro/agricultor pode acompanhar e controlar a situação do seu jardim/lavoura em tempo real por meio da aplicação, onde é informado sobre variações do ambiente, inclusive sobre ações para corrigir variáveis fora do padrão ideal. O trabalho propõe o monitoramento de umidade do solo e a ação de regagem de plantas com nível de umidade do solo abaixo do ideal.

Os benefícios proporcionados pela pesquisa proposta consistem num tripé formado por: Minimização da necessidade de trabalho humano presencial; Otimização do monitoramento, controle e resultados do ambiente; Escalabilidade e economia de recursos.

Verificou-se ao final do trabalho, através da análise da aplicação desse modelo em um ambiente de jardinagem, um desempenho diferenciado quanto ao seu funcionamento e resultados otimizados quando comparados aos de um ambiente de jardinagem tradicional.

Palavras-chave: smart garden, sensores, atuadores, automação da agricultura, jardinagem, agricultura, cultivo inteligente, raspberry pi, arduino, internet of things.

Lista de ilustrações

Figura 1 - Arquitetura do ambiente proposto.....	29
Figura 2 - Conexões do ambiente proposto.....	30
Figura 3 - Comunicações do ambiente proposto.....	31
Figura 4 - Diagrama macro de atividades do controlador Node.....	38
Figura 5 - Diagrama macro de atividades do controlador Core.....	39
Figura 6 - Gráfico de medição de umidade do solo.....	41
Figura 7 - Gráfico de atuação de irrigação.....	40
Figura 8 - Primeiras medições das plantações Girassol A e Girassol B.....	49
Figura 9 - Primeira atuação de rega na plantação Girassol A.....	50
Figura 10 - Medições seguidas das primeiras atuações.....	50
Figura 11 - Atuações na plantação Girassol A ao longo do dia.....	51
Figura 12 - Medições das plantações Girassol A e Girassol B ao longo do dia.....	52

Lista de tabelas

Tabela 1 - Computação Móvel Pervasiva e Ubíqua.....	20
---	----

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1. Objetivos Gerais.....	10
1.2. Objetivos Específicos.....	11
1.3. Justificativa.....	11
1.4. Resultados Esperados.....	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1. Agricultura.....	13
2.2. Técnicas Agrícolas.....	13
2.3. Revoluções na Agricultura.....	14
2.4. Teoria Malthusiana.....	16
2.5. Dificuldades e Riscos.....	17
2.6. Sensoriamento.....	18
2.7. Evolução Tecnológica.....	18
2.8. Computação Ubíqua.....	19
3. PROJETOS RELACIONADOS.....	22
3.1. PlanLink.....	23
3.2. Click & Grow.....	23
3.3. RUFS (Robotic Urban Farm System).....	24
3.4. Edyn.....	25
3.5. Flower Power.....	26
4. PROPOSTA DO MODELO OCTOPUS.....	27
4.1. Problema.....	27
4.2. Esboço Inicial do Modelo.....	27
4.3. Refinamento do Esboço Inicial do Modelo.....	28
4.4. Arquitetura do Modelo.....	29
4.5. Conexões do Modelo.....	29
4.6. Comunicações do Modelo.....	30
4.7. Considerações sobre o Modelo Proposto.....	32
5. DESENVOLVIMENTO DO AMBIENTE VERDIN.....	33
5.1. Definição dos Dispositivos.....	33
5.2. Definição das Plataformas.....	35
5.3. Definição das Linguagens e Bibliotecas.....	35
5.4. Definição da Persistência.....	37
5.5. Implementação do controlador Node.....	37
5.6. Implementação do controlador Core.....	38

5.7. Implementação do Server.....	39
5.8. Implementação da aplicação web.....	40
5.9. Interfaces de Comunicação dos Módulos.....	42
5.9.1. Interface de Comunicação entre Sensores/Atuadores e Node....	42
5.9.2. Interface de Comunicação entre Node e Core.....	43
5.9.3. Interface de Comunicação entre Core e Server.....	43
5.9.4. Interface de Comunicação entre Server e Aplicação Web.....	44
5.10. Considerações sobre o Desenvolvimento.....	44
6. ANÁLISE DO AMBIENTE DESENVOLVIDO.....	46
6.1. Configuração Inicial do Ambiente Físico.....	46
6.2. Configuração Inicial do Ambiente Computacional.....	47
6.3. Comparação ao método tradicional de plantio.....	48
6.4. Comparação aos Projetos Relacionados.....	52
7. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
APÊNDICES.....	60
APÊNDICE I - PlantLink.....	60
APÊNDICE II - Click and Grow.....	61
APÊNDICE III - RUFs.....	62
APÊNDICE IV - Edyn.....	63
APÊNDICE V - Flower Power.....	64
APÊNDICE VI - Esboço inicial.....	65
APÊNDICE VII - Conceito do ambiente e de suas partes.....	65
APÊNDICE VIII - Arduino Nano.....	66
APÊNDICE IX - Módulo Bluetooth Low Energy.....	66
APÊNDICE X - Sensor de umidade do solo.....	66
APÊNDICE XI - Bomba d'água.....	67
APÊNDICE XII - Controlador Node.....	67
APÊNDICE XIII - Modelagem recebimento de mensagem.....	68
APÊNDICE XIV - Modelagem execução de comandos recebidos.....	68
APÊNDICE XV - Controlador Core.....	69
APÊNDICE XVI - Modelagem do controle de medições ou atuações....	69
APÊNDICE XVII - Coleções criadas no MongoDB.....	70
APÊNDICE XVIII - Barra de menu da aplicação.....	71
APÊNDICE XIX - Tela de listagem dos dados.....	71
APÊNDICE XX - Controlador Core e suas conexões.....	72
APÊNDICE XXI - Controlador Node no ambiente.....	72
APÊNDICE XXII - Fonte de energia solar.....	73
APÊNDICE XXIII - Ambiente físico montado.....	73
APÊNDICE XXIV - VerdIn.....	74
APÊNDICE XXV - Cadastro da plantação Girassol A e Girassol B.....	75
APÊNDICE XXVI - Cadastro do Controlador Node 1 e 2.....	76

APÊNDICE XXVII - Cadastro de sensores.....	77
APÊNDICE XXVIII - Cadastro e configuração de Atuadores.....	78
APÊNDICE XXIX - Detalhe da mensagem trocada por controladores....	79
APÊNDICE XXX - Rotas utilizadas pela aplicação web.....	80
APÊNDICE XXXI - Artigo.....	81
ANEXOS.....	87
ANEXO I - Raspberry Pi modelo B e modelo B+.....	87

1. INTRODUÇÃO

No ramo da agricultura, seja em pequena escala como jardins ou até em grande escala como lavouras, é clara a falta de acompanhamento específico em tempo real. Problemas como desperdício de sementes, exagero ou falta de água e fertilizantes, e dificuldade no gerenciamento dos diferentes tipos de plantas são recorrentes, ocasionando perdas significativas em esforço e produção que fazem com que o resultado do plantio não seja condizente com seu real potencial.

Portanto técnicas e meios de contornar esses empecilhos são buscados pelos responsáveis pelo plantio, e alguns dos métodos tradicionais conhecidos são: temporização de irrigação e adubagem, rotação de culturas, hidroponia, etc.

Porém, esses métodos citados tratam os problemas de maneira genérica e sem acompanhamento sensível ao contexto de cada parte da plantação. Daí surge a necessidade de uma nova técnica que aborde-os de forma mais precisa e eficiente.

A evolução tecnológica na área de computação ubíqua tem deixado os dispositivos cada vez mais portáteis, potentes e baratos. Dispositivos como sensores de umidade, luz solar, geolocalização e transmissores de dados sem fio estão sendo muito utilizados em projetos de automação e ambientes inteligentes.

Certamente essas tecnologias possibilitam preencher a brecha apresentada acima e auxiliar tanto uma pessoa que queira sair de férias e ter certeza de que o seu jardim estará em bons cuidados, quanto um produtor de grãos que deseja otimizar sua produção.

1.1. Objetivos Gerais

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um ambiente computacional para monitoramento e controle das variáveis de um ambiente físico, através de dispositivos de sensoriamento e atuação combinados com aplicações computacionais.

A ideia principal é integrar os dispositivos e aplicações por meio de um modelo que possa ser aplicável a um ambiente físico específico de forma escalável, facilmente configurável, com baixo custo, com baixo consumo de recursos, e que demande pouco esforço por parte do usuário.

1.2. Objetivos Específicos

- Realizar uma pesquisa sobre o cenário atual do ramo de jardinagem/agricultura e tecnologias utilizadas para que possamos usar de base neste trabalho.
- Realizar uma pesquisa sobre o cenário atual em computação ubíqua e sua aplicação em ambientes de plantação.
- Conceber o modelo de um sistema computacional capaz de monitorar e controlar variáveis de um ambiente físico, provendo alta escalabilidade, baixa dependência de trabalho humano e economia de recursos.
- Desenvolver um ambiente computacional baseando-se no modelo concebido, e aplicá-lo ao ambiente de plantação.
- Analisar o funcionamento do ambiente e os dados gerados.

1.3. Justificativa

Ambientes inteligentes tem sido cada vez mais estimulados devido a expansão e evolução tecnológica. A acessibilidade à microcontroladores e outros dispositivos fez com que houvesse uma inovação na área de monitoramento e controle de ambientes.

Gerar e trabalhar em cima de dados reais tornou-se algo simples e com um retorno extremamente significativo, pois os dados são a base para geração do conhecimento.

Este cenário tecnológico aliado ao fato histórico das limitações da agricultura relacionadas ao excesso de fertilizantes e água, mecanização cara e genérica, deu estímulo para o desenvolvimento de um ambiente computacional capaz de monitorar e controlar as variáveis de um ambiente físico em busca de geração de conhecimento e otimização do processo de cultivo de plantas.

1.4. Resultados Esperados

Esperamos desenvolver um ambiente computacional configurável que gere conhecimento a partir de informações de um determinado ambiente físico que será monitorado e controlado constantemente através de sensores e atuadores.

Além disso partimos da premissa de que esse ambiente deverá agregar características de computação ubíqua e dos projetos relacionados como: mobilidade, escalabilidade, redução do esforço humano e baixo consumo de recursos.

Adicionalmente esperamos realizar uma comparação entre o cultivo de plantas utilizando o projeto proposto e um método tradicional, afim de mostrar a quantidade de informação que pode ser gerada em um ambiente monitorado e como isso pode influenciar no cultivo de plantas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção apresenta um contexto histórico e o conhecimento teórico sobre o assunto atacado, que foram utilizados como base para definir o objetivo do projeto e para o seu desenvolvimento.

2.1. Agricultura

A definição de agricultura segundo a ETIM lat. é “1) atividade que tem por objetivo a cultura do solo para produzir vegetais úteis ao homem e/ou para a criação de animais. 2) conjunto dos métodos e técnicas necessários a essa produção.”

A agricultura, portanto, é uma atividade realizada pelos seres humanos desde a antiguidade até os dias atuais. Entre os anos 9000 a.c. e 3000 a.c. o homem foi perdendo a sua característica nômade - caçador-coletor - pelo fato de ter desenvolvido as técnicas de agricultura e com isso pôde se fixar em uma única localidade por mais tempo. Assim foram originadas às primeiras civilizações, primeiramente nas proximidades do Oriente Médio e posteriormente na Ásia, África e América, mas cada região tinha tendência a produzir um tipo de alimento, devido ao relevo e às condições climáticas particulares (MAZOYER e ROUDART, 2008).

O desenvolvimento da agricultura teve extrema importância para a formação das primeiras civilizações, assim como para a construção de suas sociedades e sua ocupação geográfica. À medida em que houve a modernização de suas técnicas e tecnologias, a agricultura teve significativos avanços e como resultado, aumento de produtividade (PENA, 2015).

2.2. Técnicas Agrícolas

As técnicas e métodos criados e aplicados na agricultura surgiram da necessidade de produzir mais e melhor, ou seja, otimizar a produção. Em cada época da evolução da raça humana a otimização da produção se deu através da utilização da tecnologia existente naquele determinado contexto (MAZOYER e ROUDART, 2008). Deste modo, à medida em que o homem foi evoluindo na questão tecnológica, também foi aperfeiçoando as técnicas de agricultura. Esse reflexo pode ser descrito através de alguns marcos importantes.

2.3. Revoluções na Agricultura

Após a Idade Média, em meados do século XVIII o mundo presenciou a chamada Revolução Agrícola Inglesa. Motivada pelo aumento populacional na Inglaterra, pelo fortalecimento do capitalismo e pela necessidade de produção de matéria prima para a indústria - como por exemplo o algodão - esta revolução teve como principal característica a inserção de maquinário pesado no campo e automação de muitas tarefas.

A rotação de culturas também foi adotada nesta época e teve grande sucesso pois mantia o solo fértil e produtivo por mais tempo. Esta técnica conservava o solo ao fazer uma troca de culturas nos novos plantios de forma que as necessidades de adubação fossem diferentes a cada ciclo. Havendo essa alternância, as espécies escolhidas para cultivo não tinham apenas propósitos comerciais mas também visavam a recuperação do solo com uma variada absorção de nutrientes e o controle do desenvolvimento de plantas daninhas, insetos e pragas.

No século XX, mais precisamente após a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), onde o desenvolvimento tecnológico foi vasto, a agricultura conheceu um de seus patamares mais importantes, o que ficou conhecido como Revolução Verde. Abrangendo inicialmente os Estados Unidos e Europa, tratou-se de um conjunto de medidas e técnicas baseadas na seleção de sementes com alto rendimento em substituição às sementes tradicionais que eram menos resistentes aos insumos industriais. Também contou com a evolução dos aparatos de produção agrícola para ampliar, sobretudo, a produção de alimentos.

No Brasil a influência desta revolução foi mais tardia, após mais de uma década como cita SILVA et al. (2014) “O Brasil apresentou um processo de modernização na agricultura iniciado a partir de meados da década de 1960, com a Revolução Verde”.

Nesta época o agricultor adquiriu um certo controle sobre suas terras, visto que as tecnologias existentes permitiram aumentar o gerenciamento da produção. Surgiram no mercado agropecuário vários sistemas que viabilizaram esta maior gestão, como por exemplo o sistema de plantio, onde as sementes selecionadas

eram inseridas na terra através de uma máquina, o sistema de irrigação, onde as plantações eram irrigadas de tempos em tempos, cobrindo com exatidão toda a área cultivada e o sistema de colheita que otimizava este processo antes feito manualmente e que necessitava de muita mão de obra.

Insumos industriais como fertilizantes e agrotóxicos apareceram como solução para pragas e para recuperação do solo, porém a aplicação destas substâncias promoveram, principalmente nos países em desenvolvimento, uma série de complicações como a contaminação de água e solo e problemas de saúde em agricultores. Além disso, estes países começavam a sofrer consequências do desmatamento, onde haviam grandes florestas devastadas para obtenção de espaço físico para o plantio.

A partir da década de 1990, estamos vivenciando uma profunda transformação nas técnicas agrícolas, a chamada revolução transgênica. Produtos transgênicos são aqueles produtos agrícolas geneticamente modificados para:

- Serem mais resistentes à pragas e pestes.
- Serem mais resistentes aos efeitos degradantes de produtos químicos
- Permitirem o seu cultivo em tipos de solo e clima originalmente pouco apropriados.

O cultivo dos produtos agrícolas transgênicos é a causa de um dos debates mais polêmicos da mundo moderno do século XXI. Os seus defensores argumentam que o desenvolvimento desse tipo de técnica e seus resultados ajudam no aumento da produção e, portanto, no combate à fome, além de garantir o sustento e a lucratividade dos produtores. Aqueles que se opõem aos transgênicos consideram ruins os seus efeitos sobre a saúde humana e também sobre a natureza, considerando que a melhor opção é o cultivo em agricultura orgânica.

Em paralelo à essa revolução transgênica, no início do século XXI temos também a evolução de uso de recursos computacionais. SILVA et al. (2014) relata este momento no Brasil. “O agronegócio é um setor importante para o Brasil e tem sido impulsionado por um processo de modernização e implementação de tecnologias que permitem ampliar o ganho produtivo e financeiro.”

Os atuais dispositivos utilizam tecnologia de comunicação de alto alcance, como bluetooth, redes 3G, 4G e wi-fi. Os drones por exemplo viabilizam imagens aéreas com alta definição para que programas possam reconhecer padrões e mapear uma área. Com todos esses dispositivos trabalhando junto, o produtor pode monitorar e ter uma tomada de decisão assertiva sobre o plantio. Estas técnicas direcionam a agricultura para uma etapa mais precisa e consciente onde as perdas são amenizadas e os problemas ambientais minimizados.

2.4. Teoria Malthusiana

Thomas Robert Malthus foi um demógrafo e economista inglês que se destacou por ter suas teorias publicadas em dois livros:

- "Um ensaio sobre o princípio da população na medida em que afeta o melhoramento do futuro da sociedade, com notas sobre as especulações de Mr. Godwin, M. Condorcet e outros escritores" (1798)
- "Um ensaio sobre o princípio da população ou uma visão de seus efeitos passados e presentes na felicidade humana, com uma investigação das nossas expectativas quanto à remoção ou mitigação futura dos males que ocasiona" (1803).

O economista abordou pontos importantes que eram discutidos mundialmente naquela época, como o rápido aumento populacional, os meios de subsistência e a causa da pobreza durante Revolução Industrial. HENRIQUES (2007) comprova isso com uma passagem do livro de Malthus: "Segundo Malthus: "Pode-se seguramente declarar que, se não for a população contida por freio algum, irá ela dobrando de 25 em 25 anos, ou crescerá em progressão geométrica (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, ...). Pode-se afirmar, dadas as actuais condições médias da terra, que os meios de subsistência, nas mais favoráveis circunstâncias, só poderiam aumentar, no máximo, em progressão aritmética (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10)"".

Além disso, Malthus chegou à conclusão que no futuro não haveria mais espaço para cultivar, pois o desenvolvimento agropecuário seria responsável por ocupar a totalidade das terras cultiváveis, e mesmo com o fim destas terras a população mundial não iria parar de crescer causando uma superlotação nos países.

Essa teoria, quando foi elaborada, parecia muito consistente. Porém com o passar dos anos foi perdendo credibilidade devido às falhas que vieram a se concretizar, principalmente por causa dos recursos limitados da época para coleta de dados. Outro erro de Malthus foi tirar conclusões tendo como base a observação do comportamento demográfico de uma região com população predominantemente rural, e as considerar válidas para todo o planeta (HENRIQUES, 2007). Também não levou em conta os possíveis desenvolvimentos tecnológicos que acabariam ocorrendo posteriormente nem os efeitos decorrentes da grande urbanização na evolução demográfica.

2.5. Dificuldades e Riscos

As dificuldades do meio agrícola são diversas, vão desde ataques de pragas, até transporte de produtos e concorrência no mercado (MAZOYER e ROUDART, 2008). Algumas das dificuldades a serem exploradas e minimizadas nesse trabalho são: pragas, desastres naturais, poluição e monopolização de tecnologias.

Segundo MAZOYER e ROUDART (2008), existe ainda uma grande parte da população agrícola que utiliza de meios e técnicas manuais, onde ainda não se encontram aspectos da Revolução Verde, como seleção de sementes, irrigação e uso de fertilizantes. Essas características levam a vulnerabilidade da produção agrícola, como ataques de insetos, alterações climáticas, etc. Porém, a parcela dos produtores que portam tecnologia e técnicas atuais, como mecanização e uso intensivo de fertilizantes, também encontram-se vulneráveis a outros problemas, tais como desperdício de recursos, poluição, desastres naturais, desgaste intensivo do solo, etc.

O livro de MAZOYER e ROUDART (2008) salienta que, o aumento da mecanização e produtos químicos não pode resolver o panorama atual do mundo, onde alimentos são jogados fora por falta de consumo ou por controle de mercado, não sendo necessário aumentar os recursos e sim, descobrir outros métodos mais eficientes relacionados à agricultura.

2.6. Sensoriamento

De acordo com PRIBERAM (2008-2013), sensor é definido por: "Dispositivo que permite adquirir, ler ou transmitir uma informação". Uma definição mais usual adotada por Avery e Berlin (apud. Farias et al., 2007): uma técnica para obter informações sobre objetos através de dados coletados por instrumentos que não estejam em contato físico com os objetos investigados. Sensores podem ser utilizados nas mais diversas áreas onde deseja-se manipular informações, dependendo das tecnologias existentes.

2.7. Evolução Tecnológica

O avanço na área da tecnologia proporciona que tarefas, antes feitas de modo manual, hoje possam ser realizadas automaticamente por meio de dispositivos como sensores e atuadores que monitoram o ambiente e atuam somente em necessidades, sendo assim sensíveis ao contexto onde estão inseridos.

O estudo em relação ao sensoriamento de ambientes trouxe a possibilidade de mapeamentos e monitoramentos detalhados e constantes dos mesmos. Informações da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) mostram dificuldades quanto ao monitoramento preciso de áreas de território.

As tecnologias poderão ajudar produtores rurais como Josué Luiz Pereira, que utiliza de 400 a 500 mil litros de água diariamente para produzir 960 caixas/dia de hortaliças, sem saber, no entanto, se as plantas estão recebendo uma irrigação adequada ou não.

(EMBRAPA, 2015)

Há algumas décadas pensava-se em monitoramento remoto por satélites como algo de conceito visionário, e então em 1998 foram lançados mais de 90 satélites com sensores ativos e passivos embarcados, com intuito de poder mapear áreas de cultivo e retirar informações das mesmas. A resolução espacial destes satélites era de 10x10 metros. Na atual década, os veículos aéreos não tripulados, conhecidos como drones, são dispositivos menores que possuem resolução espacial

de 41x41 centímetros e podem trazer um número muito mais expressivo de dados para agricultores.

Com esses avanços tecnológicos a qualidade e quantidade de informações cresceu muito, possibilitando um conhecimento maior ao agricultor sobre suas terras e uma interpretação mais precisa das situações atacadas.

Isso nos mostra como são diversas as características dos dispositivos de sensoriamento, podendo ser móveis ou fixos, tamanhos variados e com diferentes fontes de energia. Certamente com essas proporções de evolução, estimula-se o uso desses dispositivos em diversas áreas de estudo e a criação de projetos que facilitem e otimizem tarefas.

2.8. Computação Ubíqua

Novos conceitos surgiram juntamente com a evolução tecnológica dos sensores. Um deles é a “Sensibilidade ao contexto” de um software, que pode ser definida como a capacidade dos softwares se adaptarem ao contexto onde estão inseridos.

Deste modo há um grande fluxo de troca de dados entre homem e máquina, onde a máquina aproveita estes dados e torna-se inteligente a ponto de conseguir se programar para realizar uma tarefa ou atender algum tipo de necessidade.

Os tipos de sensibilidade são muitos e podem variar de acordo com o contexto em que estão inseridos, podendo ser de localização, quando a tecnologia se adapta de acordo com a localização espacial, podendo ser temporal, se adaptando de acordo com horários e datas, também pode ser sensível ao ambiente físico, se adequando conforme as condições de iluminação, barulho e movimento, dentre outros tipos (FERRAZ e MESSIAS, 2011).

De acordo com ARAUJO (2003), professora da UFSCar e participante do XXI Simpósio de Brasileiro de Redes e Computadores, existem três conceitos que seriam classificados como fundamentais nesta área e são definidos como:

- **Computação Móvel:** Capacidade de mover fisicamente serviços computacionais conosco. Em outras palavras, é a possibilidade de se locomover e ainda assim transportar dispositivos computacionais para utilizar-los onde estiver. Atualmente esse conceito vem ganhando força com a grande atuação das tecnologias de acesso à rede sem fio, como por exemplo wireless, 3G e 4G, as quais viabilizaram um aumento na quantidade de tráfego dados.
- **Computação Pervasiva:** O dispositivo computacional encontra-se embarcado no ambiente, imperceptível ao usuário. Ou seja, em um ambiente pervasivo os dispositivos agem de forma inteligente e cooperativa às alterações do contexto, de forma que o usuário não precise controlar e configurar os mesmos.
- **Computação Ubíqua:** Beneficia-se dos avanços da computação móvel e computação pervasiva, integrando mobilidade com embarcamento.

A tabela a seguir ilustra esses três conceitos de forma clara.

Tabela 1 - Computação Móvel Pervasiva e Ubíqua

	Computação Pervasiva	Computação Móvel	Computação Ubíqua
Mobilidade	Baixa	Alta	Alta
Grau de “embarcamento”	Alto	Baixo	Alta

ARAUJO (2003)

Outra definição muito semelhante a estas e que vem sendo visada nos últimos anos é a computação vestível, que basicamente são aqueles dispositivos computacionais que são acoplados de alguma forma ao usuário. As aplicações deste conceito mais populares são em relógios, óculos, capacetes, entre outros e permitem uma alta capacidade computacional para objetos que antes se limitavam a poucas funcionalidades. Apesar de inovador este conceito recebe críticas por fatores estéticos e de conforto, visto que deveriam ser invisíveis ao usuário como aborda

FERRAZ e MESSIAS (2011) “O ideal seriam dispositivos imperceptíveis, que seriam ativados somente em situações de necessidade, usando a sensibilidade [...]”.

Foram apresentados alguns conceitos de extrema importância porém não são suficientes para montar um ambiente inteligente. De acordo com a Conferência de Ambientes Inteligentes (2007) para ser considerado tal tipo de ambiente é necessário que haja a convergência de algumas disciplinas como Ciências da Computação e Informação, Arquitetura, Engenharia, Inteligência Artificial, Sociologia e Design. E apenas com isso é possível ter a aplicação mais pura da computação ubíqua, onde toda a tecnologia é imperceptível ao usuário e ainda assim serve para auxiliá-lo em diversas tarefas que antes eram realizadas manualmente ou não eram realizadas.

3. PROJETOS RELACIONADOS

Deste modo temos duas linhas paralelas, uma da evolução das tecnologias e outra da evolução da agricultura. Ao longo da história da raça humana, quando estas linhas andaram próximas, o resultado foi expressivo. Atualmente não é diferente, a área da agricultura começa a receber a atuação de conceitos como computação ubíqua e sensoriamento.

Formar ambientes inteligentes em pequenos jardins ou grandes plantações pode parecer em um primeiro momento algo caro e complexo porém a longo prazo o lucro é significativo e a manutenção baixa. Além disso o mercado de controladores e sensores tornou-se mais popular, fazendo com que as pessoas pudessem ter acesso a microcontroladores e sensores de diversos tamanhos, formas e finalidades.

Quando essas tecnologias acessíveis são aplicadas em outras áreas, o resultado é inovador. Na agricultura, por exemplo, a última década foi marcada por um grande aumento no uso da tecnologia para auxiliar na tomada de decisão sobre o plantio. A EMBRAPA recentemente anunciou o lançamento de sensores produzidos com materiais de baixo custo que visam automatizar a análise do solo e monitorar jardins e plantações.

A Embrapa desenvolveu dois tipos de sensores para determinar a umidade do solo no campo e em jardins e, assim, evitar irrigação desnecessária, excesso e falta de água. São sensores que podem ser produzidos com diferentes especificações adaptados a diferentes necessidades e custo competitivo no mercado.

(EMBRAPA, 2015)

Com essa alta acessibilidade, a comercialização de pequenos e discretos dispositivos que monitoram dados do solo e do ambiente vem crescendo. Aliado a isso os smartphones e as aplicações web tornaram-se essenciais para analisar estes dados e disseminar informação, trazendo conhecimento ao usuário.

A seguir são mostrados alguns projetos recentes que se beneficiaram de sensores e microcontroladores para monitorar, gerenciar e controlar jardins, hortas e pequenas plantações em geral. Esses projetos foram utilizados de inspiração e aprendizado para nossa contribuição na área de Smart Gardens, porém

principalmente pelo fato da maioria deles serem proprietários e pagos, não os utilizaremos para comparações de funcionamento entre os mesmos e nosso projeto proposto.

3.1. PlantLink

Em 2011, a OSO Technologies lançou o PlantLink Soil Moisture Sensor primeira geração, um dispositivo capaz de medir o nível de umidade do solo e realizar uma rega eficaz. A empresa disponibiliza também uma válvula para auxiliar o controle de rega e uma aplicação que possibilita que o usuário emparelhe o dispositivo com o seu smartphone e assim possa controlar e retirar dados de cada uma das regiões monitoradas.

Ao adquirir o produto, o usuário recebe um sensor de umidade que deve ser inserido no solo e uma estação de base que deve ser anexada ao roteador Wi-Fi. A estação de base permite receber dados de no máximo 64 sensores que podem ser adquiridos de forma avulsa, isso aumenta o nível de abrangência do produto, podendo monitorar pequenos vasos ou jardins e plantações.

Os sensores conectam-se à estação de base através de um sinal de rádio ZigBee dedicado de longo alcance e baixo consumo de energia. A aplicação recebe os dados e os compara com o nível de umidade ideal da planta analisando uma base de dados com informações de mais de 50.000 plantas.

A válvula, caso adquirida, deve ser anexada à uma mangueira ou torneira afim de controlar o fluxo de água. O dispositivo é movido por energia solar devido ao painel que possui em cima da estrutura e pode ser regulado para regar em ciclos ou regar quando for notificado pelos sensores (PLANTLINK, 2011).

Mais informações do projeto PlantLink constam no APÊNDICE I.

3.2. Click & Grow

Dispositivo compacto que possibilita cultivo de hortaliças e flores de modo totalmente automatizado. Foi criado por Mattias Lepp e teve alguns protótipos anteriores a esta versão que é comercializada. A ideia surgiu após Lepp estudar e analisar experiências da NASA para cultivar plantas no espaço através da aeroponia (SMALLBONE, 2016).

As plantas são cultivadas de forma natural, tendo como inspiração e inovação a biomimética, ciência que estuda a natureza, as suas estratégias e suas soluções afim de utilizar e disseminar esse conhecimento para outras áreas da ciências.

A semente do vegetal é depositada dentro de um cartucho, que por sua vez é encaixado numa estrutura que possui um solo inteligente capaz de liberar os nutrientes necessários para cada fase do ciclo de crescimento da planta. A textura também é uma característica relevante do solo proposto já que permite que as plantas tenham oxigênio o tempo todo através dos poros e pequenos espaços que são formados no meio da terra. Em cada cartucho há um microchip que controla o crescimento da planta e ajusta as condições de crescimento de acordo com cada caso, para que cada espécie atinja o máximo de seu desenvolvimento.

A quantidade de horas de luz por dia não é ajustável ao tipo de planta cultivada visto que há um temporizador incorporado a estrutura que acende a luz por um período fixo de 8 ou 16 horas por dia (GROW, 2010). Estes valores geralmente são ideais para conseguir rápidos resultados em uma pequena plantação, porém existem plantas que para uma melhor e mais rápida germinação e crescimento necessitam de uma quantidade de horas diferente da que o produto propõe. O ciclo de rega também é automatizado e controlado, evitando pontos inundados ou secos e utilizando cerca de 10 vezes menos água que uma plantação tradicional.

Mais informações sobre o projeto Click and Grow constam no APÊNDICE II.

3.3. RUFs (Robotic Urban Farm System)

Este projeto aborda uma alternativa ao cultivo tradicional em solo, a hidroponia, um método de crescimento de plantas onde as soluções de nutrientes minerais estão na água e não no solo. Os nutrientes na hidroponia podem ser originados de resíduos de peixe até estrume de animais, como por exemplo, pato (ROBOTICS, 2014).

Uma estrutura vertical com canos é montada previamente e é por ela onde a água circula por todo o sistema e entra em contato com as plantas. Um ponto importante é que grande quantidade de água é reaproveitada, ocasionando na diminuição de cerca de 90% o consumo de água (ROBOTICS, 2015).

O sistema possui uma série de controladores arduinos que gerenciam os ciclos de rega, de iluminação e de ventiladores, e captam os níveis de pH e de nutrientes. Estes dispositivos utilizam o protocolo I2C para se conectar via fios a um controlador Raspberry Pi que permite que todos os parâmetros do sistema sejam monitorados e atualizados em tempo real. O Raspberry Pi é centralizado e recebe os dados dos dispositivos periféricos e assim mantém um registro histórico de medições e ciclos.

Os dados no formato JSON são enviados a um web service e disponibilizados em uma aplicação que pode ser acessada através de smartphones, tablets e PCs, permitindo configurar e monitorar todo o sistema em qualquer hora e lugar com acesso a internet.

Mais informações sobre o projeto RUFs constam no APÊNDICE III.

3.4. Edyn

Um sistema de jardim inteligente que monitora e controla as condições ambientais do jardim. O fundador da Edyn, Jason Aramburu, tem como objetivo resolver os problemas da seca e da escassez global de alimentos.

Formado por uma sonda que fica localizada no solo e uma válvula que controla os ciclos de rega, Edyn facilita o cultivo de plantas principalmente em pequenos e médios espaços, como hortas e jardins. Além disso os dispositivos se conectam a uma aplicação que mantém o usuário informado sobre a situação de suas plantas e dão outras informações úteis para tomada de decisão sobre a plantação.

Ao emparelhar a sonda implantada na terra com a aplicação Edyn no smartphone e também conectando esta sonda a uma rede wi-fi, o usuário consegue receber dados atuais de sua plantação, como por exemplo dados de luminosidade, de umidade, de nutrientes e de temperatura. Com o uso contínuo da aplicação é possível visualizar gráficos por período que trazem muitas informações interessantes sobre o cultivo e permitem que o usuário aja sobre suas plantas de acordo com as condições do clima e temperatura de região. A aplicação conta com uma base de dados bastante completa, com muitas plantas mapeadas, auxiliando o usuário sobre ações que deve ou não deve tomar (EDYN, 2014).

As especificações da sonda dizem que ela é capaz de cobrir uma área de 250 metros quadrados, porém esta cobertura é feita de modo representativo. A sonda apenas analisa o solo e as plantas mais próximas e espera que as condições para as demais plantas sigam a mesma linha. Este tipo de cobertura pode ser arriscado visto que se algum ponto que esteja distante da sonda estiver seco ou encharcado, a sonda não irá relatar ao usuário este mau comportamento.

Mais informações sobre o projeto Edyn constam no APÊNDICE IV.

3.5. Flower Power

A companhia francesa Parrot possui um diversificado portfólio de produtos, onde se destacam drones e principalmente tecnologias voltada para automóveis. Recentemente ela avançou à área das plantas com um sensor discreto movido a pilha que auxilia donos de pequenos jardins e vasos a cuidarem de suas plantas. O sensor é depositado no solo de forma que possa captar a luz do sol e assim pode monitorar e diagnosticar problemas existentes na plantação para que ela tenha um alto nível de rendimento.

Os dados ficam armazenados no pequeno sensor em forma de galho e o envio destes dados é feito via Bluetooth Low Energy para que sejam gerenciados pela aplicação da própria Parrot. A aplicação possui uma extensa base de dados de plantas, com cerca de 7000 plantas catalogadas (PARROT, 2013) com alto nível de informação, resultado de pesquisas da Parrot em conjunto com universidade holandesa de Wageningen, e ainda conta com a exibição de gráficos sobre o status da planta e de previsões sobre os cuidados que precisam ser tomados nos próximos dias.

O usuário deve associar as plantas que estão sendo cultivadas com as plantas catalogadas afim de obter informações necessárias para um bom cultivo daquela espécie e deste modo a aplicação torna-se capaz de notificar quando níveis de umidade, luminosidade, temperatura ou fertilizantes estiverem desregulados.

Mais informações sobre o projeto Flower Power constam no APÊNDICE V.

4. PROPOSTA DO MODELO OCTOPUS

Com base na fundamentação teórica e projetos relacionados pesquisados, tivemos estímulo para propor um modelo novo. A ideia é que esse modelo seja facilmente aplicado no desenvolvimento de um ambiente e que promova alta escalabilidade e mobilidade, a fim de atacar o problema atual de falta de monitoramento e controle sensíveis ao contexto do ambiente.

4.1. Problema

O problema a ser atacado é a falta de monitoramento e controle sensíveis ao contexto dos ambientes. Especificamente num ambiente agrícola, onde há dificuldade em aumentar a eficiência do cultivo de forma mais contextualizada, monitorada, controlada e sustentável. A mecanização da agricultura trata cada planta de um jeito genérico e encontra-se num estado de gargalo, onde o aumento de maquinário e fertilizantes não surtem mais o efeito esperado, estimulando a busca por um novo método de cultivo.

4.2. Esboço Inicial do Modelo

O esboço do modelo tem três pontos principais: O ambiente de sensoriamento, o web server e o aplicativo para dispositivos móveis. Suas respectivas funções são:

- **Ambiente de Sensoriamento:** responsável pelo gerenciamento dos sensores e pela captação dos dados. Nesse ponto há todo o tratamento de temporização, faixas limites das variáveis a serem monitoradas para disparo de ações e possível espaço de armazenamento dos dados brutos.
- **Web Server:** Servidor que hospedará a parte servidor da aplicação, é onde serão armazenados os dados captados e onde serão tratados para serem disponibilizados no aplicativo. (Possível espaço de armazenamento dos dados tratados).
- **Aplicativo para Dispositivos Móveis:** Essa aplicação tem função de transformar os dados hospedados no servidor de forma interessante para

análise e controle do usuário. O acompanhamento em tempo real com conexão ao servidor é o principal objetivo.

No APÊNDICE VI encontra-se a figura do esboço para melhor interpretação.

4.3. Refinamento do Esboço Inicial do Modelo

Posteriormente à concepção do esboço inicial do modelo e ao amadurecimento técnico baseado nos projetos relacionados, foi possível conceber um modelo mais refinado e com caminhos mais claros para sua implementação. Partindo da idéia do esboço inicial e aplicando o refinamento, o ambiente foi segmentado então em quatro módulos principais: Node, Core, Server e Aplicação web.

O "Ambiente de Sensoriamento" esboçado foi dividido em Core e Nodes, afim de promover escalabilidade e mobilidade à parte do sistema local, sendo o Core responsável pela comunicação com o Server e com os Nodes, e cada Node responsável pela captação de dados dos sensores e ativação dos atuadores. A responsabilidade de armazenamento de dados foi excluída dos mesmos afim de simplificar o fluxo de dados.

O Server por sua vez, foi refinado a partir do "Web Server" esboçado e tem responsabilidade de servir, armazenar e manipular dados relacionados tanto ao Core quanto à aplicação web.

Por fim, a aplicação web refinada da "Aplicação para Dispositivos Móveis", é uma aplicação acessível de qualquer dispositivo via internet e continua tendo a responsabilidade de transformar os dados captados em conhecimento interessante para o usuário, adicionada da função de servir como configurador do ambiente.

No APÊNDICE VII há uma ilustração para o melhor entendimento do conceito do ambiente e de suas partes.

4.4. Arquitetura do Modelo

O modelo proposto conta com vários dispositivos interconectados, são eles: sensores, atuadores, controladores Node, controlador Core, módulo cloud (Server e aplicação web) e dispositivos de acesso como PCs e smartphones.

Para a arquitetura desse modelo, foi decidido que um indefinido número de dispositivos de acesso podem acessar a aplicação web servida pelo Server (módulo cloud). O módulo cloud é único e por sua vez comunica-se com somente um controlador Core. O controlador Core comunica-se com um indefinido número de controladores Node. Cada controlador Node comunica-se com um indefinido, porém limitado número de sensores e atuadores.

Segue uma ilustração para o melhor entendimento do modelo de arquitetura proposto e suas cardinalidades:

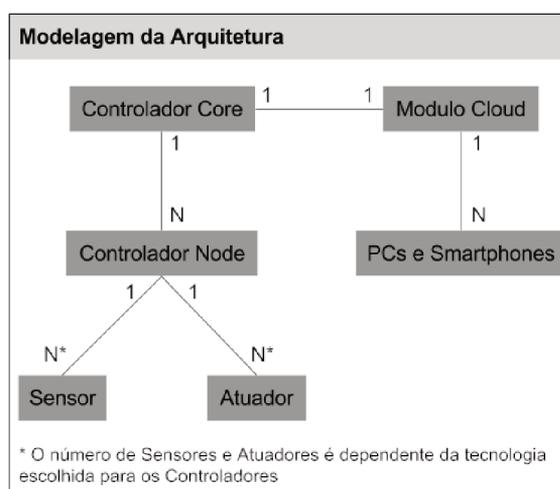


Figura 1 - Arquitetura do modelo proposto

4.5. Conexões do Modelo

Após arquitetadas as partes do modelo, é necessário definir como as partes se conectam.

Foi definido então utilizar conexões de rede wifi ou Ethernet para ligar os dispositivos de acesso, como PCs e smartphones, ao módulo cloud e também para ligar o módulo cloud ao controlador Core. Para a ligação entre controlador Core e controladores Node, foi decidido utilizar conexões Sem Fio para proporcionar mobilidade aos pontos de monitoramento e controle, sugerimos para tal o uso da

tecnologia Bluetooth Low Energy, afim de otimizar o tempo de conexão e consumo energético no ambiente local. E para as ligações entre cada node e sensores/atuadores foram definidas conexões via cabo, pelo motivo de utilizar-se portas físicas para leitura e escrita de sinais em microcontroladores.

Segue uma ilustração para o melhor entendimento do modelo de conexões proposto:

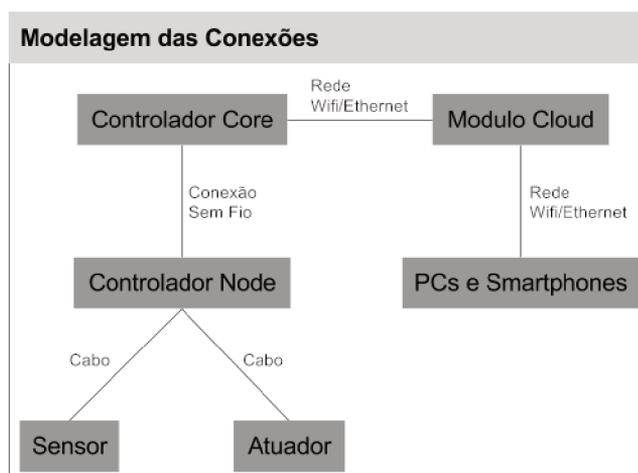


Figura 2 - Conexões do modelo proposto

4.6. Comunicações do Modelo

Por fim, definimos o conteúdo e fluxo das comunicações entre cada parte do modelo. Existem dois fluxos de comunicação principais: 1) Fluxo dos dispositivos de acesso até os sensores/atuadores. 2) Fluxo dos sensores/atuadores até os dispositivos de acesso.

O início do fluxo 1, que é o ponto de partida para o funcionamento do sistema, se dá nos dispositivos de acesso, onde o usuário realiza a configuração do ambiente computacional e define os valores desejados das variáveis do ambiente físico (Comunicação 1A da Figura 3). Essa configuração é enviada ao módulo cloud que por sua vez disponibiliza ao controlador Core uma lista de sensoriamentos e atuações que devem ser realizadas (Comunicação 1B da Figura 3). O controlador Core transforma estas listas em comandos simples e envia ao controlador Node (Comunicação 1C da Figura 3). O controlador Node interpreta os comandos e os executa, podendo ser leituras de sinais analógicos de sensores (Comunicação 2A da

Figura 3) e/ou ativações de atuadores por sinais digitais (Comunicação 1D da Figura 3).

Já o início do fluxo 2 se dá partindo dos sensores/atuadores que respondem ao controlador Node via sinais analógicos e digitais (Comunicações 2A e 1B da Figura 3 já citadas). Baseado nas respostas, o controlador Node envia esses dados coletados ao controlador Core (Comunicação 2B da Figura 3). O controlador Core trata de atribuir esses dados coletados aos seus respectivos objetos de medição ou atuação e enviar essas informações geradas ao módulo cloud para serem persistidas (Comunicação 2C da Figura 3). O módulo cloud, baseado nas informações de medições e atuações persistidas, irá contextualizá-las em gráficos e disponibilizá-las para serem consumidas pelos dispositivos de acesso (Comunicação 2D da Figura 3).

Alterações na configuração do ambiente computacional e nos valores desejados das variáveis do ambiente físico podem ser feitas a qualquer momento, modificando o conteúdo das comunicações.

Segue uma ilustração para o melhor entendimento do modelo de comunicações proposto:

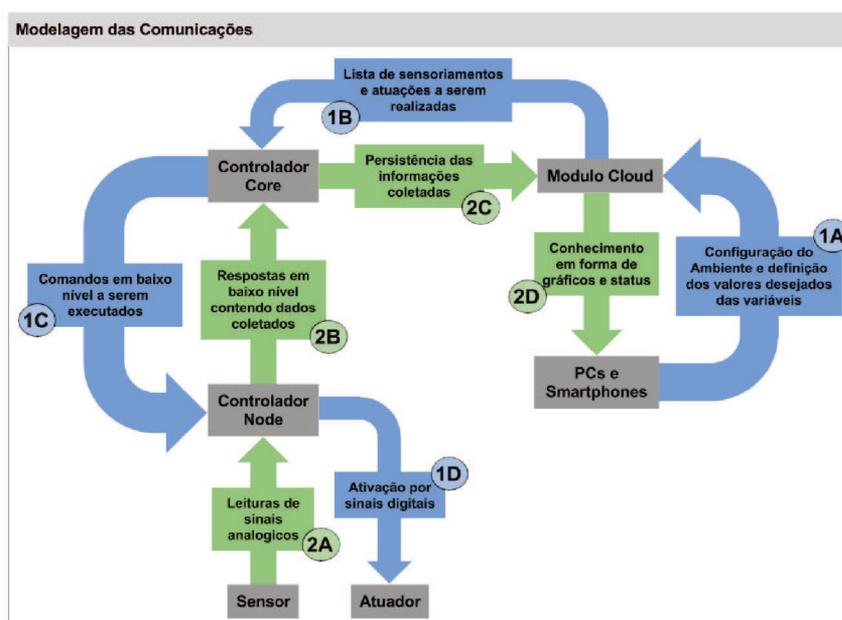


Figura 3 - Comunicações do modelo proposto

4.7. Considerações sobre a Modelagem

O nome "Octopus" dado a esse modelo foi escolhido justamente para passar a ideia de ser um modelo que aumente a inteligência, consciência, contato e poder de controle sobre o ambiente, que são características similares às do molusco.

Esse modelo foi concebido visando prover monitoramento e controle com alta escalabilidade e máximo aproveitamento dos recursos utilizados. Este fato se confirma ao ver que o modelo define uma quantidade indefinida de controladores Node a serem conectados ao controlador Core e uma quantidade indefinida, porém dependente dos dispositivos utilizados, de sensores e atuadores conectados a cada controlador Node.

Outra característica do modelo que julgamos muito importante é a de tratar o nível do conteúdo à cada interface, vemos claramente que desde os sensores e atuadores até os dispositivos de acesso, o conteúdo se transforma em sinais, dados, informações e conhecimento, e vice-versa.

Tivemos a ideia da concepção desse modelo ligado à aplicação do mesmo a um ambiente de plantação, porém é possível aplicá-lo a outros tipos de ambientes em que se deseje monitorar e controlar variáveis por meio de dispositivos.

5. DESENVOLVIMENTO DO AMBIENTE VERDIN

Com a concepção do modelo proposto no capítulo anterior, foi possível iniciar o desenvolvimento do ambiente baseado nesse modelo. A decisão sobre qual ferramental utilizar para a implementação do projeto foi tomada baseando-se na experiência acadêmica e profissional prévia dos integrantes desse trabalho nas áreas de desenvolvimento orientado a objetos, desenvolvimento web, bancos de dados No-SQL, eletrônica, entre outros; e também na análise dos projetos relacionados, com o intuito de aproveitar os pontos positivos de cada um dos projetos.

Esse ferramental escolhido constitui-se de dispositivos, plataformas, linguagens, bibliotecas e persistência, sendo de primordial importância a compatibilidade dessas ferramentas com os conceitos de escalabilidade, mobilidade, automação de tarefas e economia de recursos que foram definidos como pilares do projeto que está sendo proposto.

A seguir será feita uma breve descrição do ferramental utilizado e o motivo pelo qual ele se encaixa dentro dos objetivos do projeto. Posteriormente a estas definições se torna possível o início da implementação de cada módulo.

5.1. Definição dos Dispositivos

Raspberry Pi é um projeto que surgiu como uma ferramenta para o aprendizado de linguagens de programação para alunos de países menos desenvolvidos, propondo ser um computador completo e de baixo custo. Adquirimos o modelo Raspberry Pi B+ e a sua vantagem em relação às versões anteriores seria a capacidade de suportar uma maior número e tipo de conexões, por exemplo usb.

Este produto foi utilizado em nosso projeto como base do controlador Core devido à sua alta acessibilidade financeira, ao seu baixo consumo de energia e por ter uma variada possibilidade de conexões, como por exemplo 4 portas USB, porta ethernet, conector de áudio e vídeo, entrada HDMI entre outras. O ANEXO I (GUARISE, 2014) mostra o Raspberry Pi em dois modelos distintos, o B e o B+.

Como base do controlador Node temos o projeto Arduíno que também tem como objetivo tornar este tipo de ferramenta mais acessível, tendo baixo custo, sendo flexível e fácil de utilizar, principalmente para pessoas que não podem adquirir os controladores mais sofisticados. Optamos pelo modelo Nano, ilustrado no APÊNDICE VIII, pois além de ser uma versão bastante desenvolvida é uma versão mais compacta deste controlador podendo ser facilmente manuseada e encapsulada.

Afim de implementar uma comunicação fácil, rápida e energeticamente eficiente entre os controladores Node e o Controlador Core foram adquiridos módulos de Bluetooth tanto para incorporar ao Raspberry Pi como para incorporar ao Arduino, conforme ilustrado no APÊNDICE IX. Ambos dispositivos contam com a tecnologia *Low Energy* que difere do módulo de bluetooth clássico por consumir menos energia e ter um tempo de conexão menor.

A comunicação entre o controlador Core e o Server pode ser feita via cabo de rede ou via conexão wi-fi. Para utilizar a conexão wi-fi foi necessário adquirir um módulo compatível com o Raspberry Pi que segue a mesma linha dos demais dispositivos, tendo um baixo custo e sendo bastante acessível.

Para captar os dados de umidade do solo, funcionalidade de extrema importância neste projeto, utilizamos sensores resistivos que são simples e baratos, tendo uma alta acessibilidade. Este dispositivo é composto por dois termistores que são inseridos no solo, identificados no APÊNDICE X, que são capazes de medir sinais elétricos do meio em que se encontram. Uma corrente elétrica é medida pelo primeiro termistor e posteriormente é medida pelo segundo termistor e com isso pode-se calcular o nível da umidade do solo.

Outra funcionalidade crucial para o projeto é a rega automática feita por uma bomba d'água, semelhante às bombas utilizadas em aquários e que pode ser visualizada no APÊNDICE XI. Este dispositivo será acionado pelo controlador Node quando os níveis de umidade estiverem baixos e houver necessidade de regar a plantação.

5.2. Definição das Plataformas

Para hospedar a Aplicação web e o Server buscamos a utilização dos serviços da empresa Amazon. A empresa disponibiliza um serviço chamado Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2) que serve para que desenvolvedores tenham um espaço na nuvem simples, flexível e escalável para manter seus recursos computacionais.

Com esta plataforma em nuvem o desenvolvedor possui controle dos recursos utilizados e ainda conta com um alto nível de segurança, visto que a Amazon é uma empresa consolidada no mercado e disponibiliza uma série de serviços computacionais.

5.3. Definição das Linguagens e Bibliotecas

Para o desenvolvimento no controlador Node utilizando o dispositivo Arduino, foi necessário o uso de uma linguagem que é padronizada para este tipo de controlador, a linguagem C. Esta linguagem estruturada permite que o controlador Node traduza os comandos que são recebidos via bluetooth do controlador Core e assim possa realizar suas duas únicas funções: medir, para coletar as medições dos sensores de umidade, e atuar, para ativar a bomba d'água e fazer a rega automática.

Tanto no desenvolvimento do controlador Core (Raspberry Pi) como nos do Server e Aplicativo web utilizamos uma linguagem baseada em scripts chamada Javascript. Esta linguagem é bastante popular e muito usada em aplicações web, devido a facilidade de se aplicar o paradigma de orientação a objetos e também de se relacionar com os elementos de uma página web, conhecidos como DOM (Document Object Model).

Com intuito de facilitar a execução dos programas desenvolvidos em Javascript optamos pela utilização da plataforma Node.js, que trata-se de um ambiente para execução de programas codificados em Javascript e é compatível com a maioria dos sistemas operacionais linux, inclusive o Raspbian (SO do Raspberry Pi).

O Node.js faz com que a programação do lado do servidor seja feita em javascript, mesma linguagem que geralmente é utilizada para programar o lado do cliente. Além disso soluciona um grande problema de concorrência enfrentado por muitas outras plataformas no mercado, pois se baseia em um modelo de programação orientada a eventos. Segundo MOREIRA (2013) esta ferramenta é ideal para aplicações em tempo real com troca intensa de dados através de dispositivos distribuídos.

Integrado à esta plataforma, também faremos uso do NPM, um gerenciador de pacotes do Node.js. Trata-se de um repositório online onde um desenvolvedor pode publicar seu projeto de código aberto, e este projeto pode vir a servir como biblioteca para outros projetos de outros desenvolvedores. O gerenciador auxilia na instalação de bibliotecas, gestão de versões, gestão de dependências entre outras funcionalidades. Além disso, a comunidade de programadores adiciona novos projetos todos os dias, fazendo com que haja um grande variedade de pacotes disponibilizados.

Além das linguagens e plataformas citadas, outras bibliotecas também foram exploradas para a realização do projeto proposto, como por exemplo Noble (NOBLE, 2013), um pacote que permite que o desenvolvedor possa trabalhar facilmente com as comunicações baseadas na tecnologia Bluetooth Low Energy.

Assim como Noble, utilizamos a biblioteca de código aberto Unirest (UNIREST, 2013), que fornece aos desenvolvedores uma maneira consistente e leve de fazer requisições HTTP, com suporte a JSON e independentemente da linguagem de programação usada.

A biblioteca Google Charts (CHARTS, 2008) foi utilizada para construir os gráficos do Aplicativo web, onde são expostas as informações sobre os ambientes sensorizados e controlados. É uma biblioteca simples e clara da Google com uma documentação completa e integra-se facilmente com a linguagem Javascript.

Para tornar o programa multi-plataforma e solucionar problemas de front-end da aplicação contamos com o auxílio do framework Bootstrap. Esta ferramenta é capaz de adaptar um mesmo projeto para ser visualizado em celulares, tablets e

desktop de forma com que as mudanças no leiaute sejam mínimas, independente da plataforma que o usuário utiliza para acessar a aplicação. Conta com muitos componentes CSS e HTML e também possui uma documentação completa o que possibilita explorar ao máximo as funcionalidades disponibilizadas pelo framework.

5.4. Definição da Persistência

Para persistência dos dados feita pelo Server optamos por um banco de dados NoSQL orientado a documentos, pelas facilidades e vantagens que este tipo de banco agrega ao projeto. O MongoDB é uma ferramenta de alta performance escrita na linguagem C++, de código aberto e tem se tornado muito popular para persistência de dados nas aplicações mais recentes. Ele é uma mistura entre os repositórios escaláveis baseados em chave/valor e a tradicional riqueza de funcionalidades dos bancos relacionais (NASCIMENTO, 2010).

Um dos principais motivos para a escolha desse banco foi a economia no tempo de concepção do banco, pelo formato dos dados ser definido no momento da inserção e a compatibilidade ao formato JSON utilizado em todo o projeto.

Outra vantagem da utilização do MongoDB é forma de escrever e dar manutenção para consultas já que elas são simples e geralmente curtas, diferentemente de algumas consultas em bancos de dados relacionais em que o desenvolvedor precisa inserir uma grande quantidade de joins para muitas vezes recuperar um único valor.

5.5. Implementação do controlador Node

A implementação física do controlador Node se deu conectando uma placa Arduino Nano a um módulo Bluetooth Low Energy HM-10 via porta serial, também o sensor de umidade do solo à uma porta analógica do Arduino, e a bomba d'água à uma porta digital do Arduino.

O APÊNDICE XII mostra uma foto do controlador Node com seus dispositivos integrados.

Já a implementação do código do controlador Node se deu a partir de um programa na linguagem C, carregado na placa Arduino através da IDE Arduino. O

programa concebido segue a seguinte lógica expressada num diagrama de atividades:

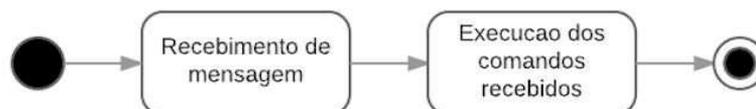


Figura 4 - Diagrama macro de atividades do controlador Node

Este programa é executado em loop infinito assim que a placa Arduino é ligada.

Para um melhor entendimento do algoritmo, o refinamento das macro atividades está disponível nos diagramas apresentados nos APÊNDICE XIII e APÊNDICE XIV. O código fonte concebido a partir desses refinamentos encontra-se em referência (GROWVERDIN, Node. 2016).

5.6. Implementação do controlador Core

A implementação física do controlador Core já é muito mais simples e consiste em conectar dois módulos de comunicação sem fio, um adaptador Bluetooth Low Energy para comunicação com os controladores Node, e um adaptador Wifi para conexão com o módulo cloud via internet, porém também é possível conectá-lo à internet por um cabo Ethernet.

O APÊNDICE XV ilustra o controlador Core para o melhor entendimento da sua configuração física.

A implementação do código do controlador Core se dá por um programa na linguagem Javascript executado por um ambiente de execução chamado Node.js. Para a implementação desse programa foram utilizadas algumas bibliotecas do NPM (Node Package Manager), chamadas Noble (para comunicação Bluetooth LE) e Unirest (para requisições HTTP) conforme citado anteriormente.

O algoritmo do controlador Core se da resumidamente pelo diagrama de atividades a seguir:

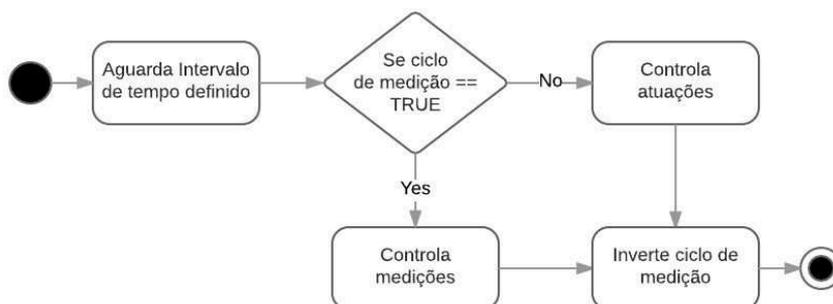


Figura 5 - Diagrama macro de atividades do controlador Core

A partir do diagrama anterior, apresentam-se duas macro-atividades "Controla medições" e "Controla atuações" que são refinadas pelo diagrama contido no APÊNDICE VI.

O código fonte concebido a partir desses refinamentos encontra-se em referência (GROWVERDIN, Core. 2016).

5.7. Implementação do Server

Para a implementação do Server, que é a parte do módulo cloud que serve e persiste dados, foi utilizado um ambiente em nuvem da Amazon EC2. Trata-se de uma máquina virtual com um ambiente Node.js para a execução do programa em Javascript, acompanhado de um ambiente de persistência utilizando o banco de dados No-SQL MongoDB.

O programa implementado é basicamente um servidor RESTful de dados em formato JSON via rotas http, que podem ser utilizadas por métodos GET e POST para persistir ou requisitar dados. A especificação das coleções criadas no MongoDB estão no APÊNDICE XVII.

O código fonte concebido contendo todas as rotas disponíveis encontra-se em referência (GROWVERDIN, Server. 2016).

Outra função desempenhada pelo Server é de hospedar o domínio para a aplicação web que será detalhada no item a seguir.

5.8. Implementação da aplicação web

A implementação da aplicação web se dá baseada no modelo de aplicação web SPA (Single Page Application), e consiste também em requisições assíncronas em Javascript (AJAX) que persistem e solicitam dados em formato JSON utilizando as rotas do Server.

Para a melhor usabilidade e com o objetivo de implementar uma aplicação responsiva que possa ser visualizada normalmente em PCs, tablets e smartphones, foi utilizado o framework Bootstrap, que lida com estilos CSS e funções Javascript promovendo uma boa experiência ao usuário.

Também foi utilizado para a parte de geração de gráficos de medições e atuações, o framework Google Charts, que assim como o bootstrap facilitou e agilizou o desenvolvimento da aplicação.

Partindo para o formato da aplicação web, foi definida a divisão da aplicação em três seções: "Links", "Measurements" e "Actuations". Pode-se verificar tal divisão na barra de navegação principal da aplicação ilustrada no APÊNDICE XVIII:

Na seção "Links" é exibida a lista de "Plantations" (plantações), "Devices" (controladores Node), "Linked Sensors" (sensores atribuídos aos controladores Node e plantações) e "Linked Actuators" (atuadores atribuídos aos controladores Node e plantações), como mostra o APÊNDICE XIX. Nessa seção também é possível adicionar e remover cada um desses itens.

Na seção "Measurements" é exibida a lista de medições realizadas pelos sensores registrados, para cada sensor é mostrado um gráfico filtrado por dia que informa a variação da variável monitorada ao passar do tempo. Em cada gráfico são informados a plantação, o controlador Node, o tipo do sensor e a porta a que o sensor está conectado.

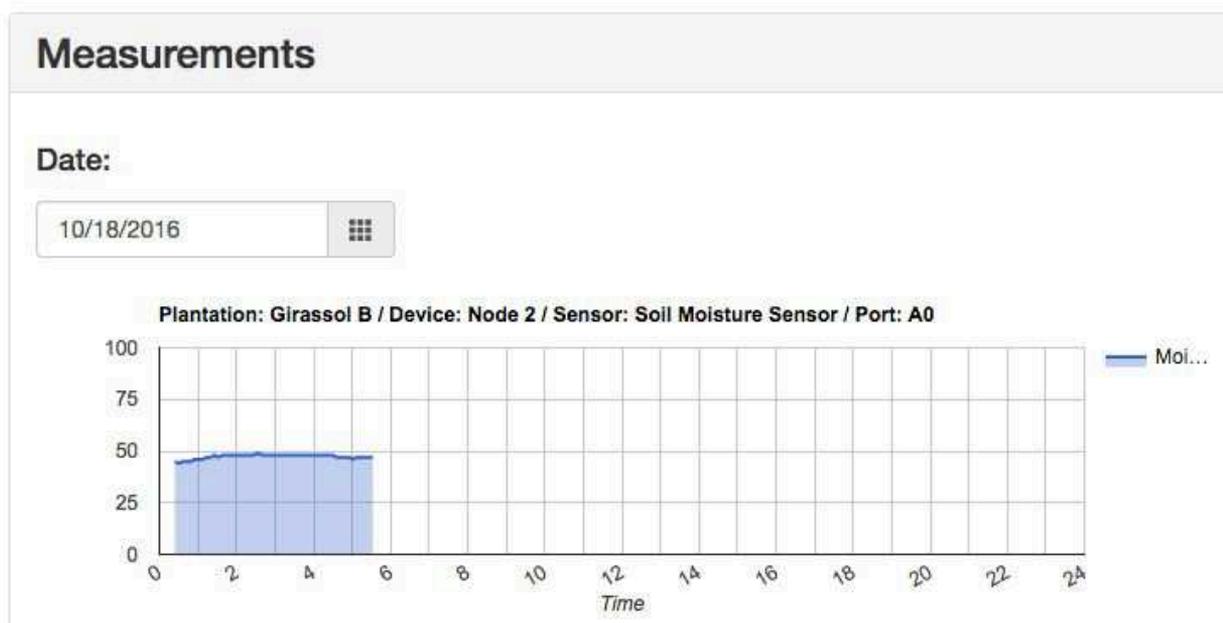


Figura 6 - Gráfico de medição de umidade do solo

Na seção "Actuations" é exibida a lista de atuações realizadas pelos atuadores registrados, para cada atuador é mostrado um gráfico filtrado por dia que informa os momentos e valores de atuação ao passar do tempo. Em cada gráfico são informados a plantação, o controlador Node, o tipo do atuador e a porta a que o atuador está conectada. O código fonte concebido para essa aplicação encontra-se em referência (GROWVERDIN, App. 2016).

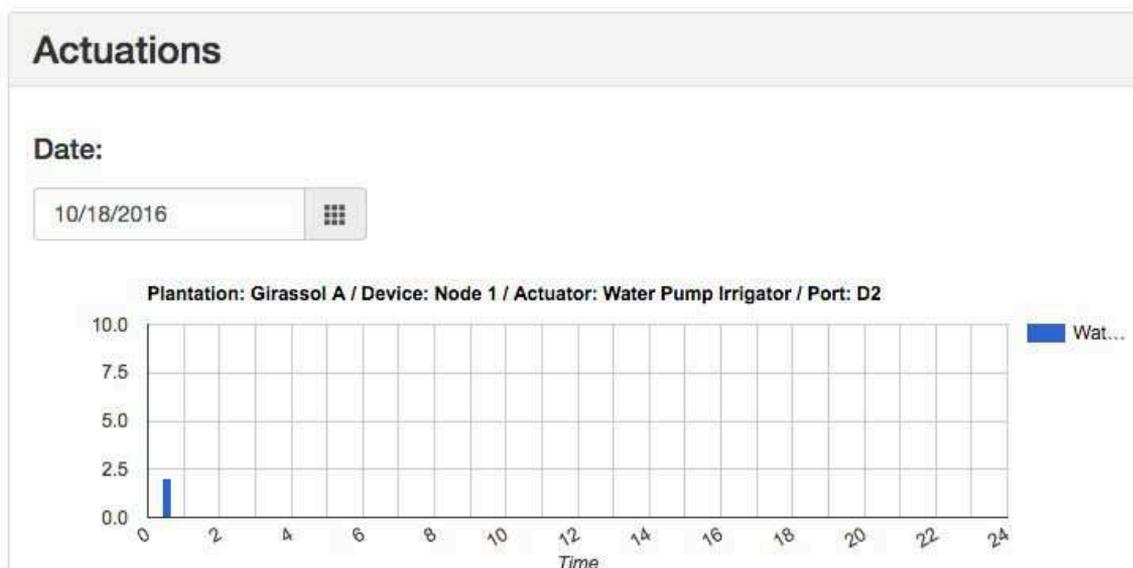


Figura 7 - Gráfico de atuação de irrigação

5.9. Interfaces de Comunicação dos Módulos

Após definidas e formalizadas as implementações, é interessante registrar as interfaces entre os vários sistemas que formam esse ambiente desenvolvido. Neste capítulo são detalhadas as comunicações inter-sistemas do ambiente.

5.9.1. Interface de Comunicação entre Sensores/Atuadores e Node

Para a comunicação de sinais entre sensores/atuadores e o controlador Node é necessário que os sensores/atuadores estejam conectados fisicamente às portas da placa Arduino.

Uma medição da variável de um sensor é adquirida pelo controlador Node através de dois comandos na linguagem C programados na placa Arduino: 1) configuração da porta analógica da placa Arduino em que o sensor está conectado como input, e 2) leitura de um sinal analógico nessa mesma porta. Abaixo segue o exemplo de comandos para leitura do sinal analógico na porta A3 da placa Arduino:

```
pinMode(A3, INPUT);  
  
analogRead(A3);
```

Algo semelhante acontece para realizar uma atuação, a ativação de um atuador pelo valor de tempo determinado é feita através de quatro comandos na linguagem C programados na placa Arduino: 1) configuração da porta digital da placa Arduino em que o atuador está conectado como output, 2) escrita de sinal digital com parametro HIGH na mesma porta, 3) delay com o valor configurado no registro do atuador, e 4) escrita de sinal digital com parametro LOW na mesma porta.

Segue um exemplo de comandos para escrita de sinal digital HIGH na porta D3 da placa Arduino por 5 segundos:

```
pinMode(03, OUTPUT);  
  
digitalWrite(03, HIGH);  
  
delay(5000);
```

digitalWrite(03, LOW);

5.9.2. Interface de Comunicação entre Node e Core

Uma comunicação completa entre Core e Node segue quatro passos: Mensagens de inicialização da comunicação; Mensagem do Core ao Node requisitando uma ação; Mensagens do Node ao Core com resultados das medições; Mensagem do Node ao Core finalizando a comunicação.

A seguir uma descrição detalhada desses quatro passos:

1) Para iniciar uma comunicação entre Core e Node, o Core envia uma primeira mensagem "startingMessage" ao Node, ao receber essa mensagem o Node entra em estado de pronto para iniciar uma nova comunicação e envia uma mensagem "sendNext" ao Core.

2) Com a nova comunicação inicializada, o Core requisitará uma ação ao Node enviando uma mensagem no seguinte formato de uma expressão regular: (<ID>(<#<Pin>(?<Value>)?)+ /)+*. A especificação da mensagem enviada encontra-se no APÊNDICE XXIX.

3) Após executada a ação requisitada, o Node envia mensagens com os valores das medições efetuadas (esse passo só acontece se a ação requisitada for uma medição de sensor).

4) O Node envia uma mensagem "endOfMessage" ao Core sinalizando que a comunicação deve ser finalizada.

5.9.3. Interface de Comunicação entre Core e Server

A comunicação entre o controlador Core e o Server se dá totalmente no uso das rotas HTTP do Server. O controlador Core irá efetuar uma requisição de método GET para ter dados servidos pelo Server ou de método POST para enviar dados a serem persistidos pelo Server.

As duas rotas que o controlador Core utiliza para ter dados servidos são "/getLinkedSensors" e "/getLinkedActuatorsActions". Sendo que a primeira retorna todos os sensores registrados em formato JSON, e a segunda retorna os todos os

atuadores que devem ser ativados no momento da requisição, também no formato JSON.

As duas rotas que o controlador Core utiliza para ter dados persistidos são `"/addMeasurement"` e `"/addActuation"`. Sendo que a primeira envia o sensor juntamente com o valor medido em formato JSON, e a segunda envia o atuador juntamente com o valor da atuação, também no formato JSON. Para esses dois Objetos, o atributo `date` será atribuído pelo Server no momento da persistência.

5.9.4. Interface de Comunicação entre Server e Aplicação web

Assim como o controlador Core, a aplicação web também se comunica com o Server por meio das rotas HTTP, mesmo que ambos estejam na mesma máquina virtual e no mesmo programa em Javascript executado pelo Nodejs.

Nessa interface as ações são do tipo CRUD (create, read, update e delete) e as principais rotas utilizadas pela aplicação web são detalhadas no APÊNDICE XXX.

5.10 Considerações sobre o Desenvolvimento

A ideia principal do ambiente desenvolvido é de trazer o responsável pelo cultivo das plantas para "dentro" da plantação, daí vem o nome "VerdIn", uma composição da palavra Verde (da cor que praticamente todas as plantas compartilham) e com a palavra In (que significa "dentro" em Inglês). Adicionalmente descobrimos que Verdin é o nome de um pássaro que vive em regiões desérticas do México e Estados Unidos, contexto que tem tudo a ver com a aplicação desse projeto.

Além disso, a ideia é que esse ambiente seja replicado por diversos usuários facilmente, por isso houve a preocupação com a escolha de ferramental da atualidade, de baixo custo e que promova escalabilidade, como banco de dados NoSQL, ambiente Cloud, serviços RESTful, aplicações responsivas, microcontroladores, entre outros. Outra característica com o objetivo de disseminar este projeto, e talvez a mais importante para este fim, é que disponibilizamos todas as aplicações desenvolvidas em código livre num repositório online, possibilitando compartilhamento, discussões e melhorias do ambiente.

Procuramos também, combinar as melhores características dos projetos relacionados no desenvolvimento do ambiente VerdIn, como utilizar um controlador local que centralize as comunicações dos sensores e atuadores, prover um aplicativo com fácil configuração do ambiente, prover dispositivos de atuação para controle de variáveis, entre outras. Mas também introduzimos funcionalidades novas como utilização das várias portas de um controlador Node para aumentar a quantidade de sensores e atuadores por comunicador.

6. ANÁLISE DO AMBIENTE DESENVOLVIDO

Com o ambiente computacional implementado por completo, iniciamos os preparos necessários para realizar a análise do primeiro experimento prático do ambiente em funcionamento real.

Existem duas configurações iniciais a serem feitas para poder integrar todo o ambiente e dar início ao funcionamento: configuração do ambiente físico e configuração do ambiente computacional.

6.1. Configuração Inicial do Ambiente Físico

Iniciando a configuração do ambiente físico, inserimos o controlador Core no ambiente, mais precisamente dentro de casa ao lado de um roteador para obter acesso a rede e poder enviar os dados necessários. A conexão ao roteador pode ser feita através de um cabo de rede Ethernet ou através de um módulo wi-fi compatível com o Raspberry Pi. A placa é inicializada e mantida ativa devido a ligação à uma fonte de eletricidade 5V 2A via sua porta mini USB.

O adaptador bluetooth fica anexado à placa do Raspberry Pi em uma das entradas USB e é responsável por realizar a conexão entre os controladores Node e o controlador Core. O APÊNDICE XX mostra a imagem do Raspberry Pi e as suas conexões.

Na parte de fora da casa, anexado ao ambiente que será sensorizado, foram implantados dois controladores Node, cada um formado por uma placa Arduino, um módulo bluetooth, um sensor de umidade em contato com o solo, uma bomba d'água que fica submersa num reservatório de água e uma mangueira que leva água da bomba até a planta. O controlador Core suporta conexões com mais de um controlador Node, onde é possível ver a aplicação do conceito de escalabilidade, portanto caso haja a necessidade de monitorar mais plantas basta implantar um controlador Node próximo à nova planta. Os controladores Node utilizados no ambiente físico foram ainda revestidos com sacos plásticos afim de protegê-los da água e então anexados ao vaso de cada planta. Para um melhor entendimento vide APÊNDICE XXI.

Toda a estrutura contendo o reservatório de água, os vasos com plantas, os controladores Node foram posicionadas dentro de um container de madeira para proteção e possível mobilidade. Para fornecer energia para cada controlador Node e cada bomba d'água foi utilizado um carregador móvel com recarga solar, conforme ilustra o APÊNDICE XXII.

Ao final temos uma primeira versão do ambiente físico, conforme APÊNDICE XXIII, pronto para ser monitorado por sensores e controlado por atuadores.

6.2. Configuração Inicial do Ambiente Computacional

O ambiente proposto completo envolve a integração entre o ambiente físico e o ambiente computacional, porém essa integração só começa a funcionar de fato quando acontece a configuração inicial no Aplicativo web. Após realizar essa configuração inicial na aplicação é possível obter medições, realizar atuações e montar gráficos que auxiliem na geração de conhecimento sobre o ambiente físico que está sendo monitorado.

O primeiro passo foi cadastrar as plantações a serem monitoradas, dando um nome e especificando o tipo da planta, conforme mostra o APÊNDICE XXV.

Como segundo passo cadastramos os controladores Node, informando sua descrição para promover uma melhor identificação, e o seu endereço Mac para que a aplicação possa se conectar aos controladores Node inseridos no ambiente físico, vide APÊNDICE XXVI.

Como terceiro passo cadastramos os sensores que irão monitorar o ambiente. É necessário informar o tipo do sensor, a plantação em que ele realiza as medições, o controlador Node em que o sensor está alocado e a porta de leitura do controlador Node em que o sensor está conectado, vide APÊNDICE XXVII .

Ao quarto e último passo, cadastramos o atuador responsável pela rega automática. É necessário informar o tipo do atuador, a plantação em que ele atuará, o controlador Node em que está alocado e a porta de ativação no controlador Node em que o sensor está conectado.

Neste passo há ainda uma configuração extra a ser definida, o comportamento do atuador, que para o tipo de atuador disponibilizado na aplicação (bomba d'água), pode ser por período ou por um sensor conectado.

Se o usuário selecionar a opção por período (Periodicity) deverá informar o intervalo de tempo em horas para realizar a rega do ambiente, o tempo de atuação da bomba d'água e a data de início de automação.

Caso opte por selecionar a opção por sensor (Linked Sensor) o usuário deve informar o nível de umidade que se deseja manter e qual sensor será responsável por medir e controlar esse nível de umidade do solo. Além disso deve ser definido o tempo em que a bomba d'água deve permanecer regando.

Para esse cadastro definimos ligar ao Sensor de umidade do solo do Node 1, o valor de 35% para umidade desejada e 1 segundo para rega, vide APÊNDICE XXVIII com detalhes do cadastro do atuador.

Para esse primeiro experimento do ambiente só utilizamos um atuador de bomba d'água na plantação Girassol A, para a plantação Girassol B será efetuada rega manual periodicamente durante os dias para viabilizar uma comparação dos dois diferentes métodos.

6.3. Comparação ao método tradicional de plantio

Tomar cuidado de uma ou mais plantas pode ser algo desgastante e complicado. Erros como encharcar um ambiente ou deixá-lo seco são extremamente comuns e resultam muitas vezes na depreciação daquilo que se cultiva. O método tradicional de cultivo de plantas requer um acompanhamento presencial intenso para que se possa aproveitar ao máximo o desenvolvimento de uma planta.

Assim surge a necessidade de um acompanhamento preciso e regular, onde o monitoramento remoto fornece informações que podem otimizar o desenvolvimento de plantas e mostrar a situação em que o plantio se encontra. Com o ambiente VerdIn é possível ter as informações em mãos em qualquer lugar com acesso à internet, fazendo com que as pessoas possam cultivar uma série de

plantas com qualidade, privando-as da complexidade e do desgaste de acompanhar presencialmente a evolução das mesmas.

Para comprovar a eficácia do projeto acompanhamos o ambiente configurado anteriormente com duas plantas, sendo as duas monitoradas por sensores de umidade do solo, porém umas delas configurada com rega automática baseada em sensor e a outra sendo tratada com acompanhamento presencial e rega manual como acontece na forma tradicional de cultivo de plantas.

Logo após a configuração inicial realizada, deu-se início ao funcionamento do ambiente. Foram então captados os primeiros dados de umidade do solo: a plantação Girassol A com 19% de umidade e a plantação B com 7% de umidade

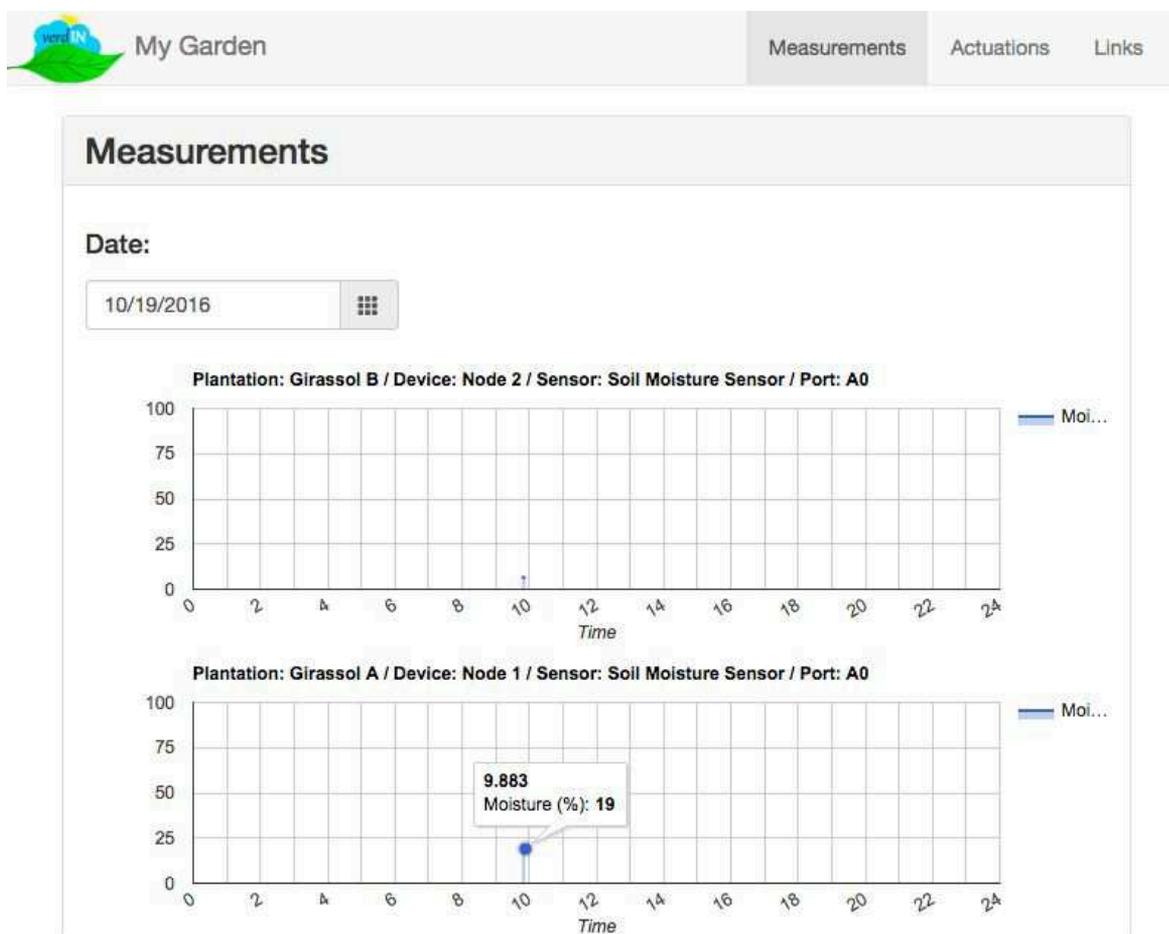


Figura 8 - Primeiras medições das plantações Girassol A e Girassol B

Como a plantação Girassol A teve um atuador de bomba d'água configurado para manter a umidade do solo em 35%, logo no segundo ciclo do sistema foi identificado o valor de umidade atual como fora do padrão desejado e foi realizada a atuação configurada.

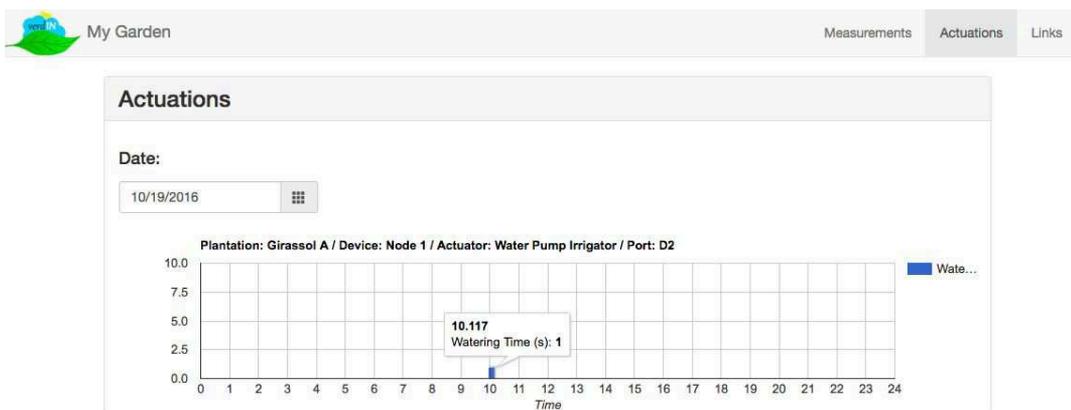


Figura 9 - Primeira atuação de rega na plantação Girassol A

Como a plantação Girassol B também estava com umidade do solo baixa, foi realizada uma rega manual. Logo após estas atuações tanto automáticas quanto manuais, o próximo ciclo do sistema já mostra o resultados refletidos nas medições: A plantação Girassol A com 36% de umidade e a plantação Girassol B com 31%.

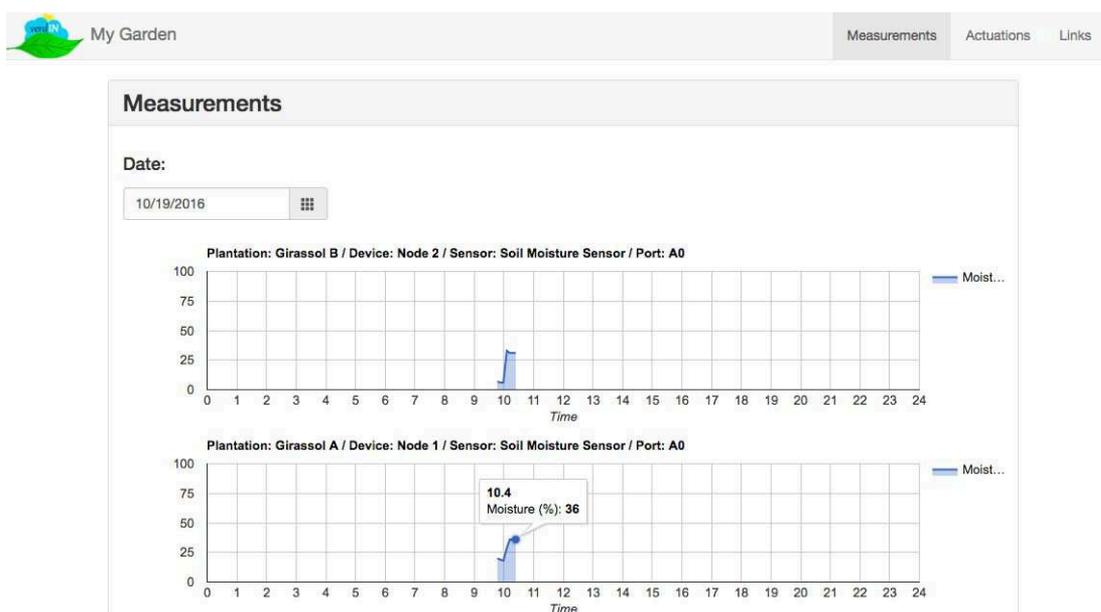


Figura 10 - Medições seguidas das primeiras atuações

Ao longo do mesmo dia foram realizadas atuações de rega automática na plantação Girassol A quando identificada uma medição com valor de umidade do solo menor que a desejada, conforme mostrado no gráfico de atuações.

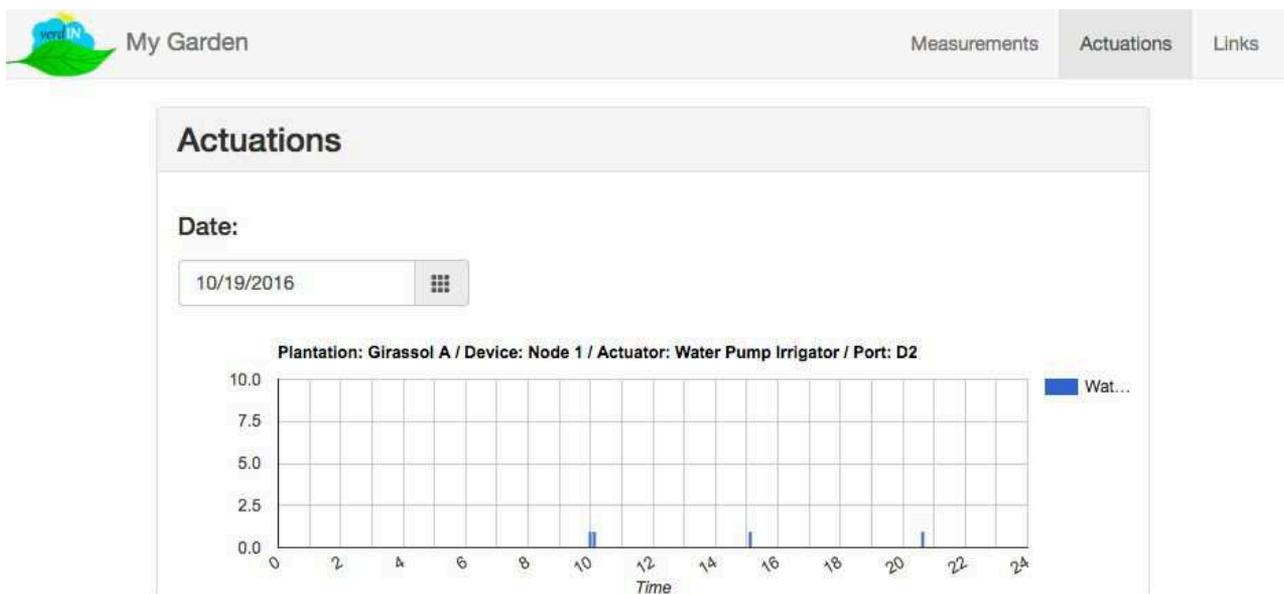


Figura 11 - Atuações na plantação Girassol A ao longo do dia

Foi realizada uma rega manual na plantação Girassol B por volta das 19h, quando tivemos um novo contato presencial com o ambiente. Ao final do dia verificamos as medições e a situação das duas plantações eram bem distintas, a plantação Girassol B teve duas altas distintas no nível de umidade quando realizadas as regas manuais, já a plantação Girassol A teve três altas homog neas no nível de umidade quando realizadas as regas automáticas.

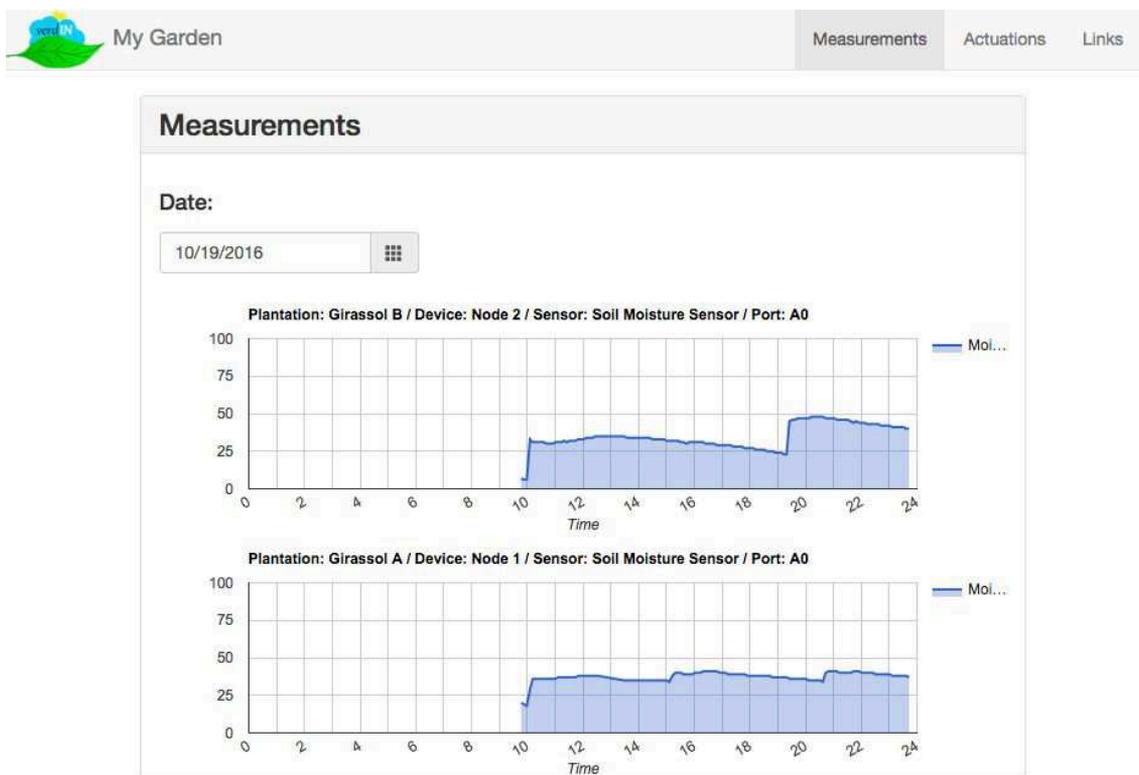


Figura 12 - Medições das plantações Girassol A e Girassol B ao longo do dia

Os gráficos de medições de umidade acima mostram claramente que o método automatizado de rega baseado em sensor utilizado na plantação Girassol A tende a criar um nível constante de umidade, pois é disparado imediatamente quando identificado um valor de umidade abaixo do desejado, já o método tradicional de rega utilizado na plantação Girassol B tende a variar bastante, às vezes resultando em um nível de umidade abaixo do desejado, às vezes acima.

6.4. Comparação aos Projetos Relacionados

A primeira versão do ambiente VerdIn conta com algumas características semelhantes às descritas na seção Projetos Relacionados. Apesar de não ser um produto consolidado e comercializado, o projeto proposto tem funções simples e de extrema importância para o desenvolvimento de uma planta.

Existem funcionalidades nos projetos estudados que adaptamos e incorporamos ao projeto proposto. Atualmente o ambiente VerdIn é capaz de realizar medições da umidade do solo, de realizar atuações para regar a planta monitorada e

ainda disponibiliza gráficos para auxiliar o usuário na tomada de decisão sobre o ambiente.

Também baseado nos estudos realizados tivemos uma série de opções para estruturar o ambiente e as suas conexões. Para fornecimento de energia aos controladores Node optamos por um carregador solar que é uma fonte que fornece um custo-benefício muito alto. Para realizar a comunicação entre Controladores Node e Core optamos pela tecnologia Bluetooth, por ser acessível, barata e depender somente de uma fonte de energia e um baixo nível de aproximação entre os controladores.

Para disponibilizar os dados aos usuários na aplicação web utilizamos cadastros, listagens e gráficos que sejam de fácil entendimento e tragam os dados mais relevantes. O APÊNDICE XXIV mostra mais informações do Ambiente VerdIn.

7. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Ao final desse trabalho, retomamos às características que foram levantadas no início, afim de verificar se o que havia sido proposto foi de fato atendido. Aspectos como mobilidade, escalabilidade, redução do esforço humano e baixo consumo de recursos foram fortemente atacados durante a concepção do modelo Octopus e também do ambiente VerdIn. A análise feita no capítulo 6 mostra como o ambiente é configurado, utilizando-se de alta mobilidade e escalabilidade ao possibilitar um número indefinido de pontos de monitoramento e controle. Além disso, também mostra o uso de microcontroladores e dispositivos de baixo consumo energético e utilização de dispositivos móveis, como smartphones, afim de promover um controle não presencial sobre o ambiente monitorado.

Ao coletar dados de um ambiente físico real, conseguimos comprovar que esta experiência proporciona ao usuário, que é o gerenciador do plantio, liberdade e conhecimento sobre a plantação. Com a automatização implementada, o sistema se tornou responsável por tarefas que demandam esforço e atenção do usuário, como monitorar a situação da umidade do solo e realizar a rega da planta. Além da diminuição do esforço presencial, podemos apontar a geração de conhecimento adquirida pelos os gráficos como uma característica importante do projeto, que foi exemplificada ao comparar a falta de monitoramento e controle do método tradicional de plantio à sensibilidade ao contexto obtido ao automatizar a rega das plantas baseando-se nos sensores de umidade.

Assim como os projetos relacionados, o projeto que propomos possui algumas limitações e enxergamos isto como uma oportunidade de crescimento e evolução do ambiente. Uma limitação compartilhada pelo ambiente VerdIn e pela maioria dos projetos relacionados é a dependência de acesso à internet, o que torna o usuário refém de algum tipo de conexão para poder usufruir das funcionalidades da aplicação.

Outra limitação do projeto proposto é a falta de definições de perfis de usuário para acessar a aplicação, pois atualmente é suportado somente um usuário, e não há autenticação. Sendo assim, qualquer pessoa com acesso a internet pode acessar

o Aplicativo web e editar as configurações. Além disso as conexões bluetooth entre os controladores são abertas e não possuem proteção por senha para autenticar a conexão.

Falta no ambiente, uma funcionalidade de sugestões para o valor das variáveis a serem configuradas no Aplicativo web, como por exemplo, um valor ótimo de umidade do solo e de tempo de rega para uma determinada espécie vegetal. Como não tivemos recursos para alimentar nosso banco com uma variedade de espécies de plantas e seus valores de variáveis ótimos, fica a cargo do usuário aplicar seu conhecimento prévio no cultivo de plantas e selecionar os valores que achar plausíveis para cada configuração. Entretanto, o ambiente possibilita a reconfiguração desses valores e um contínuo aprendizado nesse aspecto.

Enfrentamos um grande desafio ao trabalhar com o meio físico e suas variáveis, visto que tivemos que lidar com fatores externos que afetavam os resultados. Com isso, ampliamos o nosso conhecimento sobre o conceito de sistema e da influência do ambiente que o cerca. Outro desafio foi integrar sistemas diferentes para que operassem harmonicamente em conjunto. Foram linguagens de programação distintas e dispositivos com arquiteturas e paradigmas diferentes tendo que se comunicar com um objetivo em comum. Tivemos a oportunidade de botar em prática muitos conteúdos estudados durante a graduação, no desenvolvimento de uma aplicação web, localizada na nuvem computacional, que persiste dados em uma base de dados NoSQL e que ainda se comunica com dispositivos inseridos em um ambiente físico capazes de captar dados reais.

Adquirimos experiência ao ter contato com desenvolvimento de sistemas baseados no conceito de computação ubíqua e conhecemos a riqueza de se captar dados brutos viabilizando a partir deles, a geração de conhecimento.

Estamos satisfeitos com os resultados obtidos e estimulamos a geração de ambientes inteligentes capazes de automatizar tarefas, ainda mais na área da agricultura onde as inovações tecnológicas tiveram grande participação ao longo de sua história.

Afim dar continuidade a trabalhos futuros relacionados a este projeto, apontamos como evoluções:

- Adaptação do ambiente para dar suporte a múltiplos usuários, suporte a autenticação nas comunicações e também melhorar sua usabilidade;
- Criação de uma rede/comunidade de agricultores usuários desse ambiente, afim de criar e compartilhar conhecimento sobre plantações;
- Introduzir técnicas de inteligência artificial ao algoritmo do ambiente, fazendo com que o mesmo seja capaz de aprender e aplicar o aprendizado em atuações mais eficientes;
- Aplicação do ambiente em um experimento de média escala, como jardins e hortas, afim de gerar dados e resultados estatísticos relevantes para a evoluir o ambiente e tornar capaz sua aplicação em grande escala como em plantações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, Regina Borges. 2003. "**Computação Ubíqua: Princípios, Tecnologias e Desafios**".

<http://www.professordiovani.com.br/rw/monografia_araujo.pdf>. Acesso em: 01/06/2015

CHARTS, Google. **Repositório Google**. 2008. <<https://developers.google.com/chart/>>. Acesso em: 20/10/2016.

EDYN. 2014. <<https://www.edyn.com/>>. Acesso em: 01/12/2015.

EMBRAPA. 2015. "**Novos sensores evitam desperdício de água na agricultura e jardinagem**".

<<https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/2546070/novos-sensores-evitam-desperdicio-de-agua-na-agricultura-e-jardinagem/>>. Acesso em: 10/04/2015.

FARIAS, M. F. R.; JÚNIOR, O. A. C.; MARTINS, E. S.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T.; OLIVEIRA, S. N.; SILVA, A. V.; SILVA, M. R.; OLIVEIRA, O. R.; SILVA, R. M.. 2007. **Mapeamento de uso e ocupação do solo e detecção dos impactos ambientais utilizando imagens ASTER na bacia hidrográfica do Córrego do Atoleiro – Distrito Federal**.

<<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.08.30/doc/3861-3868.pdf>> Acesso em: 04/10/2016.

FERRAZ, André de Souza; MESSIAS, Denyson José da Silva. 2011. "**Computação Ubíqua**". Disponível em: <<http://www.cin.ufpe.br/~djsm/ubicom.docx>>. Acesso em: 31/08/2015.

GROW, Click and. 2010. <<http://www.clickandgrow.com/>>. Acesso em: 26/09/2016.

GROWVERDIN, App. **Diretório "mygarden" do Respositório Github "verdin_server"**. 2016.

<https://github.com/growverdin/verdin_server/public/mygarden> Acesso em: 22/10/2016.

GROWVERDIN, Core. **Respositório Github "verdin_core"**. 2016. <https://github.com/growverdin/verdin_core> Acesso em: 22/10/2016.

GROWVERDIN, Node. **Respositório Github "verdin_node"**. 2016. <https://github.com/growverdin/verdin_node> Acesso em: 22/10/2016.

GROWVERDIN, Server. **Respositório Github "verdin_server"**. 2016. <https://github.com/growverdin/verdin_server> Acesso em: 22/10/2016.

GUARISE, Michelangelo. 2014. <<https://volumio.org/raspberry-pi-model-b-plus/>>. Acesso em: 18/10/2016.

HENRIQUES, Abel. 2007. **"THOMAS ROBERT MALTHUS A TEORIA MALTHUSIANA"**.

<http://www.miniweb.com.br/ciencias/artigos/thomas_robert_malthus.pdf/>. Acesso em: 30/08/2016.

MAZOYER, Marcel; ROUDART, Laurence. **HISTÓRIA DAS AGRICULTURAS NO MUNDO**. Editora Unesp. 2008.

MOREIRA, Rafael Henrique. 2013. <<http://nodebr.com/o-que-e-node-js/>>. Acesso em: 11/10/2016.

NASCIMENTO, Jean. 2010. <https://www.ibm.com/developerworks/community/blogs/fd26864d-cb41-49cf-b719-d89c6b072893/entry/3_raz_C3_B5es_para_usar_mongodb2?lang=en>. Acesso em: 14/10/2016.

NOBLE. **Repositório Github "noble"**. 2013. <<https://github.com/sandeepmistry/noble>>. Acesso em: 22/10/2016.

PARROT, Flower Power. 2014. <<http://global.parrot.com/au/products/flower-power/>>. Acesso em: 01/10/2016.

PENA, Rodolfo F. A. "**Evolução da agricultura e suas técnicas**". <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/evolucao-agricultura-suas-tecnicas.htm>>. Acesso em 20/10/2016.

PLANTLINK. 2011. <<https://myplantlink.com/>>. Acesso em: 05/10/2016.

PRIBERAM, **Dicionário da Língua Portuguesa**. 2008-2013. <<http://www.priberam.pt/dlpo/sensor>>. Acesso em: 12/05/2016.

ROBOTICS, Blt. 2014. <<http://www.blrobotics.com/farm.php>>. Acesso em: 25/08/2016.

ROBOTICS, Blt. 2015. "**Vertical Hydroponic Farms**". <<http://www.instructables.com/id/Vertical-Hydroponic-Farm/?ALLSTEPS/>>. Acesso em: 20/02/2016.

SILVA, G. G; SOUZA, K. P.; GONÇALVES, A. B.; PISORI, H. 2014. **VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS COM VISÃO COMPUTACIONAL NA AGRICULTURA: APLICAÇÕES, DESAFIOS E PERSPECTIVAS**. <http://www.gpec.ucdb.br/pistori/publicacoes/silva_ecaeco2014.pdf>. Acesso em 26/09/2016.

SMALLBONE, David; VIRTANEN, Markku; SAUKA Arnis. **Entrepreneurship, Innovation and Regional Development**. Editora Edward Elgar, 2016.

UNIREST, Nodejs. **Repositório Github "unirest-nodejs"**. 2013. <<https://github.com/Mashape/unirest-nodejs>>. Acesso em: 22/10/2016.

APÊNDICES

APÊNDICE I - PlantLink

<p>Ilustração:</p>	
<p>Possui aplicação para gestão:</p>	<p>Sim.</p>
<p>Irrigação automatizada:</p>	<p>Sim, caso seja comprada a válvula.</p>
<p>Luminosidade automatizada:</p>	<p>Não. A luminosidade é natural e monitorada.</p>
<p>Monitoramento de umidade:</p>	<p>Sim.</p>
<p>Monitoramento de PH:</p>	<p>Não</p>
<p>Monitoramento de nutrientes:</p>	<p>Não.</p>
<p>Monitoramento de temperatura:</p>	<p>Não.</p>
<p>Nível de automação de tarefas:</p>	<p>Médio.</p>
<p>Nível de escalabilidade:</p>	<p>Escalável de acordo com a quantidade de sensores comprados.</p>
<p>Nível de abrangência:</p>	<p>Baixo.</p>
<p>Nível de mobilidade:</p>	<p>Alto.</p>
<p>Nível de embarcamento:</p>	<p>Alto.</p>
<p>Economia de recursos:</p>	<p>Painel solar na válvula de água e 2 pilhas AAAA durem até 1 ano.</p>
<p>Conexão do controlador:</p>	<p>Sinal de rádio ZigBee.</p>
<p>Observações gerais:</p>	<p>Sinal de rádio ZigBee permite um longo alcance, maior que o alcance de conexões bluetooth e wi-fi.</p>
<p>Site:</p>	<p>https://myplantlink.com/</p>

APÊNDICE II - Click and Grow

Ilustração:	
Possui aplicação para gestão:	Não.
Irrigação automatizada:	Sim, possui um reservatório que armazena água por 1 mês.
Luminosidade automatizada:	Sim, lâmpada de LED ajustável que permanece ligada 8 ou 16 horas por dia.
Monitoramento de umidade:	Sim.
Monitoramento de PH:	Sim.
Monitoramento de nutrientes:	Sim.
Monitoramento de temperatura:	Sim.
Nível de automação de tarefas:	Alto.
Nível de escalabilidade:	Baixo, pois permite o cultivo de apenas 3 plantas.
Nível de abrangência:	Abrange apenas a estrutura.
Nível de mobilidade:	Baixo.
Nível de embarcamento:	Alto.
Economia de recursos:	Utiliza 10 vezes menos água; Baixo custo de eletricidade.
Conexão do controlador:	Não se aplica.
Observações gerais:	Aparelho compacto e silencioso que pode ser mantido dentro de casa.
Site:	http://www.clickandgrow.com/

APÊNDICE III - RUFs

Ilustração:	
Possui aplicação para gestão:	Sim, possui aplicação que permite monitorar e controlar o sistema.
Irrigação automatizada:	Não se aplica irrigação na Hidroponia.
Luminosidade automatizada:	Não. A luminosidade é natural e monitorada.
Monitoramento de umidade:	Não se aplica irrigação na Hidroponia.
Monitoramento de PH:	Sim.
Monitoramento de nutrientes:	Sim.
Monitoramento de temperatura:	Sim.
Nível de automação de tarefas:	Alto.
Nível de escalabilidade:	Escalável de acordo com o tamanho da estrutura montada.
Nível de abrangência:	Abrange apenas a estrutura montada.
Nível de mobilidade:	Baixo.
Nível de embarcamento:	Alto.
Economia de recursos:	Economia de 90% no consumo de água; Economia de espaço físico.
Conexão do controlador:	Protocolo I2C para se conectar via fios ao controlador Raspberry Pi.
Observações gerais:	Limita-se ao uso de vegetais de pequeno porte como alface, repolho.
Site:	http://www.blrobotics.com/farm.php

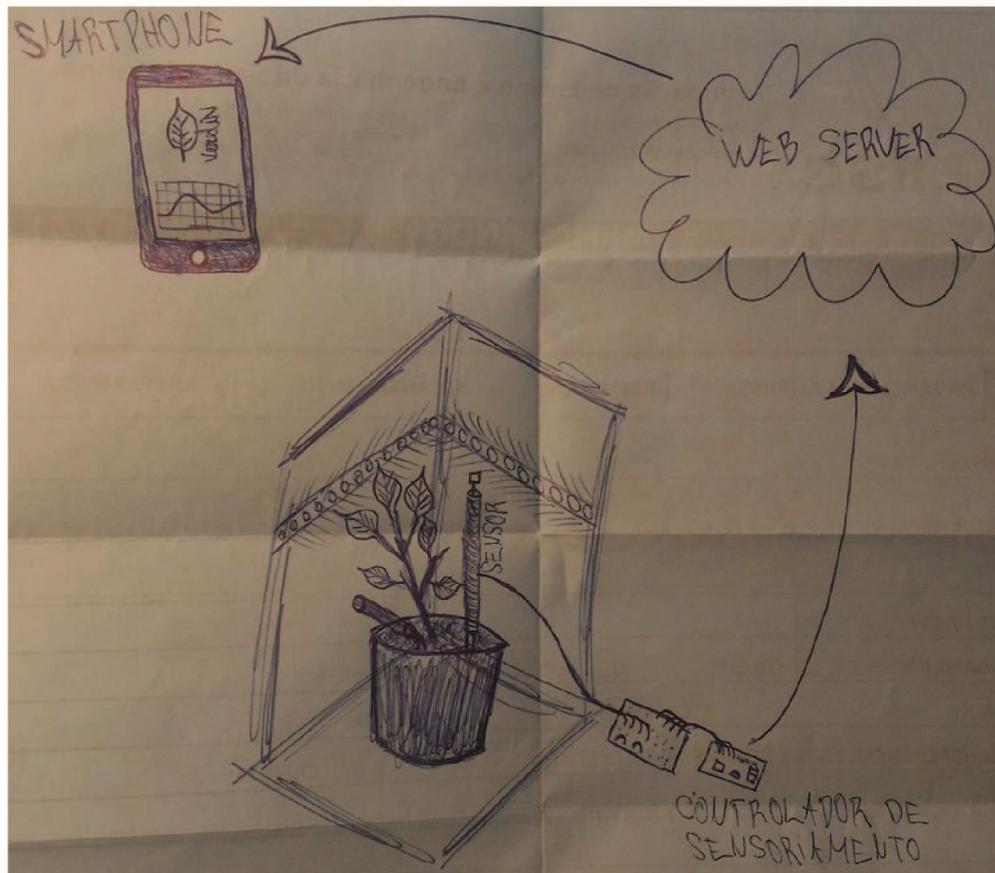
APÊNDICE IV - Edyn

Ilustração:	
Possui aplicação para gestão:	Sim.
Irrigação automatizada:	Sim, caso seja comprada a válvula.
Luminosidade automatizada:	Não. A luminosidade é natural e monitorada.
Monitoramento de umidade:	Sim.
Monitoramento de PH:	Não.
Monitoramento de nutrientes:	Sim.
Monitoramento de temperatura:	Sim.
Nível de automação de tarefas:	Médio.
Nível de escalabilidade:	Escalável de acordo com a quantidade de sondas.
Nível de abrangência:	Uma sonda abrange cerca de 250 metros quadrados.
Nível de mobilidade:	Alto.
Nível de embarcamento:	Alto.
Economia de recursos:	Sonda e válvula possuem um painel solar.
Conexão do controlador:	Wi-fi.
Observações gerais:	Sistema de gerenciamento de energia a bordo
Site:	http://www.edyn.com/

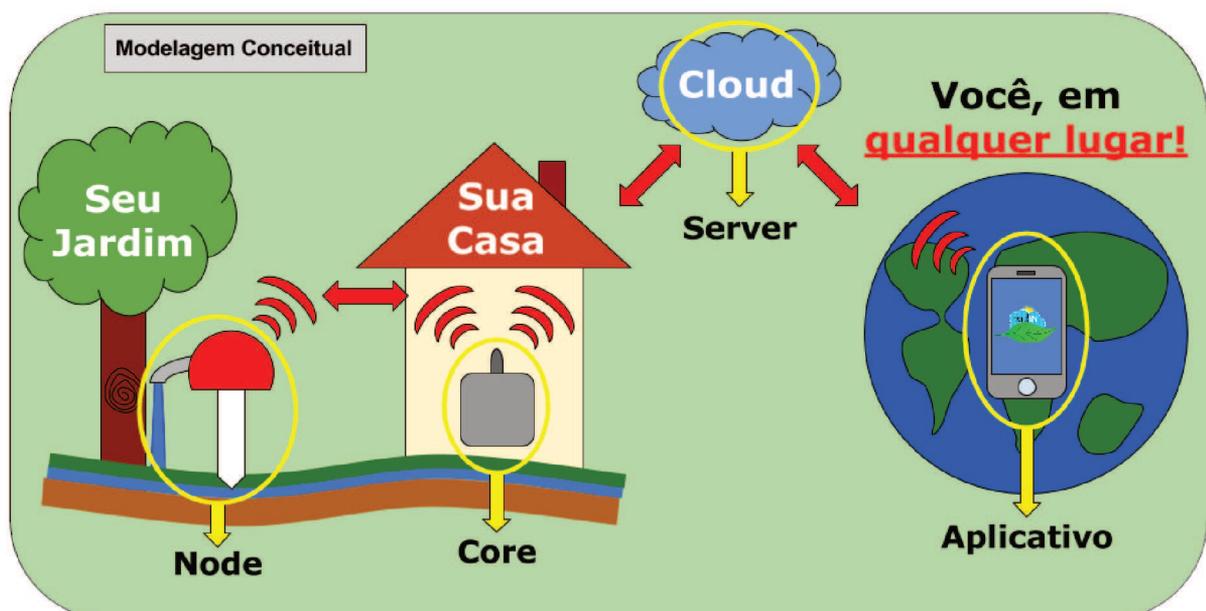
APÊNDICE V - Flower Power

Ilustração:	
Possui aplicação para gestão:	Sim.
Irrigação automatizada:	Não.
Luminosidade automatizada:	Não. A luminosidade é natural e monitorada.
Monitoramento de umidade:	Sim.
Monitoramento de PH:	Não.
Monitoramento de nutrientes:	Sim.
Monitoramento de temperatura:	Sim.
Nível de automação de tarefas:	Baixo.
Nível de escalabilidade:	Escalável de acordo com a quantidade de dispositivos.
Nível de abrangência:	Baixo. Apenas vasos ou pequenas hortas.
Nível de mobilidade:	Alto.
Nível de embarcamento:	Alto.
Economia de recursos:	Com uma pilha o dispositivo funciona por cerca de 6 meses.
Conexão do controlador:	Bluetooth.
Observações gerais:	Monitora os níveis de fertilizantes e notifica o usuário caso haja necessidade de adicionar fertilizantes à terra.
Site:	http://global.parrot.com/au/products/flower-power/

APÊNDICE VI - Esboço inicial



APÊNDICE VII - Conceito do modelo e de suas partes



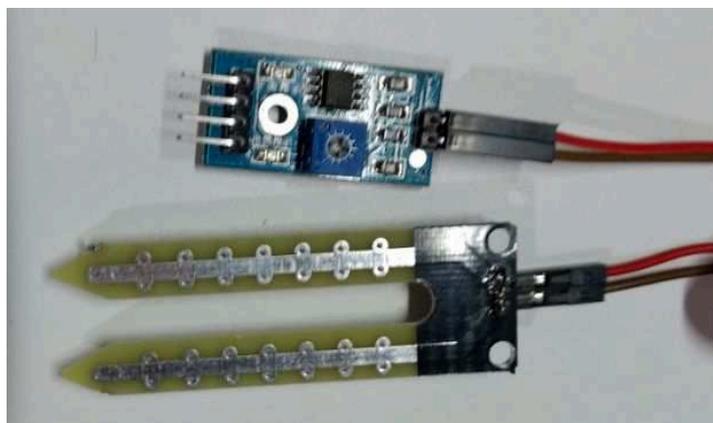
APÊNDICE VIII - Arduino Nano



APÊNDICE IX - Módulo Bluetooth Low Energy



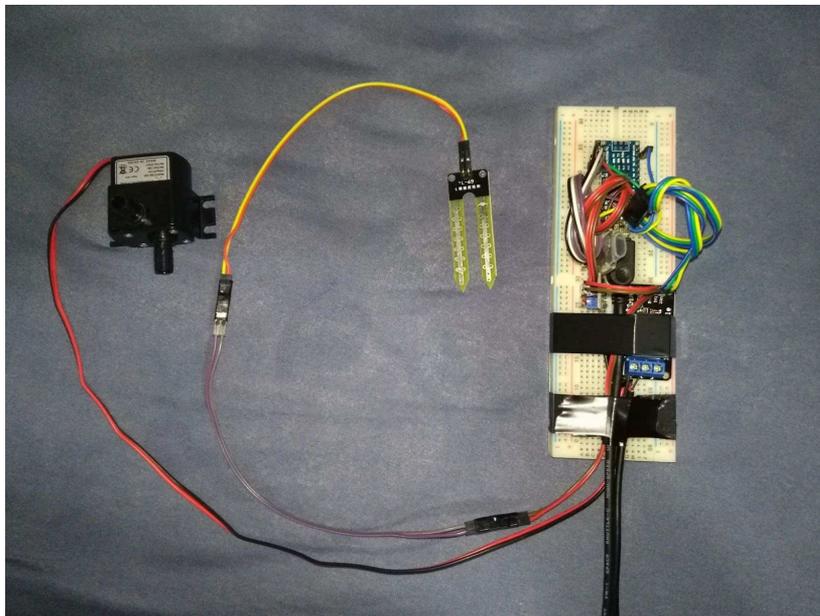
APÊNDICE X - Sensor de umidade do solo



APÊNDICE XI - Bomba d'água

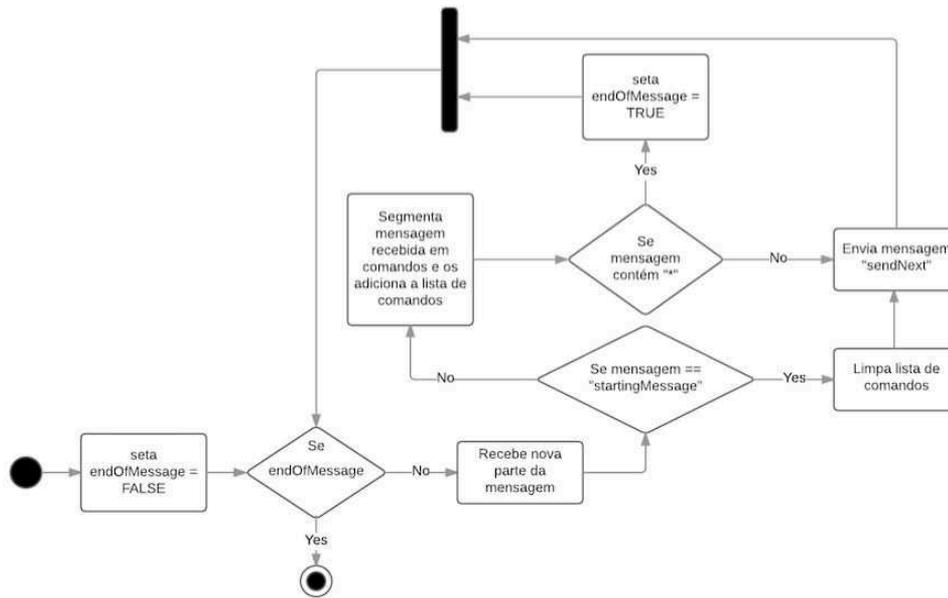


APÊNDICE XII - Controlador Node



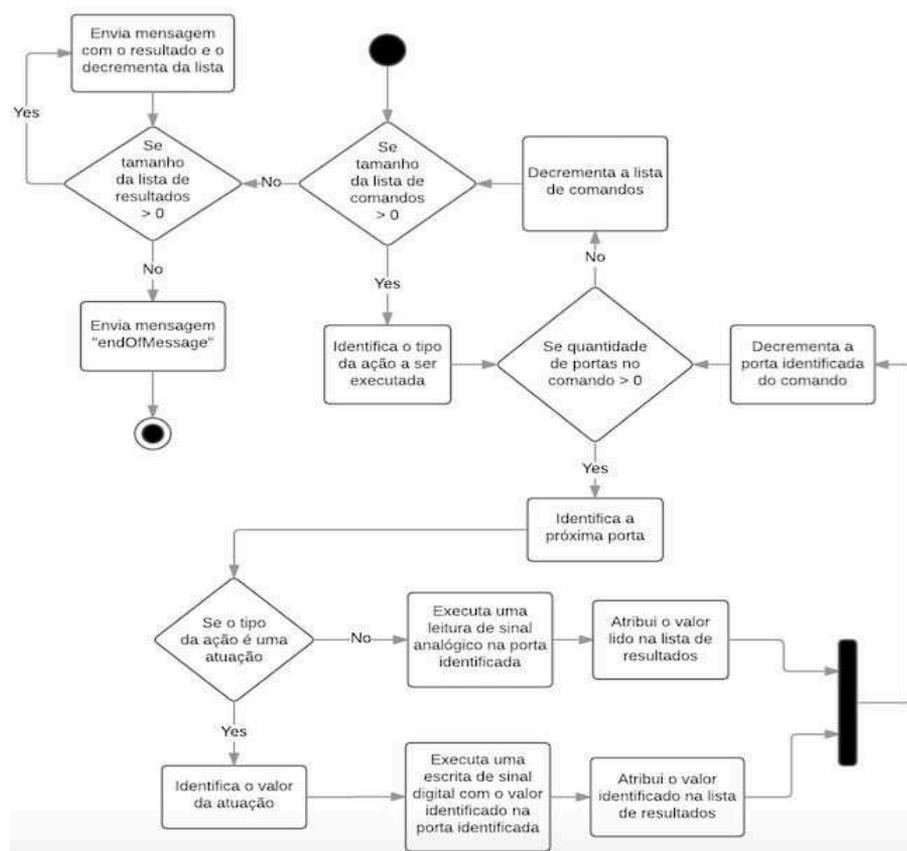
APÊNDICE XIII - Modelagem recebimento de mensagem

RECEBIMENTO DE MENSAGEM



APÊNDICE XIV - Modelagem execução de comandos recebidos

EXECUÇÃO DOS COMANDOS RECEBIDOS

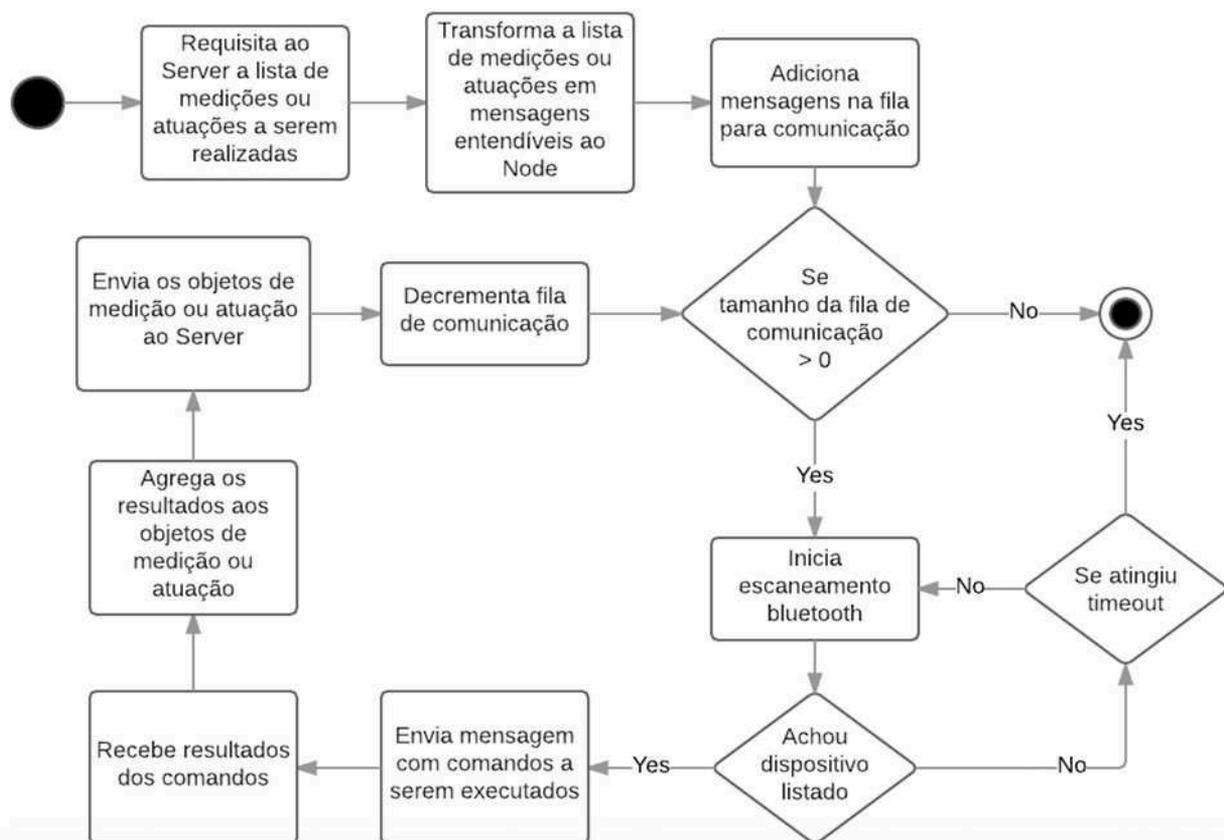


APÊNDICE XV - Controlador Core



APÊNDICE XVI - Modelagem do controle de medições ou atuações

CONTROLE DE MEDIÇÕES OU ATUAÇÕES



APÊNDICE XVII - Coleções criadas no MongoDB

- "Species" é uma coleção pré-definida de diferentes espécies a serem atribuídas a plantações:

```
{ id: <valor string unico>, name: <valor string> }
```

- "Plantation" é uma coleção das diferentes plantações a serem cadastradas pelo usuário:

```
{ id: <valor string unico>, name: <valor string>, Species: <Objecto Species> }
```

- "Devices" é uma coleção dos diferentes controladores Node a serem cadastrados pelo usuário:

```
{ id: <valor string unico>, name: <valor string>, macAddress: <valor string unico> }
```

- "Ports" é uma coleção pré-definida das diferentes portas a serem atribuídas a sensores e atuadores ligados a controladores Node:

```
{ value: <valor string da porta do controlador Node>, name: <valor string a ser exibido ao usuário na aplicação web>, ad: <valor string indicando se é porta analógica ou digital> }
```

- "SenAct" é uma coleção pré-definida dos tipos de sensores e atuadores disponíveis:

```
{ id: <valor string unico>, name: <valor string>, io: <valor string indicando se é do tipo input (sensor) ou output (atuador)> }
```

- "LinkedDevices" é uma coleção dos diferentes sensores e atuadores ligados a controladores Node e plantações cadastrados pelo usuário:

```
{ id: <valor string unico>, senAct: <Objeto SenAct>, plantation: <Objeto Plantation>, device: <Objeto Devices>, port: <Objeto Ports no qual será executada a medição ou atuação> }
```

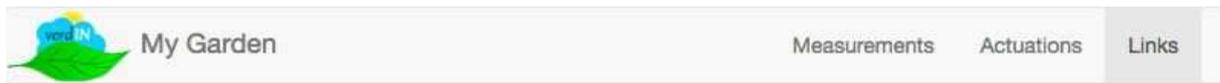
- "Measurements" é uma coleção das diferentes medições executadas pelo controlador Node:

```
{ linkedSensor: <Objeto LinkedDevices>, value: <valor int que representa o valor da variável medida>, date: <valor timestamp> }
```

- "Actuations" é uma coleção das diferentes atuações executadas pelo controlador Node:

```
{ linkedActuator: <Objeto LinkedDevices>, value: <valor int que representa o valor da variável da atuação>, date: <valor timestamp> }
```

APÊNDICE XVIII - Barra de menu da aplicação



APÊNDICE XIX - Tela de listagem dos dados

Plantations		
Name	Species	
Girassol A	Undefined	Delete
Girassol B	Undefined	Delete

[Add New Plantation](#)

Verdin Devices		
Name	Mac Address	
Node 1	7C:EC:79:DB:30:D8	Delete
Node 2	7C:EC:79:DB:79:24	Delete

[Add New Device](#)

Linked Sensors					
Plantation	Device	Sensor	Read Port	Power Port	
Girassol A	Node 1	Soil Moisture Sensor	A0	LED	Delete
Girassol B	Node 2	Soil Moisture Sensor	A0	LED	Delete

[Link New Sensor](#)

Linked Actuators				
Plantation	Device	Actuator	Port	
Girassol A	Node 1	Water Pump Irrigator	D2	Delete
Girassol B	Node 2	Water Pump Irrigator	D3	Delete

[Link New Actuator](#)

APÊNDICE XX - Controlador Core e suas conexões



APÊNDICE XXI - Controlador Node no ambiente



APÊNDICE XXII - Fonte de energia solar



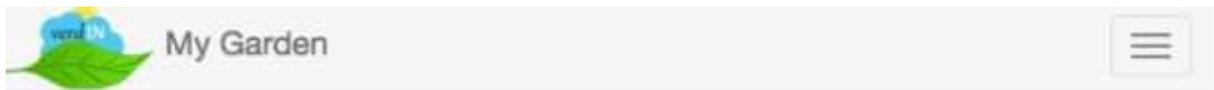
APÊNDICE XXIII - Ambiente físico montado



APÊNDICE XXIV - VerdIn

<p>Ilustração:</p>	
<p>Possui aplicação para gestão:</p>	<p>Sim, possui aplicação que permite monitorar e controlar o sistema.</p>
<p>Irrigação automatizada:</p>	<p>Sim.</p>
<p>Luminosidade automatizada:</p>	<p>Não. A luminosidade é natural.</p>
<p>Monitoramento de umidade:</p>	<p>Sim.</p>
<p>Monitoramento de PH:</p>	<p>Não.</p>
<p>Monitoramento de nutrientes:</p>	<p>Não.</p>
<p>Monitoramento de temperatura:</p>	<p>Não.</p>
<p>Nível de automação de tarefas:</p>	<p>Alto.</p>
<p>Nível de escalabilidade:</p>	<p>Escalável de acordo com o quantidade de controladores Node.</p>
<p>Nível de abrangência:</p>	<p>Abrange apenas a planta observada.</p>
<p>Nível de mobilidade:</p>	<p>Alto.</p>
<p>Nível de embarcamento:</p>	<p>Alto.</p>
<p>Economia de recursos:</p>	<p>Economia de energia com utilização de carregador solar. Economia de água com uma rega inteligente.</p>
<p>Conexão do controlador:</p>	<p>Bluetooth.</p>
<p>Observações gerais:</p>	<p>Flexibilidade sobre a funcionalidade de rega, podendo ser por períodos ou por ativação automática em condições abaixo do normal.</p>
<p>Site:</p>	<p>verdin.ddns.net</p>

APÊNDICE XXV - Cadastro da plantação Girassol A e Girassol B



New Plantation

Name:

Species:

Add Plantation

New Plantation

Name:

Species:

Add Plantation

Plantations

Name	Species	
Girassol A	Undefined	Delete
Girassol B	Undefined	Delete

Add New Plantation

APÊNDICE XXVI - Cadastro do Controlador Node 1 e 2


My Garden
☰

New Device

Name:

Mac Address:

Add Device

New Device

Name:

Mac Address:

Add Device

Verdin Devices

Name	Mac Address	
Node 1	7C:EC:79:DB:30:D8	Delete
Node 2	7C:EC:79:DB:79:24	Delete

Add New Device

APÊNDICE XXVII - Cadastro de sensores


My Garden
☰

New Sensor

Sensor:

Plantation:

Verdin Device:

Read Port:

Power Port:

Link Sensor

Linked Sensors

Plantation	Device	Sensor	Read Port	Power Port	
Girassol A	Node 1	Soil Moisture Sensor	A0	LED	Delete
Girassol B	Node 2	Soil Moisture Sensor	A0	LED	Delete

Link New Sensor

APÊNDICE XXVIII - Cadastro e configuração de Atuadores

New Actuator

Actuator:

Plantation:

Verdin Device:

Port:

Behavior

Based on: Periodicity Linked Sensor

Sensor:

Desired Moisture Level:

Watering time:

Link Actuator

Linked Actuators

Plantation	Device	Actuator	Port	
Girassol A	Node 1	Water Pump Irrigator	D2	Delete

Link New Actuator

APÊNDICE XXIX - Detalhe da mensagem trocada entre controladores

Mensagem: (<ID>(#<Pin>(?<Value>?)+/)*

- <ID>: é o identificador do sensor ou atuador que irá executar a ação (campo senAct.id do banco MongoDB verdin).
- <Pin>: é o número do pino do Node a que o sensor/atuador está conectado (para atuadores: 2 a 12; para sensores: A0 a A7).
- <Value>: é o valor de tipo INT da duração da ação (-1 para atuar por tempo indeterminado; 0 para parar uma atuação de tempo indeterminado).
- ? : é um opcional sinalizando se é atuador ou não.
- Primeiro *: é o número de sensores/atuadores de mesmo tipo conectados ao Node.
- Segundo *: é o número de sensores/atuadores de tipos diferentes conectados ao Node.
- #: é um caractere separador sensores/atuadores de mesmo tipo.
- ?: é um caractere separador de pino e valor para atuadores.
- /: é um caractere separador sensores/atuadores de tipos diferentes.
- *: é um caractere identificador de final da mensagem.

Seguem alguns exemplos de mensagens nesse formato:

- Mensagem que executa a leitura dos sensores de tipo 1 nos pinos A0 e A1 e do sensor de tipo 3 no pino A3:

1#A0#A1/3#A3/*

- Mensagem que executa a ação dos atuadores de tipo 2 no pino 2 por 5 segundos e para de executar no pino 3:

2#2?5000#3?-1/*

APÊNDICE XXX - Rotas utilizadas pela aplicação web

- 1) /addPlantation e /deletePlantation: Utilizados para adicionar e deletar uma plantação.
- 2) /addDevice e /deleteDevice: Utilizados para adicionar e deletar um controlador Node.
- 3) /linkDevices e /delinkDevices: Utilizados para adicionar um sensor/atuador.
- 4) /getPlantations: Utilizado para listar todas as plantações registradas.
- 5) /getDevices: Utilizado para listar todos os controladores Node registrados.
- 6) /getLinkedSensors: Utilizado para listar todos os sensores registrados.
- 7) /getLinkedActuators: Utilizado para listar todos os atuadores registrados.
- 8) /getSpecies: Utilizado para listar as espécies na criação de uma plantação.
- 9) /getSensors: Utilizado para listar todos os tipos de sensores registrados.
- 10) /getActuators: Utilizado para listar todos os tipos de atuadores registrados.
- 11) /getAvailablePorts: Utilizado para listar todas as portas restantes de um controlador Node.
- 12) /getLinkedSensorsOfPlantation: Utilizado para listar todos os sensores registrados para uma plantação (para atuação baseada em sensor conectado).
- 13) /getMeasurementsByPlantation: Utilizado para retornar todos os dados necessários para a construção dos gráficos de medições.
- 14) /getActuationsByPlantation: Utilizado para retornar todos os dados necessários para a construção dos gráficos de atuações.

APÊNDICE XXXI - Artigo

Smart Gardens - Automação e Monitoramento Inteligente da Agricultura**André Gustavo Weise Roeck, Lucas Wolff da Silva****Departamento de Informática e Estatística (INE) / Universidade Federal de Santa Catarina***andre.roeck@grad.ufsc.br, lucas.wolff@grad.ufsc.br*

***Abstract.** Based on the historic poor availability of technologic devices capable of monitoring and automatizing, in a context sensitive way, the tasks related to plantation and gardening, there was an incentive for us to develop a proper computational environment to improve this scenario. The present final project is about a model of smart automation for monitoring and controlling variables through a computational application and also actuation and sensorization devices. The application of this model in an environment like a plantation, will make possible the plant's grow to be easier and optimized, minimizing the agriculture's poor control and waste levels, and additionally reducing the human dependence and error.*

***Resumo.** Tendo como base a histórica falta de aparatos tecnológicos capazes de monitorar e automatizar, de forma sensível ao contexto, as tarefas relacionadas a plantação e jardinagem, houve um estímulo para desenvolver um ambiente computacional próprio para melhorar esse cenário. O presente projeto de conclusão de curso trata de um modelo de automação inteligente para monitoramento e controle de variáveis por meio de uma aplicação computacional e dispositivos de sensoriamento e atuação. Ao aplicar esse modelo em um ambiente como o da agricultura, possibilita-se um cultivo facilitado e otimizado de plantas, minimizando o problema de falta de controle e desperdício de recursos na agricultura, além de reduzir a dependência e erros humanos.*

1. Introdução

No ramo da agricultura, seja em pequena escala como jardins ou até em grande escala como lavouras, é clara a falta de acompanhamento específico em tempo real. Problemas como desperdício de sementes, exagero ou falta de água e fertilizantes, e dificuldade no gerenciamento dos diferentes tipos de plantas são recorrentes, ocasionando perdas significativas em esforço e produção que fazem com que o resultado do plantio não seja condizente com seu real potencial.

Portanto técnicas e meios de contornar esses empecilhos são buscados pelos responsáveis pelo plantio, e alguns dos métodos tradicionais conhecidos são: temporização de irrigação e adubagem, rotação de culturas, hidroponia, etc.

Porém, esses métodos citados tratam os problemas de maneira genérica e sem acompanhamento sensível ao contexto de cada parte da plantação. Daí surge a necessidade de uma nova técnica que aborde-os de forma mais precisa e eficiente.

A evolução tecnológica na área de computação ubíqua tem deixado os dispositivos cada vez mais portáteis, potentes e baratos. Dispositivos como sensores de umidade, luz solar, geolocalização e transmissores de dados sem fio estão sendo muito utilizados em projetos de automação e ambientes inteligentes.

Certamente essas tecnologias possibilitam preencher a brecha apresentada acima e auxiliar tanto uma pessoa que queira sair de férias e ter certeza de que o seu jardim estará em bons cuidados, quanto um produtor de grãos que deseja otimizar sua produção.

2. Contexto da Tecnologia na Agricultura

A agricultura é uma atividade realizada pelos seres humanos desde a antiguidade até os dias atuais e teve extrema importância na formação das primeiras civilizações (MAZOYER e ROUDART, 2008). À medida em que o homem foi modernizando suas técnicas e tecnologias, a agricultura teve significativos avanços e como resultado, aumento de produtividade (PENA, 2015).

Com o passar dos séculos houveram marcos importantes na história da agricultura e podem ser resumidos em três revoluções:

- *Revolução Agrícola Inglesa*: marcada pela inclusão do maquinário pesado, automação de muitas tarefas e utilização da rotação de culturas.

- *Revolução Verde*: ocorrida após a Segunda Guerra Mundial, esta revolução aproveitou-se dos avanços tecnológicos gerados durante os períodos de guerra.
- *Revolução Transgênica*: beneficiada pelo expressivo desenvolvimento da ciência e pelos produtos agrícolas geneticamente modificados.

Além de toda esta evolução na área da agricultura o presente projeto conta com a alta acessibilidade nos dias de hoje à dispositivos como sensores e atuadores, permitindo que conceitos como computação ubíqua e ambientes inteligentes possam ser aplicados. Com essa oportunidade, algumas empresas puderam investir em soluções alternativas para otimizar o cultivo de plantas, visando sempre a sustentabilidade, o aumento da produção e a diminuição do esforço humano presencial.

Alguns dos projetos pesquisados foram:

- *PlantLink*: Um pequeno sensor de umidade do solo, acompanhado de uma válvula para automatizar os ciclos de irrigação. Através de um aplicativo o usuário consegue monitorar os níveis de água da planta e obter informações precisas do cultivo.
- *Click & Grow*: Um dispositivo compacto que preferencialmente deve ser mantido dentro de casa e automatiza todo o desenvolvimento das 3 plantas que podem ser incluídas na estrutura. Conta com um reservatório de água responsável pela rega automatizada e também com uma luminária que fornece luz por períodos de 8 e 16 horas contínuas.
- *RUFS*: Este projeto utiliza a hidroponia, onde os nutrientes estão dispostos na água ao invés do solo. Uma estrutura montada com canos permite que a água circule continuamente e assim há uma economia de cerca de 90% no consumo deste recurso. Existem controladores anexados à essa estrutura responsáveis por enviar os dados coletados para uma aplicação, onde são dispostos por meios de gráficos para o usuário.
- *Edyn*: Formado por uma sonda inserida no solo para coleta de dados e por uma válvula que controla os ciclos de irrigação. Possui um aplicativo onde os níveis de umidade, temperatura, luminosidade e nutrientes do solo podem ser monitorados pelo usuário em tempo real.
- *Flower Power*: Um pequeno sensor movido a pilha que deve ser inserido no solo próximo à planta monitorada. Os dados são armazenados no dispositivo

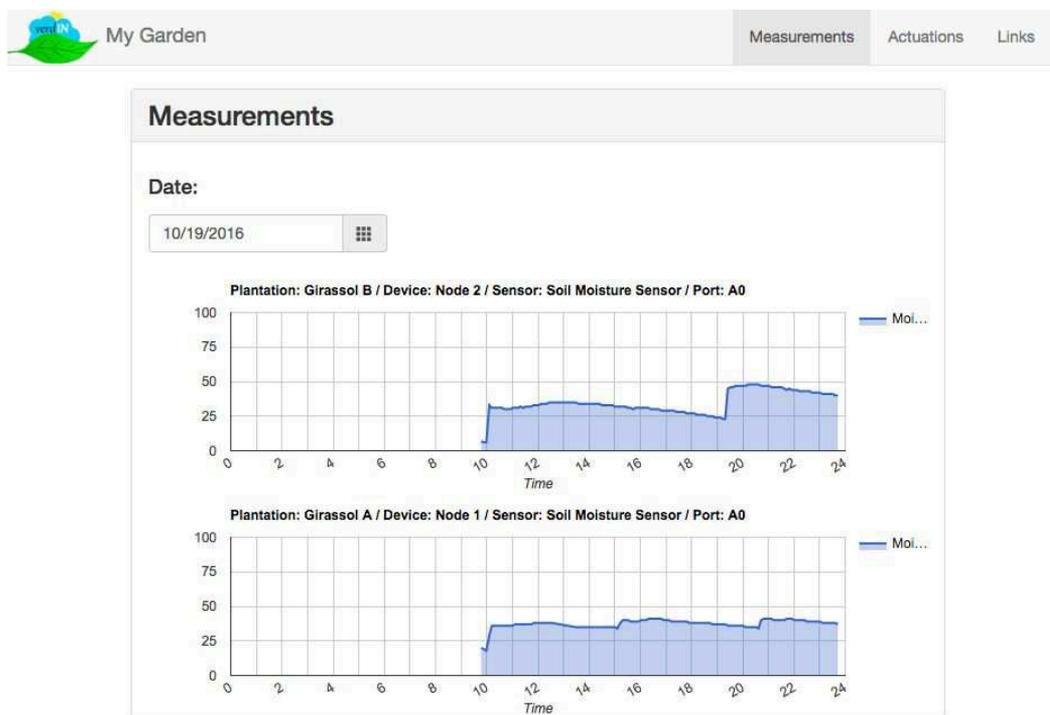
até que o usuário chegue próximo e emparelhe via bluetooth seu smartphone com o dispositivo, e apenas deste modo o aplicativo pode informar sobre os níveis de umidade, luminosidade, temperatura e fertilizantes.

3. Avaliação

Tendo base neste contexto tivemos estímulo para propor um modelo novo. A ideia é que esse modelo seja facilmente aplicado no desenvolvimento de um ambiente e que promova alta escalabilidade e mobilidade, a fim de atacar o problema atual de falta de monitoramento e controle sensíveis ao contexto do ambiente.

Após a concepção do modelo foi possível iniciar o desenvolvimento do ambiente baseado neste modelo. O ferramental escolhido constitui-se de dispositivos, plataformas, linguagens, bibliotecas e persistência, sendo de primordial importância a compatibilidade dessas ferramentas com os conceitos de escalabilidade, mobilidade, automação de tarefas e economia de recursos que foram definidos como pilares do projeto que está sendo proposto.

Para tornar o ambiente apto para coleta de dados foi necessário realizar uma configuração física, onde organizamos as plantas que seriam monitoradas, sensores e atuadores e meios de comunicação entre os dispositivos. Além disso foi necessário configurar um ambiente computacional, cadastrando as plantas, os sensores e atuadores e por fim definindo ciclos de automatização. Somente após estas configurações conseguimos coletar os primeiros dados.



Medições das plantações Girassol A e Girassol B ao longo do dia

Os gráficos de medições de umidade acima mostram claramente que o método automatizado de rega baseado em sensor utilizado na plantação Girassol A tende a criar um nível constante de umidade, pois é disparado imediatamente quando identificado um valor de umidade abaixo do desejado, já o método tradicional de rega utilizado na plantação Girassol B tende a variar bastante, às vezes resultando em um nível de umidade abaixo do desejado, às vezes acima.

4. Conclusão

Ao final desse trabalho, retomamos às características que foram levantadas no início, afim de verificar se o que havia sido proposto foi de fato atendido. Aspectos como mobilidade, escalabilidade, redução do esforço humano e baixo consumo de recursos foram fortemente atacados durante a concepção do modelo e também do ambiente.

Ao coletar dados de um ambiente físico real, conseguimos comprovar que esta experiência proporciona ao usuário, que é o gerenciador do plantio, liberdade e conhecimento sobre a plantação. Com a automatização implementada, o sistema se tornou responsável por tarefas que demandam esforço e atenção do usuário, como monitorar a situação da umidade do solo e realizar a rega da planta. Além da diminuição do esforço presencial, podemos

apontar a geração de conhecimento adquirida pelos os gráficos como uma característica importante do projeto, que foi exemplificada ao comparar a falta de monitoramento e controle do método tradicional de plantio à sensibilidade ao contexto obtido ao automatizar a rega das plantas baseando-se nos sensores de umidade.

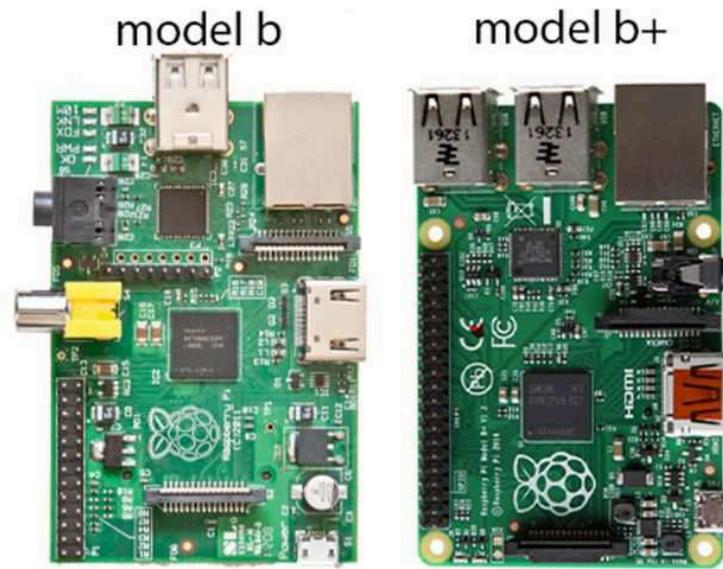
5. Referências

MAZOYER, Marcel; ROUDART, Laurence. **HISTÓRIA DAS AGRICULTURAS NO MUNDO**. Editora Unesp. 2008.

PENA, Rodolfo F. A. "Evolução da agricultura e suas técnicas". <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/evolucao-agricultura-suas-tecnicas.htm>>. Acesso em 20/10/2016.

ANEXOS

ANEXO I - Raspberry Pi modelo B e modelo B+



(GUARISE, 2014)