

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE AUTOMAÇÃO E SISTEMAS**

Leonardo Rubin Quaini

**Desenvolvimento de Pivôs Centrais
Autônomos utilizando a abordagem *Lean
Startup***

Florianópolis
2017

Leonardo Rubin Quaini

Relatório submetido à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a aprovação na disciplina **DAS 5511: Projeto de Fim de Curso** do curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação.
Orientador: Prof. Fernando Forcellini

Florianópolis
2017

Leonardo Rubin Quaini

Desenvolvimento de Pivôs Centrais Autônomos utilizando a abordagem *Lean Startup*

Esta monografia foi julgada no contexto da disciplina DAS5511: Projeto de Fim de Curso e aprovada na sua forma final pelo Curso de Engenharia de Controle e Automação.

Florianópolis, _____ de _____ de _____

Banca Examinadora:

Prof. ***Fernando Forcellini***

Orientador na Empresa
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. ***Fernando Forcellini***

Orientador no Curso
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. ***Miguel Angel Chincaro Bernuy***

Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

Gustavo Kerezi

Debatedor
Universidade Federal de Santa Catarina

Matheus Kruger Winter

Debatedor
Universidade Federal de Santa Catarina

À minha família!

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho é fruto do apoio e contribuição de muitas pessoas, pois nada grande é feito sozinho!

Primeiramente, gostaria de agradecer a meus pais, Moacir Quaini e Rosilene Quaini, e minha irmã, Letícia Quaini, por todo apoio ao longo da graduação e por não medirem esforços para me fornecerem as melhores oportunidades.

Um agradecimento especial a todos os professores do Departamento de Automação e Sistemas e todos aqueles que mesmo não sendo professores de profissão me ensinaram muito ao longo dos últimos 5 anos. Bem como, ao meu orientador no presente trabalho, Fernando Forcellini, com o qual o contato iniciou-se a partir do desenvolvimento do presente trabalho, mas muito me ensinou e admiro pelo notório conhecimento.

Agradeço também à equipe da Hidrointel Irrigação Inteligente, entre eles Erich Alves, o qual participou do surgimento da empresa, e também pelo apoio e dedicação do Rafael Sartori, Rodrigo Miranda e Thiago Ruis.

Agradeço a todas as instituições que permitiram o meu desenvolvimento ao longo da graduação e às pessoas que nelas comigo trabalharam. Dentre elas, a Empresa Junior de Estudos e Consultoria em Automação e Sistemas (Autojun) e à Federação das Empresas Juniores do Estado de Santa Catarina (FEJESC).

Agradeço também a Cventures, empresa na qual muito aprendi sobre o mercado de empreendedorismo e *startups*, em especial ao Luis Amorim, o qual me ensinou a praticar a excelência nas atividades realizadas.

Agradeço a Yasmin Cipriano pelo carinho, compreensão e revisão do presente trabalho.

Agradeço ao apoio de todos amigos ao longo do curso de Engenharia de Controle e Automação e amigas feitas em Florianópolis, entre eles Andrio Frizon, Arieli Frizon, Angelo Araújo, Antônio Muniz, Antônio Sandri, Carolina Pires, Corina Bachmann, Cristieli Pizzolatto, Eduardo Moretti, Gabriel Alves, Gabriel Casarin, Gabriel Goulart, Gabriel Monteiro, Gabriel Paiva, Guilherme Cornelli, Gustavo Kremer, Igor Benicá, Kaio Souza, Lucas Feitosa, Marcelo Morato, Mateus Bosa, Matheus Ambrosi, Matheus Zardo, Murilo Rodegheri, Otávio Sendkto, Paulo Pizzolati, Raul Daitx, Roger Perin, Rong Jiarui, Victor Petrassi.

Agradeço a todos amigos e familiares que aqui não foram citados, mas contribuíram para esse período incrível de formação, aprendizado, conquistas e felicidades.

“A lição do Produto Mínimo Viável é que qualquer trabalho adicional além do que foi requerido para iniciar a aprendizagem é desperdício, não importa a relevância que parece ter tido naquele momento.” – Eric Ries.

RESUMO

A agricultura brasileira consome cerca de 70% da água utilizada no país, configurando-se como a atividade econômica de maior consumo. A definição da lâmina bruta de água utilizada para a irrigação das plantações é realizada a partir da medição da umidade do solo com base no tato, de modo que o cálculo de fornecimento de água às plantas é ineficiente. Esse problema está associado à dificuldade e custos de utilização de técnicas precisas. Dessa forma, utilizando-se a metodologia Lean Startup foi possível entender as dificuldades dos agricultores em relação ao manejo e gerenciamento da irrigação. Propôs-se o desenvolvimento de um sistema de Pivôs Centrais Autônomos. Foram elaboradas hipóteses e realizados experimentos para validação das funcionalidades através de ciclos de feedback Construir-Medir-Aprender. Os aprendizados acerca das necessidades dos clientes e do gerenciamento remoto e manejo da irrigação permitiram a proposição de um protótipo. Por último, iniciou-se o desenvolvimento do protótipo de monitoramento remoto do pivô central e das condições ambientais, bem como, definição de planos otimizados de irrigação.

Palavras-chave: Lean Startup. Pivôs Centrais Autônomos. Experimentos.

ABSTRACT

Brazilian agriculture consumes about 70% of the water used in the country, constituting itself as the most consuming economic activity. The definition of the quantity of water used for irrigation of plantations is based on the measurement of soil moisture based on the tact, so that the calculation of water supply to the plants is inefficient. This problem is associated with the difficulty and costs of using precise techniques. Thus, using the Lean Startup methodology, it was possible to understand the farmers' difficulties in irrigation management and center pivots management. It was proposed the development of Autonomous Central Pivots System. Hypotheses were elaborated and experiments were carried out to validate the functionalities through the feedback cycles Build-Measure-Learn. The learning about client needs and remote management and irrigation management allowed the proposal of a prototype. Finally, the development of the prototype of remote central pivot monitoring and environmental conditions was started, as well as the definition of optimized irrigation plans.

Key-words: Lean Startup. Autonomous Central Pivots. Experiments.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Esquemático Pivô Central.....	17
Figura 2 - Logotipo Hidrointel Irrigação Inteligente	20
Figura 3 - Demanda total de retirada e de consumo de água no Brasil.....	22
Figura 4 - Fluxo Metodológico do trabalho de Pesquisa	25
Figura 5 - Esquemático Pivô Central.....	29
Figura 6 - Sensor GS1	33
Figura 7 - Sensor Watermark	34
Figura 8 - Parâmetros do Modelo de van Genuchten	36
Figura 9 - Proposta de Automação de Pivôs Centrais	38
Figura 10 - Desenho conceitual de rede de sensores Wireless utilizados para irrigação	39
Figura 11 - Painel Icon	40
Figura 12 - Irriger Connect	41
Figura 13 - Painel Boss	41
Figura 14 - Modelo Cascata de desenvolvimento	43
Figura 15 - Ciclo de Feedback Construir-Medir-Aprender	45
Figura 16 - Metodologia Lean vs. Cascata.....	46
Figura 17 – Modelo Canvas de Proposta de Valor	48
Figura 18 – Modelo Canvas de de Negócio	50
Figura 19 - Business Model Canvas vs. Lean Canvas.....	51
Figura 20 - Ciclos de Feedback desenvolvidos.....	54
Figura 21 – Proposta de Geração de Valor ao Agricultor	68
Figura 22 – Proposta de Solução Pivôs Centrais Autônomos	69
Figura 23 - Matriz de Priorização do desenvolvimento do Protótipo.....	82
Figura 24 - Esquemático de Hardware - Protótipo Hidrointel.....	84
Figura 25 - Xbee SX (esquerda) e Xbee SX PRO (direita).	85
Figura 26 - Arduino MEGA 2560 R3 (esquerda) e Sensor de Pressão (direita).	87
Figura 27 – GPS (esquerda) e Antena de transmissão (direita).	87
Figura 28 - Esboço das Interfaces do Módulo A	88
Figura 29 - Interfaces Monitoramento Remoto do Pivô Central (1).....	89
Figura 30 - Interfaces Monitoramento Remoto do Pivô Central (2).....	89
Figura 31 - Arduino Nano.	90

Figura 32 - Placa Solar 10W (esquerda) e Bateria (direita).	91
Figura 33 - Pluviômetro Automático (esquerda) e Antena 8dBi (direita).	91
Figura 34 - Interface Módulo de Umidade	92
Figura 35 – Interface Planos de Irrigação	93
Figura 36 - Instalação do Sensor Watermark.....	95
Figura 37 - Gráfico Evolução da Umidade do Solo (Cbar).....	95
Figura 38 - Nova Proposta de Interfaces de Monitoramento Remoto do Pivô Central (1).....	97
Figura 39 - Nova Proposta de Interfaces de Monitoramento Remoto do Pivô Central (2).....	97

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Equação de Shock	35
Equação 2 - Equação de van Genuchten	35
Equação 3 - Equação para definição de Lâmina Líquida.....	36
Equação 4 - Conversão de Lâmina Líquida para Lâmina Bruta	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Municípios com área equipada com pivôs centrais acima de cinco mil hectares.	18
Tabela 2 - Questionamentos para direcionamento do processo de Validação 1º Ciclo de Feedback	61
Tabela 3 - Avaliação das Hipóteses do 1º Ciclo de Feedback.....	61
Tabela 4 - Custo de Energia no estado do Mato Grosso	76
Tabela 5 - Resultado financeiro de parada inesperada do Pivô Central.....	76
Tabela 6 - Simulação de Retorno Financeiro utilizando solução da Hidrintel	76
Tabela 7 - Questionamentos para direcionamento do processo de Validação 2º Ciclo de Feedback	77
Tabela 8 - Avaliação das Hipóteses do 2º ciclo de feedback.....	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas

ASABE – American Society of Agricultural and Biological Engineers

BD – Banco de Dados

FAO – Food and Agriculture Organization

FAPESC – Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina

PMS – Potencial Matricial do Solo

RBS – Revisão Bibliográfica Sistemática

TAS – Tensão de Água no Solo

TDR - Reflectometria no Domínio do Tempo

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

Sumário

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Contextualização.....	16
1.1.1. Descrição do Problema.....	16
1.1.2. Descrição da Empresa	20
1.2 Objetivos do trabalho	21
1.2.1. Objetivo Geral.....	21
1.2.2. Objetivos Específicos	21
1.3. Justificativa	21
1.4. Aderência ao Curso de Engenharia de Controle e Automação.....	23
1.5. Estrutura do Trabalho	24
1.6. Metodologia de Pesquisa	24
1.6.1. Revisão da Literatura.....	25
1.6.2. Desenvolvimento do Sistema.....	25
1.6.3. Aplicação do Sistema Desenvolvido para fins de avaliação dos resultados	26
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	28
2.1. Pivôs Centrais	28
2.2. Manejo da Irrigação	31
2.2.1. Manejo da Irrigação via clima	31
2.2.2. Manejo da Irrigação via solo	32
2.2.3. Manejo da Irrigação via planta	37
2.3. Trabalhos desenvolvidos em Pivôs Centrais.....	37
2.3.1. Trabalhos encontrados na literatura	37
2.3.2. Tecnologias presentes no mercado	40
2.4. Metodologias de Desenvolvimento e Validação do Produto.....	42
2.4.1. Metodologia Cascata.....	42
2.4.2. Metodologia Lean Startup.....	43
2.5. Metodologia de Criação de <i>Personas</i>.....	46
2.6. Metodologia de Criação de Produto	47
2.7. Metodologia de Elaboração de Modelo de Negócio.....	49
2.7.1. Modelo Canvas de Negócio	49

2.7.2. Modelo Lean Canvas	50
2.8. Considerações Finais do Capítulo	51
3. DESENVOLVIMENTO.....	54
3.1 Entendimento do Mercado	54
3.1.1 Identificação dos clientes	55
3.1.2. Identificação das necessidades dos Clientes	55
3.1.3. Desenvolvimento do Modelo de Negócio	57
3.2. 1º Ciclo de Feedback Construir-Medir-Aprender.....	59
3.2.1. Definição das Hipóteses	59
3.2.2. Produto Mínimo Viável (MVP)	60
3.2.3. Contabilidade para Inovação	62
3.3. Solução Hidrointel – Projeto Conceitual	68
3.4. 2º Ciclo de Feedback Construir-Medir-Aprender.....	74
3.4.1. Definição das Hipóteses	74
3.4.2. Produto Mínimo Viável (MVP)	74
3.4.3 Contabilidade para Inovação	78
3.5. 3º Ciclo de Feedback Construir-Medir-Aprender.....	80
3.5.1. Definição das Hipóteses	81
3.5.2. Produto Mínimo Viável (MVP)	82
3.5.3. Contabilidade para Inovação	96
4. CONCLUSÕES	99
REFERÊNCIAS	102

1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo tem como finalidade apresentar o problema abordado no desenvolvimento do trabalho, explicitando o contexto de ocorrência, causas e consequências. Bem como, descrever a empresa na qual foi realizado o projeto, constando os objetivos que se pretende atingir ao final do trabalho e as motivações e justificativas de escolha do problema.

A estrutura do trabalho e a metodologia utilizada para o desenvolvimento também são explicitadas no presente capítulo.

1.1 Contextualização

No presente item são detalhados o problema alvo do trabalho e a empresa na qual ocorreu o desenvolvimento do projeto.

1.1.1. Descrição do Problema

A prática da irrigação data de 4.500 a.C. e está associada a uma grande transformação no modo como o homem produz na natureza e a prosperidade econômica de vários povos (NETO, 2017). A irrigação garante aos agricultores controle sobre uma variável bastante dinâmica na natureza, que são as chuvas, as quais recebem influências de diversos fatores e são de difícil previsão para um planejamento adequado de uma safra. Dessa forma, os sistemas de irrigação, seja por sulcos, aspersão ou subterrânea, permitem que sejam planejados períodos de plantio e colheita, sem que falte água durante o desenvolvimento das plantas, o que representa redução do risco do investimento realizado na lavoura, assegura produtividade e, em algumas regiões brasileiras, proporciona a realização de cinco safras no período de dois anos, explorando o máximo potencial da terra.

O método de irrigação mais comumente utilizado no Brasil para a produção de grãos são os pivôs centrais (Figura 1). Segundo Lima (2010), a tecnologia de pivôs centrais surgiu em 1948 e, em 1949, seu inventor, Frank L. Zybach, submeteu o invento para ser analisado, o qual foi patenteado em 1952, no Colorado, Estados Unidos.

Os pivôs centrais são formados por estruturas metálicas, suspensas a 3,5 m de altura, que cobrem o raio de uma área agrícola circular e possuem ponto fixo no centro desse círculo, de modo que ao realizar o giro do raio sobre a plantação é aspergida água para irrigação. Mais detalhes acerca do pivô central serão descritos na Fundamentação Teórica.

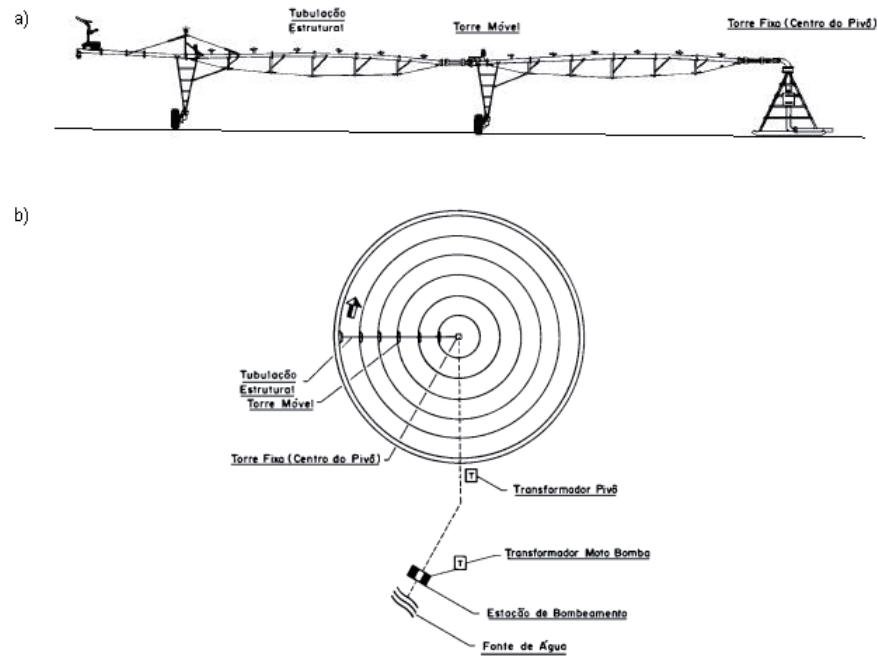


Figura 1 - Esquemático Pivô Central

Fonte: https://www.agro.ufg.br/up/68/o/09_aula_Pivo.pdf

O Brasil apresenta cerca de 20 mil pivôs centrais instalados e um crescimento médio de 1.800 pivôs centrais por ano (ANA, 2016), sendo os principais municípios descritos na Tabela 1.

Municípios com área equipada de pivôs centrais acima de cinco mil hectares				
UF	Município	Área equipada (ha)	Nº de pivôs	Área média (ha/pivô)
MG	Unaí	61.151	663	92
MG	Paracatu	59.752	882	68
GO	Cristalina	56.072	698	80
BA	Barreiras	34.870	340	103
BA	Mucugê	34.293	503	68
BA	São Desidério	33.368	316	106
MT	Primavera do Leste	20.212	168	120
BA	Jaborandi	18.221	163	112
BA	Luís Eduardo Magalhães	16.298	177	92
MG	Rio Paranaíba	14.422	280	52
SP	Itaí	14.368	288	50
SP	Guaíra	14.323	350	41
DF	Brasília	13.479	225	60
MT	Sorriso	13.207	98	135
SP	Paranapanema	12.619	292	43
SP	Casa Branca	12.141	287	42
GO	Jussara	12.089	109	111
SP	Itapeva	11.947	222	54
MS	Ponta Porã	11.762	106	111
MG	Jaíba	11.609	160	73
MG	João Pinheiro	11.382	118	96
BA	Ibicoara	11.354	205	55
BA	Riachão Das Neves	10.997	57	193
MG	Perdizes	10.916	161	68
MG	Guarda-Mor	9.372	198	47

Tabela 1 - Municípios com área equipada com pivôs centrais acima de cinco mil hectares.

Fonte: ANA, 2016.

Os sistemas de irrigação por pivô central permitem gerar grandes ganhos de produtividade que representam de 2 a 3 vezes a produção de áreas de sequeiro, no entanto, muitas vezes são negligenciadas as quantidades de água utilizadas na irrigação das plantações.

Essa negligência está associada à falta de tecnologia que realiza medição de variáveis de solo, clima ou plantas e permite aplicação do conhecimento de definição de quando e quanto irrigar a um custo atrativo ao produtor rural, bem como, informações ao agricultor de quanto poderia ser reduzido o custo, melhorado a

produtividade da plantação, facilitado o manejo da irrigação e reduzido consumo de água. Como consequência, ocorre uso incorreto da água no campo em inúmeras propriedades rurais brasileiras.

De acordo com Norum, 2009, agricultores geralmente utilizam na irrigação mais água do que o necessário para o desenvolvimento das plantas, de modo que ocorre desperdício do recurso. Um dos motivos que acarreta a aplicação excessiva de água é o fato de ser difícil a percepção da reação das plantas à variação do clima em tempo real, de modo que os agricultores se baseiam em dados passados para definir quanto irrigar, não refletindo as condições climáticas e de umidade presentes.

A partir de pesquisa realizada com agricultores, verificou-se que não são empregadas técnicas reconhecidas e consolidadas para a definição da quantidade de água que deve ser aplicada através do sistema de irrigação.

Assim, geralmente utiliza-se inspeção visual e tátil do solo para definir quando e quanto irrigar. O ajuste da quantidade de água aplicada é realizado com base na produtividade dos anos anteriores. Em alguns casos, são utilizadas tabelas que permitem identificar a quantidade de água que deve ser aplicada na plantação de acordo com a cultivar e estágio de desenvolvimento das plantas, mas isso representa cerca de 10% dos agricultores contatados.

A utilização dessas técnicas, portanto, acarreta em divergências da quantidade de água que deveria ser utilizada e a quantidade realmente empregada na irrigação, pois a medição incorreta, que não representa o estado real do sistema, implica em tomada de decisão ineficiente.

Dessa forma, ocorre redução de produtividade no campo e aumento de custos, visto que na situação em que é aplicada água em excesso na plantação, cria-se microclima propício a ocorrência e fungos e desenvolvimento de doenças nas plantas, bem como, murchamento das folhas. Por outro lado, se aplicada menos água do que o necessário para as plantas ocorre estresse hídrico, reduzindo a germinação das sementes, a área foliar das plantas e capacidade de fotossíntese e redução do número de grãos produzidos e seu peso. Além desses aspectos, ocorre desperdício de água, cujo consumo por parte de pivôs centrais em torno de 8 mil m³ de água por dia para um pivô central de 160 hectares, de acordo produtores.

A relação direta entre a quantidade de água aplicada e a produtividade do campo evidencia a importância da definição correta da quantidade de água a ser aplicada.

Dessa forma, constata-se que há uma lacuna no mercado em relação à definição de quando e quanto irrigar frente às técnicas disponíveis e os serviços que são oferecidos aos agricultores e o manejo geral da irrigação.

1.1.2. Descrição da Empresa

A Hidrointel Irrigação Inteligente é uma empresa de tecnologia voltada ao ramo agrícola que foi fundada no ano de 2016 e apresentou como meta inicial o desenvolvimento de sistema de irrigação subterrânea, no entanto, devido à inviabilidade financeira do projeto, alterou-se o foco para o desenvolvimento do Sistema Inteligente de Automação da Irrigação, o qual pode ser aplicado tanto em sistema de irrigação subterrânea quanto irrigação por pivôs centrais.

A empresa é formada por uma equipe de 4 pessoas, no entanto, por não apresentar faturamento até o presente momento, não apresenta sede física.

A empresa está organizada nas áreas internas Administrativo-Financeiro, Desenvolvimento de Software, Desenvolvimento de Hardware e Marketing. Porém, não há estruturação dos processos das áreas, apenas descrição detalhada das atividades e execuções para que no futuro sejam estruturados processos.

Atualmente, o maior desafio da empresa é resolver o problema dos agricultores com a definição da quantidade de água correta que deve ser aplicada nos sistemas de irrigação para diversas culturas e facilitar o processo de manejo da irrigação. Para isso, busca-se o desenvolvimento de tecnologia própria, com a construção inicial de um protótipo que será utilizado para aprimoramento do conceito e funcionalidades, objetivando lançar comercialmente produto ajustado ao mercado.



Figura 2 - Logotipo Hidrointel Irrigação Inteligente

1.2 Objetivos do trabalho

No presente item são apresentados os objetivos do trabalho, os quais norteiam o desenvolvimento. Os objetivos são divididos em Objetivo Geral e Objetivos Específicos.

1.2.1. Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de Pivôs Centrais Autônomos. O sistema permite tornar os pivôs centrais unidades autônomas dentro das fazendas. Isso implica em redução de custos, aliado a melhorias de manejo do campo, logística dos funcionários e aumento de produtividade.

1.2.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- Realizar Revisão Bibliográfica Sistemática acerca do tema Pivôs Centrais Autônomos.
- Formular hipóteses para validação da solução Pivôs Centrais Autônomos.
- Elaborar experimentos para validação das funcionalidades da solução Pivôs Centrais Autônomos e consequente execução dos experimentos no mercado, com produtores, agrônomos, distribuidores e fornecedores de diversos estados brasileiros.
- Validar hipóteses acerca da solução Pivôs Centrais Autônomos por meio da utilização de protótipo em lavoura.
- Construir um negócio sustentável com base no desenvolvimento da solução.

1.3. Justificativa

No presente item é realizada justificativa da realização do projeto.

A agricultura é a atividade que mais consome água na sociedade para ser realizada, no entanto, é fundamental para a humanidade, sendo a principal fonte de

alimentos no mundo. Dessa forma, é necessário que a água seja empregada de modo eficiente, pois segundo a última estimativa realizada pela ANA (2016), a irrigação consome 55% da vazão de retirada e 75% da vazão de consumo de água no Brasil, conforme a Figura 3.

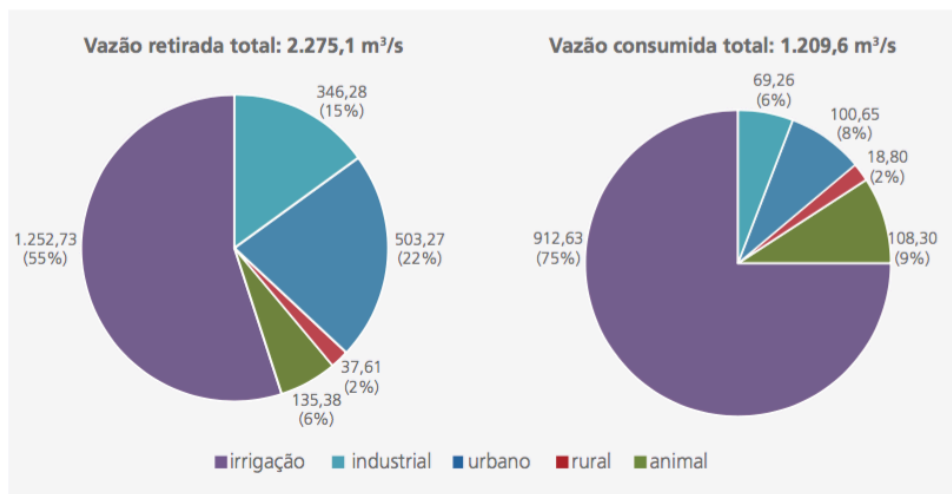


Figura 3 - Demanda total de retirada e de consumo de água no Brasil.

Fonte: ANA, 2016.

Somam-se a essas constatações estudos da FAO que estimam uma população de cerca de 9 bilhões de pessoas em 2050, sendo necessário aumento de 60% na produção de alimentos em relação ao período atual, de modo que 90% desse valor será proporcionado por aumento de produtividade e apenas 10% devido à expansão da área plantada. Isso significa que a irrigação apresenta um papel de extrema importância para alcance desses resultados.

Nesse cenário, merece destaque o Brasil, maior produtor de grãos do mundo, com área irrigada de 6,1 milhões de hectares (ANA, 2014) e potencial de irrigar cerca de 30 milhões de hectares de maneira sustentável. Essa diferença demonstra potencial de expansão da irrigação no país, o qual é identificado como o responsável por produzir cerca de 40% do aumento da demanda de alimentos nas próximas décadas. Assim, verificamos o quanto é importante que seja aproveitado o potencial hídrico brasileiro de maneira racional e eficiente.

Dessa forma, tanto os agricultores quanto a sociedade são beneficiados pela realização desse projeto de caráter inovador que almeja tornar os pivôs centrais unidades autônomas, reduzindo o consumo de água e energia e visando aumento de produtividade. Esse tipo de tecnologia ainda não está disponível no mercado, a nível mundial, e é uma tendência do setor, visto que agricultores e grupos de agricultores buscam cada vez mais aplicar tecnologias para garantir maiores resultados financeiros positivos para suas companhias.

1.4. Aderência ao Curso de Engenharia de Controle e Automação

Dentro do escopo do Curso de Engenharia de Controle e Automação verifica-se a relação do trabalho desenvolvido com as disciplinas de Metodologia para Desenvolvimento de Sistemas e Avaliação de Desempenho de Sistemas, visto que dadas Metodologias de Desenvolvimento de Produto e Validação de Modelo de Negócios, verifica-se a capacidade do engenheiro de entender o problema abordado, definir a metodologia mais adequada para a solução do problema, realizar um planejamento, executar o projeto e analisar os resultados obtidos, buscando melhorias a serem realizadas e garantindo assim o melhor funcionamento da solução dentro do escopo de tempo, recursos financeiros, equipe e tecnologias disponíveis para a execução do projeto.

O trabalho a ser realizado é essencial para que o engenheiro de Controle e Automação esteja preparado para os diferentes desafios propostos pelo mercado e tenha participação ativa nas decisões e projetos apresentados à equipe de engenharia, visto que o desenvolvimento de produto é fundamental para a sobrevivência de uma empresa em ambiente cada vez mais competitivo. A inovação contínua e investigação devem ser exercitadas dentro da equipe de engenharia, rompendo assim com o modelo em que são encaminhados aos engenheiros escopos de projetos a serem realizados, sem que haja uma justificativa e embasamento no mercado, resultando em projetos que venham a ser descontinuados devido ao baixo interesse do mercado na solução.

Dessa forma, abre-se espaço para que o engenheiro seja também responsável pelo sucesso comercial de um produto lançado no mercado e amplie as possibilidades de direcionamento de sua carreira dentro de uma empresa, alcançando posições em diretorias que excedem à engenharia, de modo que as

empresas tenham em seu quadro de diretores pessoas com ótima capacidade analítica e de identificação e resolução de problemas, visto rigor advindo da engenharia.

1.5. Estrutura do Trabalho

Abaixo, descrição do tema que será trabalhado em cada capítulo do trabalho.

Capítulo 1 – Introdução: Contextualização do problema abordado no trabalho do ambiente de desenvolvimento na empresa *Hidrointel – Irrigação Inteligente*, descrição da *Hidrointel – Irrigação Inteligente*, Especificação do Objetivo Geral e Específicos, Justificativa da realização do trabalho, Aderência ao Curso de Engenharia de Controle e Automação e Metodologia de pesquisa.

Capítulo 2 – Fundamentação Teórica: Apresentação de trabalhos da literatura acerca do tema abordado e das metodologias a serem utilizadas no trabalho, justificativa de escolha da metodologia Lean Startup, apresentação do mercado de irrigação no Brasil.

Capítulo 3 – Desenvolvimento: Elaboração do Modelo Canvas de Proposta de Valor e Lean Canvas, definição das hipóteses a serem validadas, elaboração de experimentos e métricas, realização de ciclos e feedback Construir-Medir-Aprender, Projeto Conceitual da solução Hidrointel, Projeto de Hardware e Projeto de Software.

Capítulo 4: Conclusão do trabalho realizado e expectativas de trabalhos futuros.

1.6. Metodologia de Pesquisa

O presente trabalho apresenta para seu desenvolvimento a estrutura apresentada na Figura 4.



Figura 4 - Fluxo Metodológico do trabalho de Pesquisa

1.6.1. Revisão da Literatura

Os diversos temas expostos no presente trabalho são explicitados e comentados na parte inicial do documento, de modo que o leitor compreenda o que há de estado da arte nos assuntos abordados e tenha percepção sobre o contexto no qual o trabalho está sendo desenvolvido.

Como material de apoio foram utilizados artigos, livros, seminários, guias práticos, blogs, folders e sites de empresas para que o conteúdo expresse a realidade do mercado e do estágio de maturação que se encontram as pesquisas.

1.6.2. Desenvolvimento do Sistema

Para o desenvolvimento do presente trabalho definiu-se que serão realizadas as seguintes etapas:

1. Estudo do Mercado

- a. Identificação das Necessidades do Cliente
- b. Desenvolvimento de Modelo de Negócio
2. Ciclo de Feedback Construir-Medir-Aprender
 - a. Definição das Hipóteses a serem validadas
 - b. Elaboração de experimentos para elaboração de hipóteses - MVP
 - c. Execução dos Experimentos
3. Contabilidade para inovação / Aprendizagem Validada
 - a. Avaliação dos dados coletados
 - b. Perseverar ou Pivotar?
4. Solução Hidrointel - Projeto conceitual do sistema
5. Solução Hidrointel – Projeto de Hardware do sistema
6. Solução Hidrointel – Projeto de Software do sistema
7. Execução do Projeto
 - a. Construção do Protótipo
8. Testes da Solução com clientes
 - a. Viabilidade Financeira da Solução
 - b. Valor visto pelo Produtor Rural
9. Análise dos resultados

1.6.3. Aplicação do Sistema Desenvolvido para fins de avaliação dos resultados

O sistema proposto será testado em campo por meio de protótipo desenvolvido em conjunto com a equipe da Hidrointel Irrigação Inteligente para que seja avaliado o desempenho do sistema, resolvendo o problema inicialmente definido e a viabilidade de produção dos equipamentos.

1.7. Resultados Esperados

Como resultados do desenvolvimento do presente projeto estão a validação do Produto e Modelo de Negócio da *Hidrointel – Irrigação Inteligente* com o intuito de desenvolver um negócio sustentável.

Espera-se que sejam validados desde as funcionalidades do produto até mercado, modelo de receita, parcerias, comercial e tecnológica.

Buscar-se-á identificar os motivos pelos quais não existem soluções semelhantes no mercado até o momento, bem como, identificar as necessidades dos agricultores.

A viabilidade financeira da solução e os retornos gerados aos agricultores serão estimados a partir da implantação da solução em campo, assim como a redução do consumo de água e benefícios ambientais gerados.

Dessa forma, espera-se desenvolver uma solução que atenda às necessidades dos agricultores, facilitando o manejo e gerenciamento da irrigação.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente capítulo tem como objetivo apresentar as teorias gerais e metodologias utilizadas no desenvolvimento do projeto e o que há de estado da arte acerca dos temas abordados.

2.1. Pivôs Centrais

Conforme colocado no capítulo anterior, os pivôs centrais são utilizados para a irrigação de extensas áreas agrícolas e estão se tornando cada vez mais difundidos na agricultura brasileira. A seguir os pivôs centrais são apresentados em maiores detalhes.

Os pivôs centrais são compostos e operam conforme descrito na Figura 5, sendo os dimensionamentos dos equipamentos particulares de cada projeto.

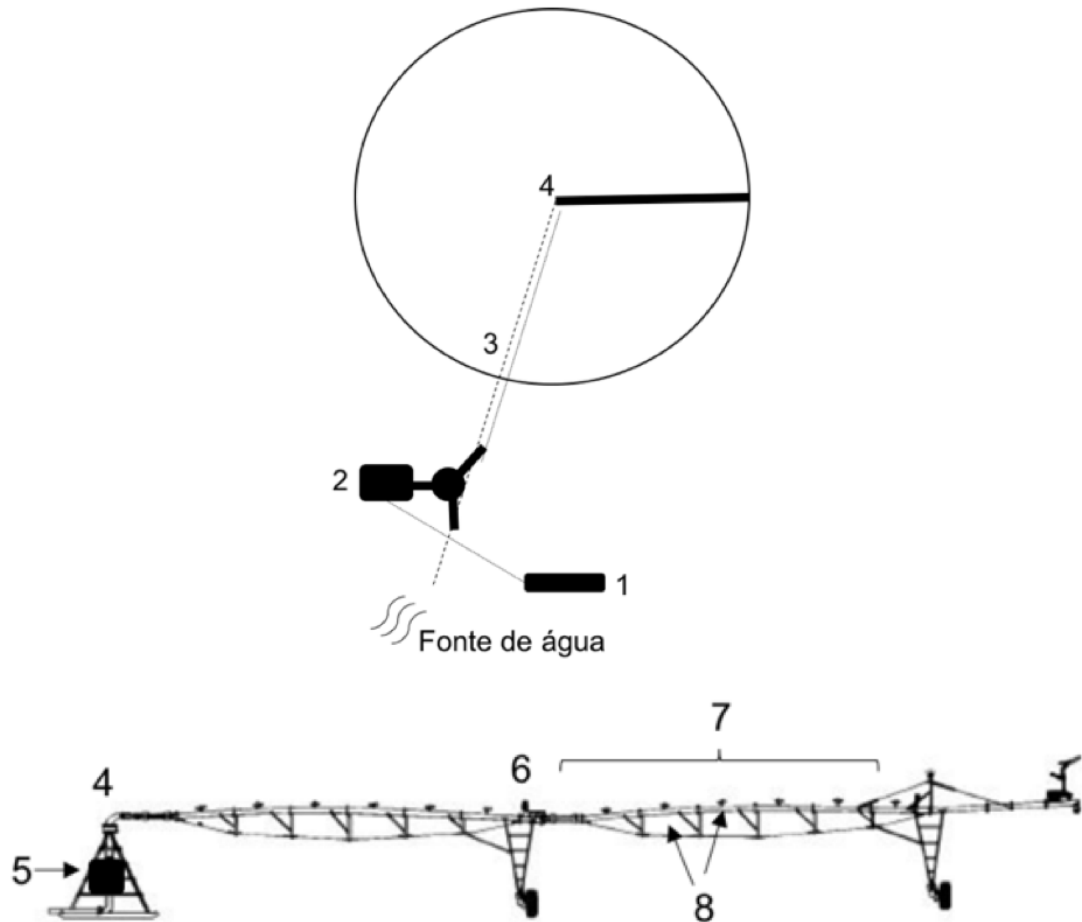


Figura 5 - Esquemático Pivô Central

Fonte: Adaptado de https://www.agro.ufg.br/up/68/o/09_aula_Pivo.pdf

- 1) Fornecimento de energia (Sistema de Alimentação): o fornecimento de energia para os pivôs centrais ocorre por meio da conexão dos equipamentos na rede de energia trifásica ou por meio da utilização de geradores de energia à *diesel*, visto que algumas regiões brasileiras não apresentam suprimento de energia elétrica.
- 2) Sistema de bombeamento de água: composto por motor elétrico e rotor centrífugo que juntos realizam a sucção de água do reservatório ou canal e impulsionam até o centro do pivô central para que seja realizada a irrigação.
- 3) Sistema de tubulações (adutoras): o transporte da água do canal até o centro do pivô central é realizado por meio de tubulações subterrâneas, as quais podem ser de material plástico ou metálico.

- 4) Torre Central do pivô: localizada no centro da área irrigada, é o local para onde a água é impulsionada desde o reservatório para que seja realizada a distribuição por meio da estrutura aérea do pivô central.
- 5) Quadro de comando: realiza o controle dos motores e ajustes de operação do pivô central, bem como, garante a segurança e correto funcionamento do equipamento. Encontra-se instalado sobre a Torre Central do pivô.
- 6) Torres intermediárias: utilizadas para sustentar os lances dos pivôs centrais e aspersores neles instalados e realizar a movimentação do pivô central.
- 7) Lances: estruturas metálicas que interligam as torres intermediárias e sustentam os aspersores.
- 8) Aspersores: realizam a distribuição de água no campo.

A operação do pivô central é controlada por meio do Quadro de Comando, equipamento no qual o operador ajusta a quantidade de água que deve ser utilizada na irrigação e qual setor da área será irrigado, bem como, horário em que o sistema será ligado e desligado. Realizado o ajuste, são enviados sinais que permitem o acionamento do sistema de bombeamento de água e dos motores elétricos presentes nas torres intermediárias.

As torres intermediárias se deslocam sempre que o ângulo de declinação do lance posterior (mais ao extremo do raio) se declina em 5 graus. Ou seja, a torre mais ao extremo do pivô central inicia o deslocamento e assim que estiver defasada 5 graus em relação à torre anterior, deixa de movimentar-se e aguarda que a torre anterior se movimente 5 graus, até ocorrer o alinhamento, sendo esse processo realizado até a torre mais próxima da torre central, de modo que o ciclo se reinicia com a torre mais ao extremo do raio.

Dessa forma, o pivô movimenta-se a velocidade constante, a depender da velocidade de movimentação das torres intermediárias, e realiza a irrigação do campo.

2.2. Manejo da Irrigação

No presente item é apresentado o conceito de Manejo da Irrigação e são descritas metodologias de manejo, com ênfase aos pontos positivos e negativos de cada prática, de modo a embasar a escolha da metodologia mais adequada para solucionar o problema apresentado.

O manejo da irrigação é essencial para garantir o desenvolvimento das plantas e maximizar a produção agrícola, sendo caracterizado pela definição de quando aplicar água na plantação e quanto de água aplicar.

O manejo da irrigação pode ser realizado de acordo com diversas metodologias desenvolvidas no campo das ciências agrícolas, sendo possível utilizar uma técnica isoladamente ou combinação de técnicas para obtenção de melhores resultados, de modo que se deve ponderar a relação Custo de Implementação vs. Resultados Alcançados vs. Custo de Manutenção do Sistema a ser adotado.

Os métodos de controle de rega podem ser classificados em três categorias básicas, de acordo com o indicador de déficit hídrico utilizado (GARDNER, 1988): (i) indicador solo, (ii) indicador planta, e, (iii) indicador clima. A seleção do método de controle das irrigações, ou seja, a estratégia de irrigação é um fator preponderante para o sucesso da atividade. De acordo com Clyma (1996), a chave para o melhoramento do manejo da água da irrigação está na seleção da estratégia. (NUNES, 2014).

2.2.1. Manejo da Irrigação via clima

O manejo da irrigação via clima considera o balanço hídrico do solo para definir quando e quanto irrigar (REICHARDT, 1990 apud NUNES, 2014).

A estimativa do balanço hídrico é realizada por meio da consideração da quantidade de entrada e saída de água do solo e das plantas por evapotranspiração (transpiração e evaporação), sendo baseado no princípio da conservação de massa, em que a transferência da massa de água pode ser determinada pelas variações nos fluxos de água no solo (BERGAMASCHI, 1992 apud NUNES, 2014).

A FAO recomenda o método de Penman-Monteith (MONTEITH, 1973) para determinar a evapotranspiração, o qual utiliza dados diários de temperatura máxima

e mínima do ar, umidade relativa do ar, insolação e velocidade do vento medida a dois metros de altura (SOUZA, 1998).

No entanto, o método do balanço hídrico fornece um valor aproximado de quanto se deve irrigar, visto que o método de Penman-Monteith e outros métodos de cálculo da evapotranspiração são aproximados por fórmulas empíricas.

Para obter-se os dados necessários para realizar o balanço hídrico faz-se necessária a instalação de estação meteorológica no campo, cujo custo médio é de R\$ 15 mil.

2.2.2. Manejo da Irrigação via solo

O manejo da irrigação também pode ser realizado a partir da medição da umidade do solo por meio de sensores de umidade.

A medição da umidade do solo quando realizada de modo indireto, utiliza os princípios da Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR), Resistência Elétrica ou Pressão.

Segundo Bizari (2011), a técnica do TDR de modo geral é mais comumente utilizada em pesquisas, em virtude de sua facilidade de obtenção, aquisição e armazenamento de dados para a estimativa do teor de água no solo e condutividade elétrica (NUNES, 2014).

De acordo com Pereira et al. (2006), é necessário calibrar o sensor TDR para utilização em diferentes tipos de solo, no entanto, não há um método padrão para determinar o correto conteúdo volumétrico de água, o que dificulta a utilização da tecnologia (NUNES, 2014).

SOUZA et al. 2006 ressalta que os sensores que utilizam o princípio TDR são acessórios importados e de elevado custo, o que inviabiliza a realização de grandes projetos com esse tipo de sensor, visto que devem ser utilizados diversos sensores para reduzir o erro devido à variabilidade espacial (NUNES, 2014).

Um exemplo de sensor que utiliza o método TDR é o GS1 (Figura 6), da fabricante Decagon Devices.



Figura 6 - Sensor GS1

Fonte: Decagon Devices, 2017.

A medição da umidade do solo também pode ser realizada por meio de sensor matricial granular (GSM), o qual baseia-se no princípio da resistência elétrica para definir a tensão de água no solo. Um modelo bastante comum no mercado é o sensor Watermark (Irrrometer).

O sensor Watermark apresenta eletrodos internos que são embutidos em material granular sob uma camada de gesso revestida pelo mesmo material granular. Este, por sua vez, é encoberto por um tecido e uma tela metálica, através dos quais a água entra e sai do sensor. O gesso dissolvido na água é um condutor razoável de eletricidade. Assim, quando o sensor contém umidade, a corrente elétrica flui facilmente entre seus eletrodos. Quanto maior a umidade do solo, maior o teor de água no interior do sensor; e à medida que o solo seca, o sensor também perde água, fazendo com que a resistência ao fluxo de eletricidade aumente. A resistência elétrica (expressa em Ohms) e a temperatura do solo são usadas para calcular a tensão da água do solo (TAS) em centibares. Esta tensão, que constitui a força necessária para as raízes das plantas extraírem água do solo reflete o estado de energia da água que interage com a matriz (parte sólida) do solo. Em dado instante e local, quanto maior a TAS, mais seco está o solo (Pereira, 2006).

O sensor Watermark (Figura 7) apresenta diversas vantagens em relação a outros medidores de umidade do solo, pois é um sensor que não se deteriora em

contato com o solo, não é afetado por baixas temperaturas e possui compensação interna de salinidade. A durabilidade do sensor é longa devido ao fato de ser um sensor sólido e que apresenta pouca necessidade de manutenção, sendo que os testes com este sensor se iniciaram na década de 1980 e provaram ser um sensor prático e eficiente (Vielmo 2008 apud NUNES, 2014).



Figura 7 - Sensor Watermark

Fonte: Irrrometer, 2017.

Outro equipamento que pode ser utilizado é o tensiômetro, o qual “consiste em uma cápsula porosa, geralmente de cerâmica ou porcelana, conectada a um medidor de vácuo através de um tubo plástico ou de outro material, tendo todas as partes preenchidas com água” (AZEVEDO et al., 1983a).

O funcionamento do tensiômetro é baseado no vácuo gerado na cápsula, visto que no momento da instalação, em solo saturado, toda estrutura é completada com água e não existe vácuo. Conforme reduz-se a umidade do solo, a água presente no interior do tensiômetro tende a sair, aumentando a tensão na cápsula, o que é medido pelo manômetro conectado ao tensiômetro. Por outro lado, quando o solo torna-se mais úmido, ocorre o movimento inverso e a água adentra o tensiômetro (AZEVEDO et al., 1983a).

No entanto, tensiômetros manuais são equipamentos que exigem bastante trabalho para a operação, visto que grandes distâncias devem ser percorridas para realizar a coleta manual dos dados e são necessárias constantes manutenções do equipamento para reposição de água na cápsula porosa, contribuindo assim para baixa utilização dos equipamentos por parte dos agricultores.

2.2.2.1. Metodologia de definição da quantidade de água a ser aplicada

No presente item expõe-se metodologia para definição da quantidade de água a ser aplicada na plantação a partir do uso do sensor Watermark.

A definição da quantidade de água a ser aplicada na plantação por meio de dados fornecidos pelo sensor Watermark requer a utilização da Equação de Shock (1) (EME SYSTEMS, 2002) para obtenção do Potencial Matricial do Solo (PMS), este em Centibar ou kPa, T_s como sendo a temperatura do solo em °C e R a resistência medida pelo sensor Watermark.

$$PMS = \frac{(4.093 + 3.213 \cdot R(k\Omega))}{(1 - 0.009733 \cdot R(k\Omega) - 0.01205 \cdot T_s)} \quad (1)$$

A partir do cálculo de PMS deve-se utilizar o modelo da curva de retenção de água do solo (SWC – Soil Water Characteristic) representado pela equação de *van Genuchten* (2) (TULLER, 2003) para obter-se o percentual de umidade por volume de solo (θ), sendo θ_r quantidade residual de água no solo, θ_s quantidade de saturação de água no solo, α e n são parâmetros do solo.

$$\theta = \left(\theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha \cdot PMS)^n \right]^{\left(1 - \frac{1}{n} \right)}} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

Os parâmetros presentes na fórmula são específicos para cada tipo de solo, como pode ser observado na tabela abaixo.

Textural Class	N	θ_r [cm ³ /cm ³]	θ_s [cm ³ /cm ³]	α [1/cm]	n
Sand	126	0.058	0.37	0.035	3.19
Loamy Sand	51	0.074	0.39	0.035	2.39
Sandy Loam	78	0.067	0.37	0.021	1.61
Loam	61	0.083	0.46	0.025	1.31
Silt	3	0.123	0.48	0.006	1.53
Silt Loam	101	0.061	0.43	0.012	1.39
Sandy Clay Loam	37	0.086	0.40	0.033	1.49
Clay Loam	23	0.129	0.47	0.030	1.37
Silty Clay Loam	20	0.098	0.55	0.027	1.41
Silty Clay	12	0.163	0.47	0.023	1.39
Clay	25	0.102	0.51	0.021	1.20

Figura 8 - Parâmetros do Modelo de van Genuchten

Dado o percentual de umidade por volume de solo, deve-se calcular a Lâmina Líquida de água a ser aplicada (3) (ALBUQUERQUE, 2010), a qual depende do percentual de umidade por volume de solo na capacidade de campo (θ_{cc}) e no ponto crítico de operação ($\theta_{critico}$), o qual depende de cada cultura. Z_i é a profundidade radicular (cm) da cultura de acordo com a etapa de crescimento.

$$LL_i = \frac{(\theta_{cc} - \theta_{critico})}{10} \cdot Z_i \quad (3)$$

Por fim, a lâmina bruta a ser aplicada no sistema de irrigação relaciona a lâmina líquida com a eficiência do sistema de irrigação segundo a equação abaixo (4) (ALBUQUERQUE, 2010).

$$LB_i = \frac{LL_i}{EI} \quad (4)$$

O manejo da irrigação via solo é a metodologia que guia o desenvolvimento do presente projeto, visto que a partir da umidade do solo é possível definir a quantidade de água que deve ser aplicada na plantação, sem recorrer a modelos aproximados de clima e balanço hídrico.

Outro fator relevante da metodologia é o baixo custo do sensor granular matricial em comparação com os outros sensores presentes no mercado.

2.2.3. Manejo da Irrigação via planta

A definição da quantidade de água a ser aplicada em pivôs centrais também pode ser realizada a partir da análise de aspectos das plantas, como o potencial hídrico das folhas, temperatura foliar, diâmetro do caule e fluxo de seiva.

No entanto, a medição dessas variáveis é bastante complexa e tem elevados custos para ser realizada, sendo mais utilizada na academia.

2.3. Trabalhos desenvolvidos em Pivôs Centrais

Neste item serão apresentados os principais trabalhos sobre o tema resultantes de uma RBS, de modo a embasar o desenvolvimento do presente trabalho.

2.3.1. Trabalhos encontrados na literatura

Os trabalhos abordados foram pesquisados nas bases ResearchGate, ASABE e Google Scholar.

A comunidade acadêmica tem realizado diversos estudos relacionados à melhorias que podem ser realizadas na irrigação, desde a concepção de novos sistemas de irrigação, equipamentos para os sistemas já existentes e estratégias de irrigação que oferecem os melhores resultados de produtividade e utilização de água.

De acordo com Willian e Robert (2010), pesquisadores têm abordado a questão de integrar sensores e controle da irrigação utilizando diferentes abordagens. Shock et al. (1999), utilizou comunicação via rádio para transmitir dados de um data logger local para um data logger central onde as decisões eram tomadas e manualmente alteradas, se necessário. Mirada et. al (2003) utilizou sistema de controle em malha fechada para determinar a quantidade de água a ser aplicada com base em dados da umidade do solo. Wall e King (2004) exploraram diversos designs de aspersores inteligentes e válvulas controladoras para implementar sistemas “plug and play” e propuseram arquiteturas para redes de sensores para automação de sistemas de irrigação. Eles concluíram que o controle e

instrumentação são melhor gerenciados utilizando rede de dados e controladores de baixo custo. (apud KRANZ, 2010)

Dentre os trabalhos já desenvolvidos no contexto de automação de sistemas de irrigação por pivô central, o trabalho desenvolvido por Silva e Vuran (2010), apresenta uma alternativa de instalação de sensores de umidade no solo, sendo realizada por meio da utilização de sensores que são enterrados no solo e se comunicam com equipamento coletor de dados fixado no pivô central.

A comunicação ocorre no momento em que o equipamento fixado no pivô central está sobre o sensor enterrado no solo. Dessa forma, as informações são coletadas e processadas para definir a quantidade de água que deve ser aplicada na região específica em que o pivô central se encontra.

Uma das limitações desse sistema é a necessidade de deslocamento do pivô central para coletar os dados dos sensores instalados no campo.

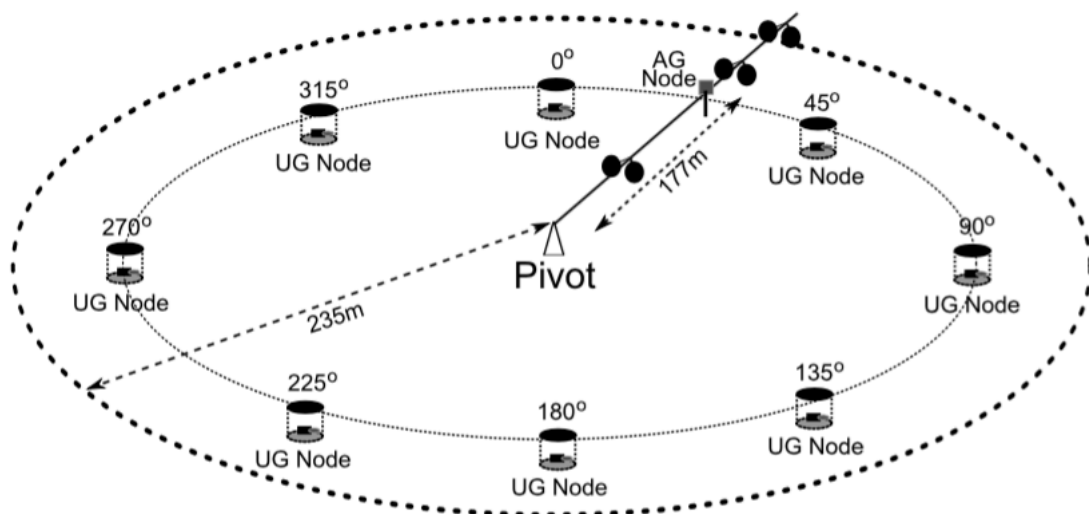


Figura 9 - Proposta de Automação de Pivôs Centrais

Fonte: Silva e Vuran, 2010.

Kehui, Degin, Xiwen (2010) desenvolveram sistema de controle inteligente de irrigação baseado em informações fornecidas por rede de sensores instalados no campo que determinam a umidade com base na Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR) e é capaz de tomar de decisão acerca de quando e quanto irrigar, resultando em economia de até 65% de água na irrigação.

O custo de sensores que utilizam o princípio de TDR, no entanto, é cerca de 3 vezes maior do que sensores baseados no princípio da medição da tensão de água no solo a partir da resistência elétrica, sendo necessário verificar a viabilidade financeira de cada opção de sensor na realização de um projeto.

Kim et al 2008, desenvolveram e testaram sistema de aspersores a taxa variável, integrados à rede de sensores de umidade e temperatura distribuídos no campo, associados à uma estação meteorológica (Figura 7). Com isso, era possível determinar quando e quanto irrigar em cada ponto do campo, reduzindo a percolação profunda da água e o escoamento superficial.

As tecnologias comerciais voltadas à irrigação à taxa variável e gerenciamento da irrigação possuem como requisitos adequação aos pivôs centrais já existentes, uniformidade na aplicação de água, robustez do sistema eletrônico, comunicação bi-direcional e modularidade para expansão do sistema (KIM et al, 2008).

O custo das válvulas que devem ser instaladas em cada aspersor, no entanto, inviabiliza a execução de projeto semelhante a esse.

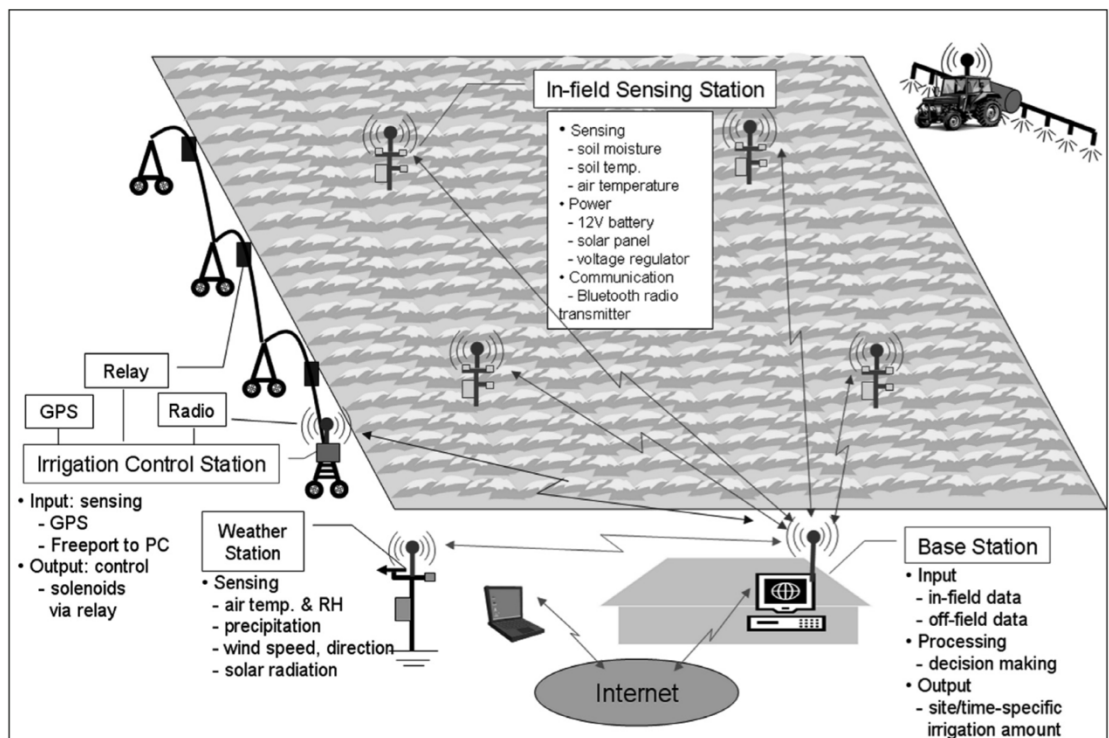


Figura 10 - Desenho conceitual de rede de sensores Wireless utilizados para irrigação

Fonte: Kim et al, 2008.

2.3.2. Tecnologias presentes no mercado

A busca de tecnologias presentes no mercado se deu por meio de contatos telefônicos, pesquisas na internet e participação do autor na maior feira da América Latina de Agronegócio realizada em maio de 2017 em Ribeirão Preto (Agrishow), na qual foram apresentados pelas empresas diversos lançamentos de tecnologias para a área agrícola, inclusive para irrigação, e houve movimentação de R\$ 2,2 bilhões em negociações.

Dentre as tecnologias presentes no mercado identificadas, a empresa norte-americana Valley Irrigation oferece solução Smart Panel (VALLEY, 2017), painel de comando que permite controle remoto do pivô central, integração com sensor de umidade, pluviômetro, anemômetro, pluviômetro e piranômetro, irrigação a taxa variável e, recentemente, adquiriu a empresa Irriger, a qual fornece ao agricultor a informação de quando e quanto irrigar, por meio da utilização de manejo via clima (IRRIGER, 2017).

As plataformas não se encontram integradas até o presente momento, mas a integração resultaria em um pivô central autônomo. Um diferencial da tecnologia é a fácil usabilidade oferecida aos clientes, proporcionando aumento de engajamento do público alvo.



Figura 11 - Painel Icon

Fonte: Valley, 2017



Figura 12 - Irriger Connect

Fonte: Google Play, 2017

A norte-americana Lindsay Corporation apresenta o painel de comando Boss (ZIMMATIC, 2017), o qual possui funcionalidades semelhantes às anteriormente citadas, no entanto, a usabilidade do painel não apresenta a mesma qualidade do painel concorrente. Em relação à definição de quanto irrigar, a empresa oferece estações meteorológicas que permitem realizar o controle da irrigação via balanço hídrico.



Figura 13 - Painel Boss

Fonte: Lindsay, 2017

Outra empresa que apresenta destaque no setor de pivôs centrais é a brasileira Fockinck cujas tecnologias mais relevantes são o Alinhamento Contínuo Supremo, que permite o deslocamento de todas as torres do pivô central de maneira intermitente, garantindo 100% de alinhamento das torres, maior velocidade de giro do pivô, redução do desgaste mecânico do sistema, redução da compactação do solo e do risco de atolar e a tecnologia EcoPump que reduz o consumo de água e energia do pivô central em áreas que apresentam desnível (FOCKINCK, 2017),.

As tecnologias presentes no mercado oferecem grandes benefícios aos agricultores, no entanto, as plataformas das empresas apresentam protocolos fechados, de modo que não é possível integrar tecnologias de empresas diferentes, gerando uma exclusividade do uso de plataformas de uma única empresa.

As alternativas existentes para realizar a comunicação são a conexão direta à parte elétrica dos painéis ou a substituição de todo sistema de controle do pivô central, o que representa uma barreira à criação de sistemas por empresas terceiras para a automatização dos pivôs.

No Brasil, além da já citada Irriger, existem outras empresas de consultoria de menor porte que realizam o manejo de irrigação.

No mercado internacional se destacam as empresas AgSense (AGSENSE, 2017), a qual oferece solução para monitoramento e controle remoto da umidade do solo em áreas irrigadas, umidade de grãos em silos e nível de tanques. Outra empresa que oferece solução de monitoramento remoto da umidade do solo e definição de quando e quanto irrigar é a AgSmarts (AGSMARTS, 2017).

2.4. Metodologias de Desenvolvimento e Validação do Produto

No presente item são especificadas metodologias de desenvolvimento e validação de produtos.

2.4.1. Metodologia Cascata

O processo de desenvolvimento por meio da Metodologia Clássica ou Cascata foi proposto por Royce em 1970 e é caracterizado por uma abordagem *top-down*, onde ocorre encadeamento de atividades a serem desenvolvidas no decorrer do projeto. (DUTRA, 2014).

No processo sequencial definido, a saída de uma etapa do processo é utilizada como a entrada da etapa seguinte, até que seja alcançado o resultado final esperado. Na figura abaixo observa-se como é realizado o sequenciamento das atividades desenvolvidas.

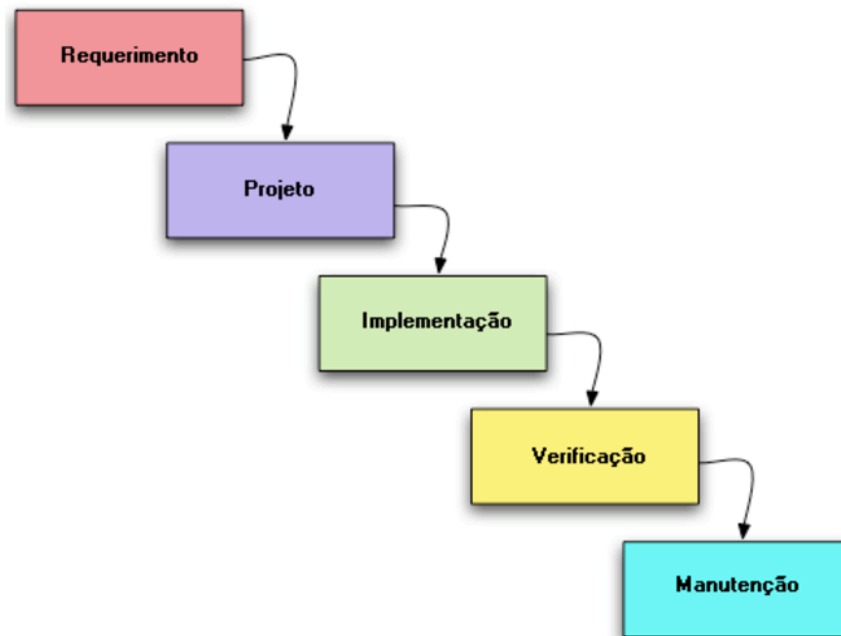


Figura 14 - Modelo Cascata de desenvolvimento

Fonte: <http://casadaconsultoria.com.br/modelo-cascata/>, 2017.

Um ponto relevante a ser observado na metodologia é o fato de o contato com o cliente ser realizado apenas após a implementação do software já ter sido realizada, o que resulta em aumento de custos e tempo para modificações caso sejam necessárias.

2.4.2. Metodologia Lean Startup

A Metodologia *Lean Startup* (Startup Enxuta), proposta por Eric Ries, representa uma abordagem para a criação de inovação contínua por meio da aplicação do pensamento enxuto ao processo de inovação.

Ries (2012) define Startup como “instituição humana projetada para criar novos produtos e serviços sob condições de extrema incerteza (...) cujo objetivo é descobrir a coisa certa a criar – a coisa que os clientes querem e pela qual pagarão – o mais rápido possível”.

Segundo Ries (2012), dentre os princípios do pensamento enxuto que influenciaram o desenvolvimento da startup enxuta, podem ser ressaltados o aproveitamento do conhecimento e criatividade de cada funcionário, a produção *just in time*, a redução do tamanho dos lotes, o controle do estoque e a aceleração do tempo de ciclo.

A aplicação desse conhecimento ao empreendedorismo deu origem aos princípios de Aprendizagem Validada, ao ciclo de feedback Construir-Medir-Aprender e a Contabilidade para inovação.

A Aprendizagem Validada revela aos empreendedores se estão no caminho correto para o desenvolvimento de um negócio sustentável, validando cientificamente por meio de experimentos e testes frequentes (dados empíricos) se está sendo gerado valor aos clientes. Sendo assim, é a unidade de medida do progresso de uma *startup*, de modo que todo esforço que não é utilizado para aprender sobre os clientes pode ser eliminado.

Para aplicar o método científico é necessário realizar experimentação com os clientes para a validação das hipóteses que sustentam o negócio. Os experimentos permitem verificar o comportamento real dos clientes, aprender sobre as suas necessidades e comportamentos inesperados.

De acordo com Ries (2012), a identificação e formalização do perfil dos clientes pode ser realizado por meio da definição das *Personas* a quem o produto se dirige, as quais permitem caracterizar o público-alvo. Enquanto isso, as hipóteses de produto e negócio a serem validadas podem utilizar o Modelo Canvas de Proposta de Valor e o Modelo Canvas de Negócio respectivamente.

Diferentemente de uma pesquisa de mercado, a qual é baseada no que os clientes dizem que querem, por meio de experimentos identifica-se o que os clientes querem e pelo que pagariam.

Um experimento que segue o método científico inicia com a proposição de hipóteses e verifica-se empiricamente a validade do que foi proposto.

As duas principais hipóteses a serem validadas são a hipótese de valor e a hipótese de crescimento. Segundo Ries, (2012),

“Hipóteses de valor é formulada para testar se o produto ou serviço de fato fornece valor aos clientes no momento em que estão utilizando. (...) Hipótese de

crescimento é formulada para testar como os novos clientes descobrirão um produto ou serviço”.

Assim que validadas as hipóteses de valor e crescimento, deve-se desenvolver o Produto Mínimo Viável (MVP), o qual permite realizar o ciclo de *Feedback* Construir-Medir-Aprender, cerne do modelo da Startup Enxuta.

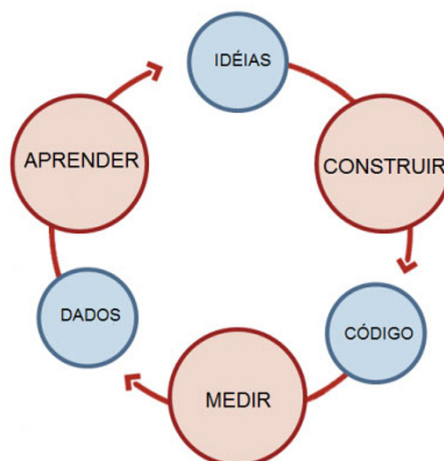


Figura 15 - Ciclo de Feedback Construir-Medir-Aprender

Fonte: <https://ei20152.wordpress.com/>, 2017.

Desenvolvido o MVP, deve-se medir o impacto gerado para constatar se os esforços futuros de desenvolvimento de um produto resultarão em um progresso real na construção de um negócio sustentável, para isso utiliza-se a contabilidade para inovação.

A contabilidade para inovação consiste em transformar as hipóteses de valor e crescimento em um modelo financeiro quantitativo. Ou seja, esse modelo tem como base as forças motoras de crescimento da empresa.

A execução da contabilidade para inovação consiste em três etapas:

- 1) *Baseline*: através do MVP estabelecer dados reais de onde a empresa está no momento.
- 2) Regular o motor a partir da *baseline*: otimizar o produto com o intuito de mover a *baseline* rumo a uma situação ideal ao negócio sustentável.
- 3) Pivotar ou perseverar: caso a empresa esteja se aproximando do modelo ideal, deve continuar a executar os planos, caso contrário, deve pivotar, pois a estratégia está incorreta.

Abaixo verifica-se a principal diferença entre a Metodologia Cascata e a Metodologia Lean Startup, na qual a primeira apresenta um único ciclo e a segunda apresenta diversos ciclos de feedback para validação de cada hipótese.

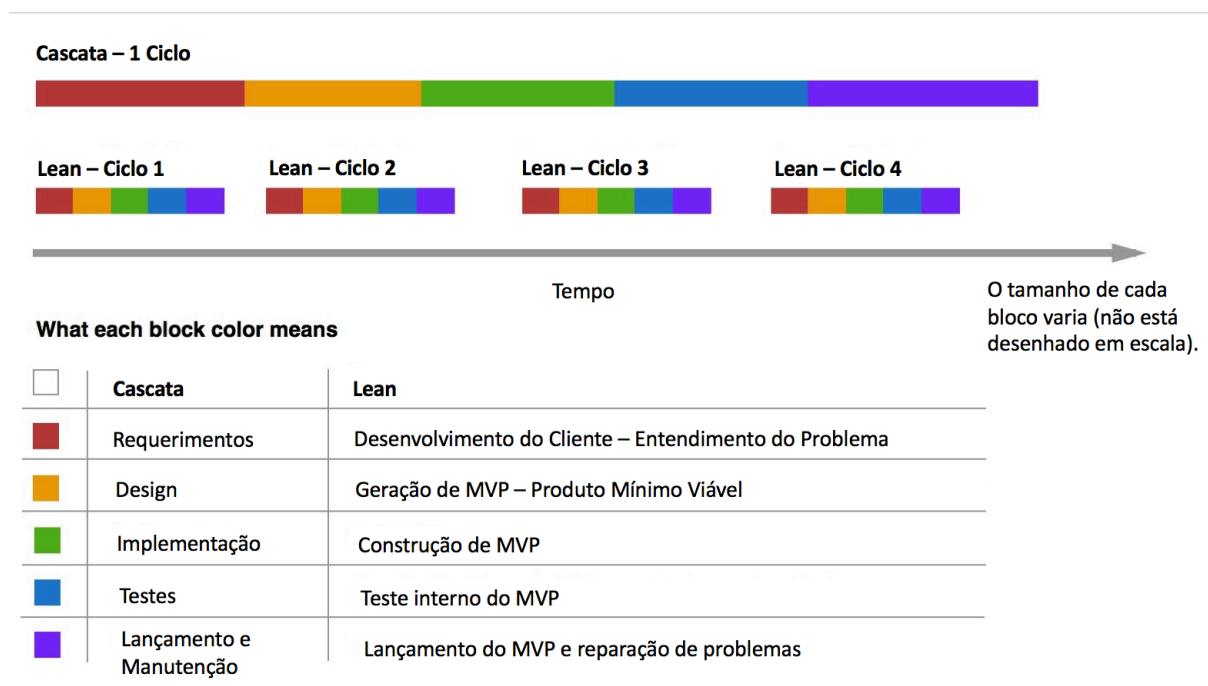


Figura 16 - Metodologia Lean vs. Cascata

Fonte: Adaptado <http://irfanbrahim.com/2014/11/02/waterfall-vs-agile-vs-lean-explained-in-1-picture/>, 2017.

Como o presente trabalho objetiva construir um negócio sustentável será adotada a metodologia Lean Startup como principal direcionador do desenvolvimento do projeto.

2.5. Metodologia de Criação de *Personas*

As *personas* representam os clientes ideais do negócio, sendo definidas com base em dados reais dos clientes ou potenciais clientes (SIQUEIRA, 2017).

De acordo com Siqueira (2017), a metodologia de criação de uma *persona* requer que sejam enumerados os seguintes itens para identificação das características dos clientes:

1. Sexo
2. Idade
3. Cargo/Ocupação
4. Ramo de atividade
5. Nível de escolaridade
6. Meios de comunicação utilizados
7. Desafios da persona

As *personas* definidas permitem direcionar as características do produto, sendo por isso utilizadas pela metodologia *Lean Startup*.

2.6. Metodologia de Criação de Produto

No presente item é apresentado o Modelo Canvas de Proposta de Valor, o qual é recomendado por Ries (2012) para criação do produto.

O Modelo Canvas de Proposta de Valor, desenvolvido por Alexander Osterwalder, é uma ferramenta de desenvolvimento de clientes que explora em detalhes os componentes Segmento de Clientes e Proposta de Valor do Canvas de Modelo de Negócios (MACHADO, 2015).

O principal objetivo da ferramenta é verificar se a solução proposta por uma empresa realmente satisfaz a necessidade dos clientes, permitindo analisar seus comportamentos, desejos e dores, de forma a facilitar a identificação dos valores que o cliente espera do produto ou serviço (MACHADO, 2015).

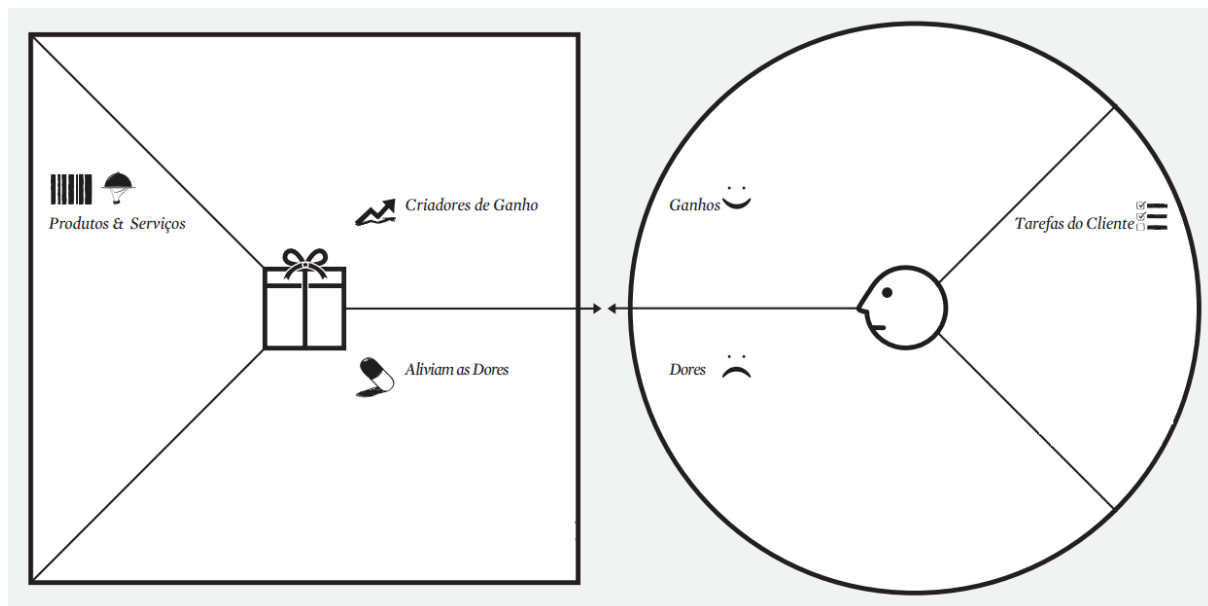


Figura 17 – Modelo Canvas de Proposta de Valor

Fonte: <http://startupsebraeminas.com.br/as-novidades-do-canvas-parte-i/>

O Modelo Canvas de Proposta de Valor apresenta 6 campos:

1. Tarefas do Cliente: atividades que os clientes estão tentando fazer.
2. Dores: resultados negativos obtidos, riscos, emoções negativas e obstáculos.
3. Ganhos: resultados positivos buscados pelos clientes.
4. Produtos e Serviços: produtos que solucionam a necessidade do cliente e serão entregues.
5. Aliviam as Dores: descreve como a solução proposta alivia as dores dos clientes.
6. Criadores de Ganho: descreve como a solução gera ganhos para os clientes.

Conforme define Osterwalder (2011), a Proposta de Valor pode estar relacionada ao fato de o produto ou serviço oferecido ser novidade no mercado, apresentar desempenho superior aos produtos oferecidos, possibilidade de personalização, preço de venda mais atrativo, status provocado pelo uso da marca ou mesmo usabilidade da solução.

2.7. Metodologia de Elaboração de Modelo de Negócio

O Modelo de Negócio permite definir e viabilizar a implementação da estratégia da empresa através das estruturas organizacionais dos processos e sistemas.

Abaixo, descrição do Modelo Canvas de Negócio, sugerido por Ries (2012) para criação do Modelo de Negócio.

2.7.1. Modelo Canvas de Negócio

De acordo com Osterwalder (2011), um Modelo de Negócio descreve a lógica de criação, captura e entrega de valor por parte de uma organização. O Modelo de Negócio pode ser descrito/estruturado com nove componentes básicos (Segmentos de Clientes, Proposta de Valor, Canais, Relacionamento com Clientes, Fontes de Receita, Recursos Principais, Atividades-Chave, Parcerias Principais e Estrutura de Custo), cobrindo as quatro áreas principais de um negócio: clientes, oferta, infraestrutura e viabilidade financeira.

Os componentes do Modelo Canvas de Negócio são (Osterwalder, 2011):

1. Segmentos de Clientes: diferentes grupos ou organizações que uma empresa busca alcançar e servir.
2. Proposta de Valor: pacote de produtos e serviços que criam valor para um Segmentos de Clientes específico.
3. Canais: modo como uma companhia se comunica e alcança seus Segmentos de Clientes para entregar a Proposta de Valor.
4. Relacionamento com Clientes: tipos de relação que uma empresa estabelece com Segmentos de Clientes específicos.
5. Fontes de Receita: representa o dinheiro que uma empresa gera a partir de cada Segmento de Clientes.
6. Recursos Principais: recursos mais importantes exigidos para um negócio funcionar.
7. Atividades Chave: ações mais importantes que uma empresa deve realizar para fazer seu modelo de negócio funcionar.
8. Parcerias Principais: fornecedores e parceiros que põem o negócio para funcionar.

9. Estrutura de Custo: custos relativos à operação do Modelo de Negócio.

Abaixo verifica-se a relação entre os componentes do Modelo Canvas de Negócio.

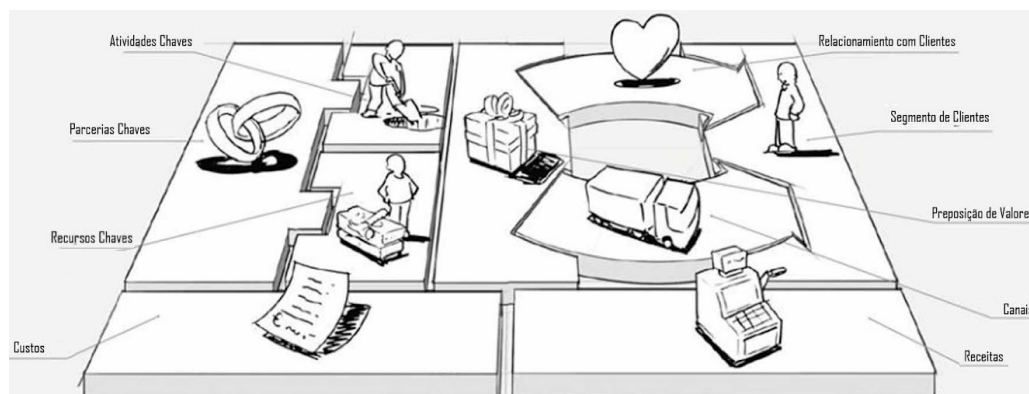


Figura 18 – Modelo Canvas de de Negócio

Fonte: <http://www.manualdastartup.com.br/blog/desenhando-o-modelo-de-negocio-da-startup/>, 2017.

2.7.2. Modelo Lean Canvas

Maurya (2012), realizou modificações no Canvas de Modelo de Negócio para ressaltar aos empreendedores as características que atribuem os maiores riscos aos modelos de negócio, criando assim o Modelo Lean Canvas.

Para isso, retirou os componentes Atividades Chave, Recursos Principais, Relacionamento com Clientes e Parcerias principais, adicionando os campos Problema, Solução, Métricas Chave e Vantagens Competitivas.

Segundo Maurya (2012), as startups falham por gastarem tempo, dinheiro e esforços construindo o produto errado devido à falta de entendimento do correto Problema existente.

A partir do momento que se entende o Problema, o empreendedor está mais apto a propor uma solução adequada e deve acompanhar as Métricas Chave de criação de valor para os clientes.

Em relação às Vantagens Competitivas, recursos que não podem ser copiados ou comprados, as startups dificilmente apresentam em seu estágio inicial,

no entanto, devem desenvolver conforme validam o modelo de negócio, para não serem rapidamente copiados pelo mercado.

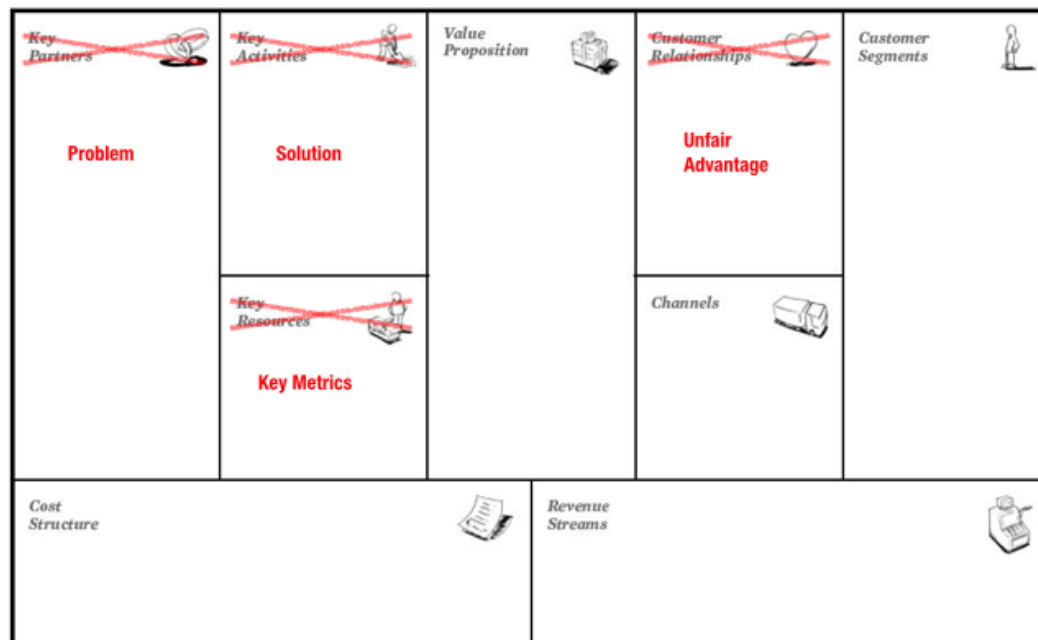


Figura 19 - Business Model Canvas vs. Lean Canvas

Fonte: <https://blog.leanstack.com/why-lean-canvas-vs-business-model-canvas-af62c0f250f0>, 2017.

Visto as vantagens do Lean Canvas em relação ao Modelo Canvas de Negócio optou-se por utilizar o Modelo Lean Canvas no desenvolvimento do presente trabalho.

2.8. Considerações Finais do Capítulo

Abaixo constam as considerações finais que sintetizam os direcionadores resultantes do desenvolvimento do presente capítulo.

Conforme análise das informações proporcionadas pelos autores anteriormente citados, a solução proposta deve considerar requisitos técnicos, financeiros, de usabilidade e desempenho.

Dado o desenvolvimento tecnológico já realizado nas áreas de software e hardware e as aplicações dessas tecnologias na agricultura, verifica-se que há espaço para o desenvolvimento de solução que agregue tecnologias já propostas

em trabalhos anteriores com o objetivo de tornar os pivôs centrais unidades autônomas.

No entanto, a tecnologia existente estar avançada à nível suficiente para ser possível a execução do projeto não garante a necessidade de desenvolvimento do sistema, ou seja, não está comprovado que o mercado precisa da solução Pivôs Centrais Autônomos.

Dessa forma, deve-se, inicialmente, verificar a necessidade e viabilidade do desenvolvimento da solução por meio de experimentos no mercado e, posteriormente, validar um modelo de negócio que atenda às necessidades dos clientes.

Por esse motivo, o cerne do desenvolvimento do trabalho será a experimentação por meio do método científico *Lean Startup* no processo de desenvolvimento do sistema Pivôs Centrais Autônomos.

Observa-se também, a partir dos resultados de trabalhos anteriores, necessidades de hardware, como a utilização de sensores de umidade e controladores de baixo custo e transmissão de dados por redes sem fio.

Uma especificação bastante relevante é o alcance dos sistemas de comunicação utilizado, para que sejam alcançadas distâncias da ordem de 15 a 20km, visto ambiente em que se pretende instalar a solução, em concorrência aos sistemas até então verificados, cujo alcance esteve limitado a distâncias máximas de 2km.

A solução também deve apresentar modularidade, visto que alguns dos pivôs centrais já instalados no campo possuem algumas funcionalidades que compõem o sistema autônomo, não sendo necessária nova instalação. Assim como, o produto ser *Plug&Play* facilita a instalação e demonstração das funcionalidades.

Não somente é fundamental utilizar as tecnologias já desenvolvidas e que apresentaram bons resultados, como também é necessário garantir que o sistema seja robusto, suportando as condições do campo, com destaque às intempéries do clima, garantindo a realização da comunicação e a confiabilidade dos dados medidos, bem como, o custo da solução deve ser acessível ao público alvo.

O emprego de conhecimentos agrícolas acerca de quanto irrigar a partir da medição da umidade do solo é fundamental para definir a lâmina de água a ser

aplicada na plantação, de modo que deve-se realizar integração com os pivôs centrais para a execução da irrigação.

Dessa forma, a metodologia de manejo de irrigação escolhida para desenvolver a solução é o manejo via solo, utilizando-se sensores Watermark, caracterizados por sua robustez e menor custo em relação às soluções identificadas. Bem como, o manejo via solo permite a obtenção de resultados mais exatos em comparação com o manejo via clima.

Devido ao público alvo de agricultores não estar em constante reciclagem acerca das tecnologias mais novas do mercado, faz-se necessário aperfeiçoar a interação com o usuário por meio do desenvolvimento de plataforma de gerenciamento de informações *user-friendly*.

Por fim, o resultado da implementação da solução deve contemplar redução do consumo de água, o que reduz o custo com energia e garante sustentabilidade ambiental, e também aumento de produtividade do campo.

3. DESENVOLVIMENTO

No presente capítulo expõe-se os experimentos desenvolvidos e os resultados obtidos ao longo do projeto. Apresenta-se uma proposta de solução de um problema real da agricultura brasileira e mundial por meio da utilização de metodologias científicas e soluções de engenharia, com o intuito de criar um negócio sustentável.

Inicialmente é identificada a *persona*, estrutura-se o problema por meio da ferramenta Canvas de Proposta de Valor e com o auxílio da ferramenta *Lean Canvas* é definido o modelo de negócio.

A metodologia *Lean Startup*, desenvolvida por Eric Ries (2012), permite atribuir velocidade ao processo de validação da solução proposta, testando as suposições fundamentais do negócio e direcionando o desenvolvimento da inovação de acordo com o a aprendizagem validada.

A utilização do Ciclo de Feedback Construir-Medir-Aprender juntamente com a Contabilidade para Inovação são as metodologias que garantem o rigor ao processo e uma profunda análise dos resultados obtidos.

No presente capítulo serão realizados 3 ciclos de feedback para validação das hipóteses propostas.

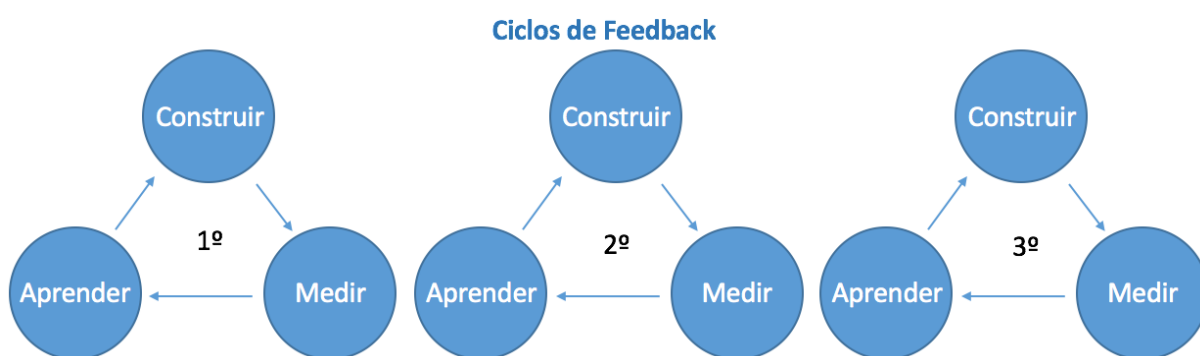


Figura 20 - Ciclos de Feedback desenvolvidos

3.1 Entendimento do Mercado

Neste item especificam-se características dos clientes, necessidades do mercado e é desenvolvida uma proposta de modelo de negócio.

3.1.1 Identificação dos clientes

Neste item é apresentado o perfil dos agricultores que se enquadram como clientes da Hidrointel.

- Local de Trabalho: Jornada de trabalho compartilhada na cidade e no campo.
- Idade: 45 anos.
- Gênero: Masculino.
- Educação: Ensino médio.
- Mídias: E-mail, sites de notícias genéricos, televisão.
- Objetivos: Aumento de produtividade, redução de custos, realização de investimentos com claro custo-benefício.
- Desafios: Encontrar tecnologias que agregam valor ao processo produtivo.
- Como minha empresa pode ajudá-la: Fornecimento de tecnologia confiável e robusta que permita a realização do monitoramento e manejo remoto da irrigação em tempo real.

3.1.2. Identificação das necessidades dos Clientes

Abaixo é desenvolvido o Canvas de Proposta de Valor relacionado à irrigação na agricultura.

A ferramenta Canvas de Proposta de Valor, apresentada no capítulo 2, permite compreender as necessidades do mercado e os principais problemas dos clientes, estando os 6 itens desenvolvidos abaixo:

1) Tarefas do Cliente

- a. Definir plano de irrigação – quando e quanto irrigar;
- b. Configurar o sistema de irrigação;
- c. Verificar o correto funcionamento do sistema de irrigação;
- d. Avaliar a qualidade da irrigação realizada ao longo da safra.
- e. Aprimorar a irrigação da plantação.

2) Dores do Cliente

- a. Dificuldade de definir quando e quanto irrigar;

- i. Números ótimos de quando e quanto irrigar.
- b. Necessidade de deslocamento até o centro de cada pivô central para realizar a configuração do equipamento;
- c. Necessidade de deslocamento até o campo para verificar o correto funcionamento dos sistemas de irrigação;
- d. Dificuldade de quantificar e realizar o registro acerca da qualidade das irrigações;
- e. Dificuldade de tomar decisão sobre mudanças que devem ser realizadas nas estratégias de irrigação.

3) Ganhos

- a. Maximização da produtividade;
- b. Redução dos custos com irrigação.

4) Produtos e Serviços que serão entregues aos clientes

- a. Ferramenta para definição de planos otimizados de irrigação;
- b. Aplicativo que permite monitorar e gerenciar remotamente os pivôs centrais;
- c. Ferramenta de avaliação da qualidade das irrigações;
- d. Sistema de automação dos pivôs centrais.

5) Aliviam as dores

- a. Informação de quando e quanto irrigar é definida pela ferramenta desenvolvida.
- b. Configuração e verificação do funcionamento dos pivôs centrais são realizadas de maneira automática pelo sistema.
- c. Algoritmo de otimização aprimora planos de irrigação.

6) Criadores de Ganhos

- a. Planos otimizados de irrigação proporcionam aumento de produtividade;
- b. Otimização do uso da água reduz custos com energia;

- c. Sistema automático reduz quantidade de hora-homem e deslocamento até o campo para verificação do funcionamento dos pivôs centrais, resultando em redução de custos.

Conforme identificadas as principais necessidades dos clientes, as implicações negativas à elas associadas e os ganhos buscados pelos clientes, o passo seguinte é estruturar um modelo de negócio que permite entregar ao cliente a proposta de valor acima desenvolvida, de maneira sustentável.

3.1.3. Desenvolvimento do Modelo de Negócio

O presente item especifica um modelo de negócio estruturado conforme abordam *Lean Canvas*.

1) Segmentos de Clientes

- a. Produtores Rurais que possuem sistema de irrigação por pivô central.
 - i. Médios produtores – acompanham o gerenciamento dos sistemas de irrigação.
 - ii. Grandes produtores – possuem equipe responsável por gerenciar os sistemas de irrigação.

- b. Sementeiras que possuem sistema de irrigação por pivô central.
 - i. Controle de Qualidade - necessitam das condições ideais de produção para maximizar a produtividade do campo.

Regiões alvo: Mato Grosso, Bahia, Goiás, São Paulo, Minas Gerais.

2) Problema

- a. Manejo da Irrigação.
 - i. Definir quando e quanto irrigar.
 - ii. Aprimoramento da irrigação.

- b. Gerenciamento dos sistemas de irrigação.
 - i. Configuração do sistema de irrigação.

- ii. Garantia de funcionamento do sistema de irrigação.

3) Proposta de Valor

- a. Planos otimizados de irrigação.
 - i. Maximização de produtividade.
 - ii. Redução dos custos com energia.

- b. Gerenciamento automático dos sistemas de irrigação.
 - i. Redução do tempo e equipe empregados no gerenciamento da irrigação.
 - ii. Garantia da irrigação.

4) Solução

- a. Pivôs centrais autônomos
 - i. Monitoramento remoto dos pivôs centrais.
 - ii. Monitoramento remoto das condições ambientais.
 - iii. Algoritmo de geração de planos otimizados de irrigação.
 - iv. Controle remoto dos pivôs centrais.

5) Canais

- a. Rede de agrônomos credenciados.
- b. Empresas especializadas em manutenção de sistemas de irrigação.
- c. Empresas distribuidoras de produtos agrícolas.

6) Fontes de Receita

- a. Venda de produtos.
- b. Mensalidade.

7) Estrutura de custo

- a. Desenvolvimento, Produção, Manutenção e instalação do Hardware
 - i. Equipe

- ii. Equipamentos
 - iii. Componentes eletrônicos e demais materiais
 - iv. Transporte
 - b. Desenvolvimento do Software e Manutenção
 - i. Equipe
 - ii. Servidores
 - iii. *Templates*
 - c. Vendas e distribuição
 - i. Equipe
 - ii. Transporte
- 8) Métricas Chave
- a. Número de vendas realizadas
- 9) Vantagens Competitivas
- a. Ainda não foram desenvolvidas vantagens competitivas.

3.2. 1º Ciclo de Feedback Construir-Medir-Aprender

O presente item apresenta o primeiro Ciclo de Feedback Construir-Medir-Aprender, o qual foi realizado com o intuito de validar as principais funcionalidades do produto.

3.2.1. Definição das Hipóteses

A partir dos resultados obtidos por meio da elaboração do Modelo Canvas de Proposta de Valor, definiu-se as principais funcionalidades do produto, as quais são hipóteses a serem validadas com os clientes.

Abaixo seguem hipóteses que serão validadas no primeiro ciclo de feedback.

Hipótese 1.1: Os agricultores verificam que é despendido grande esforço para gerenciar o sistema de irrigação.

Hipótese 2.1: Agricultores consideram elevado o custo com energia ao final do mês e gostariam de reduzir esse custo.

Hipótese 3.1: Os agricultores preocupam-se com a possibilidade do pivô central desligar durante a irrigação e ser perdido turno de irrigação de menor custo (Entre às 21h e 6h).

Hipótese 4.1: Os agricultores gostariam de monitorar o status do sistema de irrigação remotamente.

Hipótese 5.1: Os agricultores gostariam de saber a umidade do solo para definir quando e quanto irrigar.

Hipótese 6.1: Os agricultores conhecem as soluções para melhoria dos pivôs centrais presentes no mercado.

Hipótese 7.1: Os agricultores estão buscando soluções para otimizar a irrigação.

3.2.2. Produto Mínimo Viável (MVP)

O presente item visa apresentar o experimento realizado no 1º ciclo de feedback.

A validação das hipóteses iniciais associadas às funcionalidades da solução se deu por meio da interação direta, em reuniões, com agricultores proprietários de sistemas de irrigação por pivô central e engenheiros agrônomos da região de Primavera do Leste, (Mato Grosso), cidade está que possui cerca de 200 pivôs centrais instalados (Sindicato Rural de Primavera do Leste, 2016).

Questionamentos para direcionamento do processo de Validação	
1	O senhor(a) considera trabalhoso ou complicado o gerenciamento do sistema de irrigação? Como é feito o gerenciamento da irrigação em sua propriedade?
2	Qual o custo com energia elétrica para operação mensal do pivô? O senhor(a) considera elevado o custo mensal com energia elétrica?
3	O senhor(a) já apresentou problemas com desligamento inesperado do pivô central?
4	O senhor(a) gostaria de monitorar remotamente o seu sistema de irrigação?
5	O senhor(a) gostaria de ter a informação da umidade do solo para definir quanto

Hipótese 3.1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	75%
Hipótese 4.1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	65%
Hipótese 5.1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	45%
Hipótese 6.1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15%
Hipótese 7.1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10%

3.2.3. Contabilidade para Inovação

No presente item são analisados os resultados dos experimentos realizados com os agricultores.

3.2.3.1. Avaliação dos dados coletados com agricultores

A partir do contato com os agricultores e interpretação dos dados coletados, verificaram-se os seguintes resultados:

1. Os sistemas de irrigação demandam grande quantidade de trabalho e tempo empregados para manejo, conforme validado por 80% dos agricultores contatados. As atividades mais citadas foram:
 - a. Configuração do sistema de irrigação;
 - b. Verificação do correto funcionamento do equipamento;
 - c. Verificação de entupimento dos aspersores;
 - d. Verificação da parcial obstrução das captações de água por galhos e folhas.

2. Todos agricultores contatados consideram elevado o custo mensal com energia elétrica no período de irrigação, o qual varia de R\$ 15 mil a R\$ 22 mil por pivô central, de acordo com o tamanho da área irrigada.
 - a. Verifica-se dessa forma a oportunidade de desenvolvimento de solução para redução dos custos com energia elétrica.

3. Cerca de 75% dos agricultores contatados já tiveram problema com desligamento inesperado do pivô central durante a operação, sendo o motivo mais frequente a oscilação no fornecimento de energia elétrica.

4. Cerca de 65% dos agricultores gostariam de monitorar remotamente o pivô central para então verificar seu correto funcionamento, de modo a poderem reativar o sistema caso ocorra desligamento inesperado do sistema de irrigação.
5. Verificou-se que a informação relevante para os agricultores não é a umidade do solo, pois esse dado sozinho não permite ao agricultor definir quanto irrigar. A informação relevante é a Lâmina Bruta, a qual é obtida através da metodologia explicitada no item 2.2.2.1.
6. Poucos agricultores têm conhecimento das novidades tecnológicas para sistemas de irrigação e o quanto um investimento em tecnologia poderia reduzir seus custos ou aumentar a produtividade.
7. Poucos agricultores estão buscando soluções para melhorar o desempenho do sistema de irrigação, não sendo prioridade para os agricultores.
A realização de cinco safras no período de 2 anos é o principal ganho para o agricultor, de modo que poucos se importam com realização de melhorias no sistema de irrigação.

3.2.3.2. Informações adicionais decorrentes dos experimentos

Nesse item serão apresentadas informações coletadas ao longo da realização dos experimentos e que não haviam sido enumeradas como hipóteses, sendo resultados adicionais da percepção dos agricultores.

1. O Monitoramento remoto de pivôs centrais não é muito difundido devido a dois fatores principais:
 - a. Poucas fazendas possuem cobertura de rede de telefonia móvel para a troca de informações de um sistema remoto com equipamentos presentes no campo.
 - b. Custo para instalação de rede local confiável que envie informações para ponto de acesso à Internet disponível na fazenda é elevado, de modo que agricultores não verificam

vantagem na instalação dos equipamentos, visto que retorno gerado pela solução é indireto e difícil de ser medido.

2. Observou-se que um dos empecilhos para a adoção de monitoramento remoto é o fato de agricultores não terem tido contato com a tecnologia instalada em campo e funcionando, de modo que os agricultores não confiam no correto funcionamento da nova tecnologia.
3. Agricultores que possuem até 3 pivôs centrais estão menos dispostos a instalar sistema de gerenciamento remoto de pivôs centrais, visto que o trabalho pode ser realizado por operador e solução requer investimento. No entanto, agricultores que possuem mais de 3 pivôs centrais consideram o sistema de gerenciamento remoto uma boa solução para gerenciamento dos sistemas de irrigação.
4. Agricultores gostariam de não apenas monitorar remotamente os pivôs centrais, mas também realizar o controle remoto dos sistemas de irrigação.
5. A rede elétrica rural da região de Primavera do Leste apresenta oscilações de tensão de energia que acarretam no desligamento dos pivôs centrais por seus sistemas de segurança, de modo que o *re-start* automático dos sistemas é algo visto como necessário pelos agricultores.
6. Agricultores não se baseiam em dados medidos no campo para definir quanto irrigar e possuem dificuldade em avaliar com objetividade a qualidade da irrigação que está sendo realizada.
7. Agricultores têm utilizado banco de capacitores para corrigir fator de potência positivo, com o objetivo de reduzir o custo com energia elétrica.
8. Agricultores que possuem até 3 pivôs centrais possuem menor grau de gerenciamento dos sistemas, de modo que poucos realizam registro das irrigações (histórico de irrigação).
9. Painéis de comando de pivôs centrais possuem protocolo fechado.
10. Agricultores verificam a pluviosidade por meio de pluviômetros manuais.

11. Muitas tecnologias presentes na agricultura são acessíveis apenas aos grandes produtores devido aos custos de aquisição.
12. Nova geração de agricultores, filhos de agricultores que estão assumindo os sistemas de produção, são mais propensos e interessados em implementar tecnologias no campo.
13. Verificou-se que existem no mercado mais de um perfil de cliente, diferentemente do identificado no início do processo, no próximo item são abordados os perfis de clientes descobertos.

3.2.3.3. Perfis de Clientes

No presente item são apresentados os perfis de clientes identificados ao longo do contato com os agricultores e engenheiros agrônomos, os quais não haviam sido identificados previamente.

1. Médio Agricultor

O médio agricultor possui até 3 pivôs centrais e busca acompanhar todas as operações que ocorrem na fazenda, portanto, gostaria de monitorar o sistema de irrigação via celular.

- Local de Trabalho: Jornada de trabalho compartilhada na cidade e no campo.
- Idade: 55 anos.
- Gênero: Masculino.
- Educação: Ensino médio.
- Mídias: Canal Rural/Televisão, contato com outros agricultores em cooperativas, sites diversos, e-mail.
- Objetivos: Aumento de produtividade, redução de custos, realização de investimentos com claro custo-benefício.
- Desafios: Encontrar tecnologias que agregam valor ao processo produtivo.
- Como minha empresa pode ajudá-la: Fornecimento de tecnologia confiável e robusta que permita a realização do monitoramento e manejo remoto da irrigação em tempo real.

2. Grande Agricultor

O grande agricultor possui a partir de 3 pivôs centrais e não está ligado à todas as decisões que ocorrem na fazenda, por isso possui um gerente que toma decisões por ele, como a seleção de novas tecnologias a investir. Abaixo consta o perfil do gerente de tecnologia.

- Local de Trabalho: Escritório. Frequenta propriedade rural.
- Idade: 45 anos.
- Gênero: Masculino.
- Educação: Ensino superior.
- Mídias: Internet/Notícias (Globo Rural, Canal Rural, sites de mercado agrícola), e-mail, exposições/feiras, telefone, televisão.
- Objetivos: Garantir que a propriedade rural tenha as tecnologias necessárias para o funcionamento. Ex.: equipamentos agrícolas, softwares, hardwares, metodologias.
- Desafios: Conhecimento de novas tecnologias. Manutenção / Funcionamento de equipamentos. Negociação com fornecedores. Planejamento e justificativa da compra de tecnologias. Comprovação de resultados financeiros a partir das compras realizadas.
- Como minha empresa pode ajudá-la: Reduzir custos com irrigação. Fornecimento de novas tecnologias para a empresa. Monitoramento do funcionamento dos sistemas de irrigação. Redução de falhas humanas na irrigação.

3. Gerente de Controle de Qualidade de Sementeira

O Gerente de Controle de Qualidade de Sementeira, empresa responsável pela produção de sementes, tem como principal função garantir a qualidade das sementes produzidas, logo, o controle das irrigações deve ser cuidadosamente acompanhado.

- Local de Trabalho: Empresas Monsanto, Syngenta, Bayer, Sementes Adriana, Agroeste.
- Idade: 35 anos.

- Gênero: Masculino.
- Educação: Ensino superior.
- Mídias: Televisão, Internet, revistas sobre agricultura, *Whatsapp*, feiras.
- Objetivos: Manter homogeneidade da qualidade das sementes produzidas, garantindo vigor e produtividade.
- Desafios: Lidar com as adversidades do clima, garantir que o agricultor seguiu as recomendações da empresa produtora da semente (aplicação de insumos e irrigação), contato com os operadores da fazenda.
- Como minha empresa pode ajudá-la: Sistema de Monitoramento Remoto de Pivôs Centrais permite ao gerente verificar se a irrigação foi realizada conforme planejado e se o cronograma está correto, de modo a garantir as condições ideais para as plantas que estão sendo cultivadas e a produção de sementes de qualidade.

3.2.3.4. Perseverar ou Pivotar?

Aborda-se nesse item a tomada de decisão de continuar a validação do problema e proposição de solução ou realização de mudanças acerca da problemática.

A partir da análise dos resultados dos experimentos realizados no primeiro ciclo de feedback verifica-se que os agricultores possuem os problemas inicialmente identificados no manejo da irrigação e gostariam de ter uma solução que atenda às necessidades identificadas.

Verificou-se que existem não somente os problemas inicialmente identificados, mas também outras necessidades apresentadas pelos agricultores, como é o caso do gerenciamento remoto do sistema de irrigação.

Em relação ao mercado alvo, verifica-se que a abordagem aos clientes deve ser diferenciada de acordo com a categoria de perfil contatada, conforme acima explicitadas.

Dessa forma, conclui-se que é importante para os próximos ciclos de feedback a realização de um projeto conceitual da solução, de modo a validá-la com os clientes.

3.3. Solução Hidrointel – Projeto Conceitual

Nesse item é apresentado o projeto conceitual da solução proposta para automação do manejo da irrigação.

A partir da análise do Modelo Canvas de Proposta de Valor, *Lean Canvas* e da validação do problema com os agricultores é possível elaborar um projeto conceitual da solução, ou seja, definir do ponto de vista de produto como será proporcionado aos clientes a proposta de valor ofertada.

Na figura abaixo observa-se o conceito da geração de valor ao agricultor, desde a instalação de sensores no campo para coleta de dados até os resultados financeiros esperados.

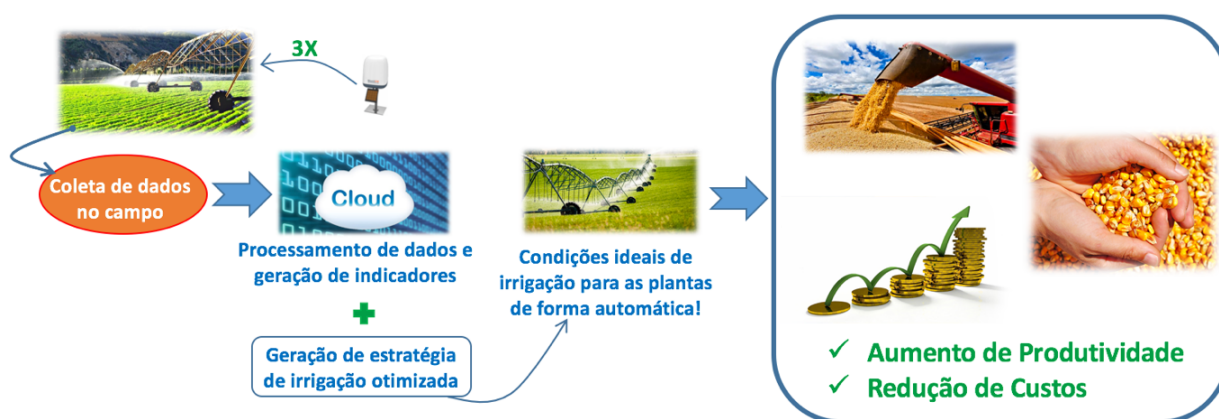


Figura 21 – Proposta de Geração de Valor ao Agricultor

De acordo com as citações da literatura e informações fornecidas pelos agricultores ao longo do primeiro ciclo de feedback verifica-se a importância da concepção de uma solução modular, robusta, de fácil utilização e instalação (Plug&Play).

Dessa forma, propõe-se a solução Pivôs Centrais Autônomos, a qual tem a funcionalidade de tornar os Pivôs Centrais unidades Autônomas. Ou seja, os sistemas serão capazes de sensoriar e atuar autonomamente no ambiente com o objetivo de executar as tarefas para os quais foram projetados.

A solução será organizada em 4 módulos, de modo que os clientes podem adquirir o sistema completo ou o módulo que lhes for de interesse. Abaixo os módulos definidos:

- 1) Módulo de Monitoramento Remoto do Pivô Central;
- 2) Módulo de Medição das Condições Ambientais;
- 3) Módulo de Planos Otimizados de Irrigação / Manejo da Irrigação;
- 4) Módulo de Controle Remoto do Pivô Central.

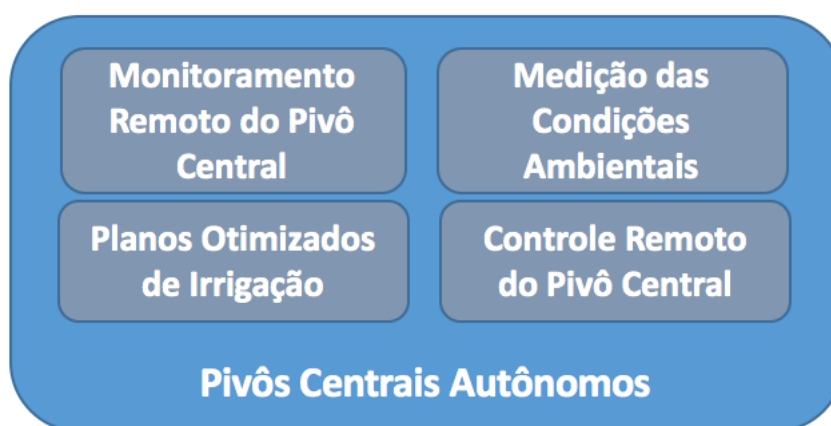


Figura 22 – Proposta de Solução Pivôs Centrais Autônomos

Abaixo é apresentado o detalhamento de cada módulo, contendo a proposta de valor, funcionalidades, benefícios e diferencial de cada um.

1) Módulo de Monitoramento Remoto do Pivô Central

O módulo de Monitoramento Remoto do Pivô Central apresenta como proposta de valor garantir aos agricultores que o sistema de irrigação está funcionando corretamente, sem margem para dúvidas acerca da ocorrência da irrigação.

1.1) Funcionalidades do módulo

- a. Status do Pivô: Ligado ou Desligado;
- b. Direção: Frente ou Reversão;
- c. Pressurização: Irrigando ou Seco;

- d. Posição do Braço (Informação georreferenciada);
- e. Alerta sobre desligamento do pivô;
- f. Motivo de paralisação do pivô;
- g. Lâmina de água (vazão);
- h. Consumo de água (m³/h) e energia (kWh e R\$);
- i. Local de início e fim da irrigação;
- j. Tempo decorrido desde que ligado e Tempo para finalizar programação;
- k. Indicadores de desempenho e relatórios;
 - i. Consumo de água e energia por tonelada produzida;
 - ii. Número de paradas inesperadas do sistema de irrigação ao longo da safra;
 - iii. Custo por irrigação;
- l. Comandos ativos;
- m. Histórico de funcionamento (Comandos Recentes);

1.2) Benefícios Quantitativos

- a. Redução do número de funcionários para monitoramento dos pivôs.
- b. Substituição da ronda noturna pelo acompanhamento dos pivôs pela plataforma online.

1.3) Benefícios Qualitativos

- a. Verificação em tempo real das condições do pivô.
- b. Ganho de tempo no gerenciamento dos sistemas de irrigação.
- c. Segurança de que o pivô não permanecerá parado.
- d. Redução dos custos com energia ao não utilizar o pivô em horários de pico.
- e. Histórico de funcionamento dos pivôs, garantindo segurança aos agricultores frente às empresas sementeiras quando ocorre baixa produtividade, apesar de irrigação correta.

1.4) Diferencial

- a. Facilidade de instalação e alerta de paradas inesperadas do pivô central.

2) Módulo de Medição das Condições Ambientais

O módulo de Medição das Condições Ambientais proporciona informações sobre a umidade do solo e pluviosidade no pivô central, sendo a principal funcionalidade do módulo fornecer dados para o algoritmo de definição de planos otimizados de irrigação.

No entanto, os dados podem ser fornecidos diretamente ao agricultor, de modo a auxiliá-lo na tomada de decisão, bem como, reduzir o número de deslocamentos ao campo para verificar a umidade do solo e a pluviosidade.

2.1) Funcionalidades do módulo

- a. Monitoramento remoto da umidade do solo.
- b. Monitoramento remoto da pluviosidade local.

2.2) Benefícios Qualitativos

- a. Irrigação assertiva a partir do conhecimento da umidade do solo.
- b. Auxílio na tomada de decisão de quanto e quando irrigar.

2.3) Diferencial

- a. Acesso em tempo real via smartphone ou computador à umidade do solo e pluviosidade local.

3) Módulo de Planos Otimizados de Irrigação / Manejo da Irrigação

O módulo de Planos Otimizados de Irrigação tem como proposta de valor reduzir o consumo de água e energia empregados na irrigação, reduzindo dessa forma o custo com energia elétrica e garantindo que não haja desperdício de água.

Bem como, o módulo proporciona aumento de produtividade através da definição de pontos ótimos de quando e quanto irrigar.

Dessa forma, os agricultores garantem planos otimizados de irrigação com base no histórico de irrigação, considerando assim a eficiência de lâminas de água anteriores.

O funcionamento do módulo é dependente das informações fornecidas pelo Módulo de Medição das Condições Ambientais, visto que utiliza os dados coletados para definir quando e quanto irrigar.

3.1) Funcionalidades do módulo

- a. Definição de ponto ótimo de quando e quanto irrigar;

3.2) Benefícios Quantitativos

- a. Aumento da produtividade;

3.3) Benefícios Qualitativos

- a. Melhoria na tomada de decisão para lavoura.
- b. Melhoria no gerenciamento dos sistemas de irrigação.

3.4) Diferencial

- a. Fornecer aos agricultores informações as quais não tinham acesso.

4) Módulo de Controle Remoto do Pivô Central

O módulo de Controle Remoto do Pivô Central apresenta como proposta de valor permitir ao agricultor configurar o sistema de irrigação remotamente a partir de smartphone ou computador, dessa forma, todas as funcionalidades monitoradas no módulo de Monitoramento Remoto do Pivô Central podem ser gerenciadas pelo usuário de qualquer ponto que possua acesso à internet.

4.1) Funcionalidades do Módulo

- a. Configuração remota do pivô central.

4.2) Benefícios Quantitativos

- a. Redução do número de funcionários para gerenciar o sistema de irrigação.

4.3) Benefícios Qualitativos

- a. Programação via computador ou smartphone, não há necessidade de deslocar-se até o pivô para programá-lo.
- b. Alteração da programação de irrigação em tempo real.

4.4) Diferencial

- a. Solução de fácil usabilidade.

- Pivôs Centrais Autônomos

A solução Pivôs Centrais Autônomos resulta da integração dos 4 módulos acima apresentados, de modo que o sistema é capaz de identificar a posição e condições do pivô central e as condições ambientais locais por meio de sensoriamento e atuar autonomamente para realização da irrigação.

O principal objetivo da solução é otimizar a utilização dos recursos, como água, energia elétrica e capital humano, de modo a garantir aumento de produtividade, redução de custos e redução da pressão sobre o meio ambiente.

A otimização da irrigação se dará por meio da geração de planos otimizados de irrigação, os quais considerarão a medição da umidade do solo, informações climáticas e dados inseridos pelos agricultores, como data de plantio, cultura e variedade.

Dessa forma, o sistema coordena a execução dos planos de irrigação pelo pivô central e gera relatórios acerca dos resultados obtidos.

A partir do resultado das irrigações realizadas, as informações acerca da quantidade de água aplicada e o que se esperava como resultados são comparados, de modo a ajustar a calibração de quanto irrigar.

3.4. 2º Ciclo de Feedback Construir-Medir-Aprender

No presente item é apresentado o segundo Ciclo de Feedback Construir-Medir-Aprender com o objetivo de verificar as hipóteses de valor e crescimento do modelo de negócio.

3.4.1. Definição das Hipóteses

Hipótese de Valor: Os clientes pagariam R\$ 40 mil pela solução.

Hipótese de Crescimento: Os clientes indicariam a solução aos amigos.

3.4.2. Produto Mínimo Viável (MVP)

O presente item visa apresentar o experimento realizado no 2º ciclo de feedback.

O experimento realizado no segundo ciclo de feedback organiza-se como proposto no ciclo anterior. No entanto, conforme resultados do primeiro ciclo e desenvolvimento do projeto conceitual, apresentou-se aos agricultores, nesse segundo experimento, os benefícios gerados pelo produto, como facilidades proporcionadas pela utilização da solução, benefícios ambientais e retorno financeiro estimado para a validação das hipóteses.

Abaixo apresenta-se em detalhes a estimativa do retorno financeiro gerado pela solução da Hidrointel.

3.4.2.1. Retorno financeiro gerado ao agricultor

Nesse item expõe-se as premissas assumidas para a construção da simulação do retorno financeiro gerado ao agricultor.

1. Premissa 1

Pivôs centrais apresentam taxa de desligamento inesperado de 10%.

Nesse item são consideradas as vezes que o sistema não é acionado automaticamente após desligamento inesperado, sendo a informação fornecida por agricultores.

2. Premissa 2

Solução da Hidrointel é capaz de resultar em aumento de produtividade de 1 saca de soja por ano em cada hectare.

Nesse item é estimado uma saca de soja, de modo a generalizar o aumento de produtividade que ocorre nas culturas de soja, milho e feijão.

3. Premissa 3

Solução da Hidrointel é capaz de resultar em economia de 5% de energia elétrica.

4. Premissa 4

Solução da Hidrointel é capaz de otimizar o gerenciamento da irrigação e reduzir 1 funcionário da equipe de irrigação.

A partir da elaboração das premissas, coletou-se dados acerca do custo da energia e de funcionário e estruturou-se dois possíveis cenários de retorno ao agricultor utilizando a solução da Hidrointel.

A construção dos cenários se baseia em um período de irrigação de 4 meses ao ano e uma área irrigada de 100 hectares.

O Cenário 1 considera a situação em que ocorre desligamento inesperado do pivô central, sem que o mesmo *re-start* automaticamente, cerca de 10% das vezes que é operado, o que resulta em um custo adicional de irrigação no intervalo de Energia Rural de R\$ 14.617,92 em um período de 4 meses, o que seria evitado com a solução de Alarme inesperado de desligamento proposto na solução Hidrointel. Soma-se a isso o aumento de produtividade decorrente dos planos otimizados de irrigação, os quais proporcionam um retorno estimado de R\$ 6.000,00 para ao agricultor ao longo de um ano, bem como, a redução no consumo de energia devido à otimização do uso do equipamento proporcionaria redução de custo de R\$ 3.600,00, de modo que o agricultor que utilizasse a solução da Hidrointel obteria um retorno financeiro total de R\$ 24.217,92 no primeiro ano. Isso significa que

considerando a hipótese de custo da solução em torno de R\$ 40 mil, o prazo estimado de retorno do investimento na solução seria de cerca de 20 meses.

O Cenário 2 considera, além dos itens anteriormente citados, a situação na qual o agricultor tem a possibilidade de reduzir a equipe de irrigação, de modo a ter um menor custo direto com a atividade. Dessa forma, considerando-se o custo anual de R\$ 42.000,00 por funcionário, o retorno da solução viria logo no primeiro ano de utilização da solução, mostrando-se uma opção atrativa de investimento ao agricultor.

Abaixo encontram-se os dados utilizados para a construção dos cenários de retorno ao agricultor e os resultados obtidos.

Tabela 4 - Custo de Energia no estado do Mato Grosso

Custo de Energia no estado do Mato Grosso			
Categoria de Energia	Período	Horário	Custo (R\$)
Energia Irrigação	Noturno	21h - 6h	R\$ 0,11
Energia Rural	Diurno	6h -17h	R\$ 0,35
Energia Rural/Energia Irrigação	-	-	3

Fonte: Energisa/2017 - MT

Tabela 5 - Resultado financeiro de parada inesperada do Pivô Central

Resultado financeiro de parada inesperada do Pivô Central	
Consideração	Custo (R\$)
1 mês de irrigação	18.000,00
1 irrigação no período da noite	600,00
1 irrigação no período do dia	1.818,16
Prejuízo de desligar pivô durante a noite	- 1.218,16

Fonte: Dados obtidos com agricultores.

Tabela 6 - Simulação de Retorno Financeiro utilizando solução da Hidrointel

Simulação de Retorno Financeiro utilizando solução da Hidrointel
Desligamento inesperado do pivô central

Número de desligamentos mensal	3
Número de desligamentos totais (4 meses)	12
Custo/desligamento (R\$)	- 1.218,16
Resultado financeiro (R\$/ano)	- 14.617,92
Planos Otimizados de Irrigação	
Aumento de 1 saca por hectare por ano (R\$)	60,00
Área utilizada (hectares)	100
Resultado financeiro (R\$/ano)	6.000,00
Redução no consumo de Energia Elétrica	
Consumo mensal (R\$)	18.000,00
Redução de 5% de consumo (R\$)	900,00
Resultado financeiro (R\$/ano)	3.600,00
Cenário 1 – Resultado anual (R\$)	24.217,92
Redução de 1 funcionário	
Custo mensal (R\$)	3.500,00
Custo anual (R\$)	42.000,00
Cenário 2 – Resultado anual (R\$)	66.217,92

Após a apresentação dos benefícios da solução da Hidrointel aos agricultores, verificaram-se os itens abaixo descritos.

Tabela 7 - Questionamentos para direcionamento do processo de Validação
2º Ciclo de Feedback

Questionamentos para direcionamento do processo de Validação	
1	O senhor(a) compraria a solução da Hidrointel por um custo médio de R\$ 40 mil?
2	O senhor(a) recomendaria a seus amigos a solução da Hidrointel? Qual seria o principal ponto evidenciado na recomendação?

3.4.2.2. Critérios de Sucesso

Os critérios de sucesso utilizados para a validação das hipóteses anteriores são:

1. Cerca de 30% dos agricultores confirmarem que gostariam de comprar a solução da Hidrointel.

Para a definição do critério de sucesso considerou-se o número de agricultores que possuem pivôs centrais na região de Primavera do Leste que devem comprar a solução para que a empresa se sustente nos primeiros dois anos.

2. 60% dos agricultores recomendarem a solução a amigos.

Para que a empresa apresente crescimento satisfatório nos primeiros dois anos, sem uma área de prospecção ativa de clientes, é necessário que ao menos 60% dos clientes da empresa recomendem o produto aos amigos e ocorra conversão dos mesmos.

3.4.2.3. Dados Coletados

Nesse item são apresentados os dados coletados a partir de experimento realizado com 13 agricultores.

Todos os dados coletados foram sistematizados em uma tabela com o objetivo de facilitar a interpretação dos mesmos. As hipóteses validadas ao longo do experimento com cada agricultor são representadas pelo número 1, enquanto as hipóteses refutadas são representadas pelo número 0.

Abaixo consta tabela com todos os dados coletados.

Tabela 8 - Avaliação das Hipóteses do 2º ciclo de feedback

Agricultor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Resultado
Hipótese de Valor	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	38%
Hipótese de Crescimento	1	-	-	-	1	-	1	1	-	-	1	-	-	100%

3.4.3 Contabilidade para Inovação

No presente item são analisados os resultados dos experimentos realizados com os agricultores.

3.4.3.1. Avaliação dos dados coletados com agricultores

A partir da realização dos experimentos com os agricultores verificou-se que de acordo com os benefícios oferecidos aos agricultores, cerca de 38% deles comprariam a solução da Hidrointel, validando assim a hipótese de valor. No entanto, o experimento apresenta a limitação de não efetivar a venda, o que não assegura que será realizada com taxa de 38% de sucesso.

Além do custo do produto aos agricultores, as condições de pagamento e financiamento influenciam a decisão de aquisição do produto.

Uma alternativa de solução a esse problema é facilitar as condições de compra oferecidas aos agricultores, com o oferecimento de linhas de crédito que permitam compra de equipamentos agrícolas com imposto acessível ao agricultor e que mantenha a solução com retorno atrativo.

Em relação à hipótese de crescimento, verificou-se que os agricultores que comprariam a solução indicariam a um amigo caso funcionasse adequadamente, o que valida a hipótese apresentada. De qualquer maneira, deve ser considerado o fato que a recomendação da solução a um amigo pode ocorrer de forma espontânea por parte do agricultor ou por meio de interrogação direta em um diálogo, o que requer conhecimento prévio da solução por parte do interlocutor.

Dessa forma, verifica-se que não basta a solução operar corretamente para que seja recomendada, mas o público de agricultores da região deve ter conhecimento da existência da solução, sendo necessário investimento em marketing para essa disseminação de informação.

3.4.3.2. Informações adicionais decorrente dos experimentos

1. A característica *do-it-yourself* da solução, segundo a qual os agricultores podem adquirir a solução e instalá-la por conta própria, não apresentou bons resultados quando oferecida aos clientes, visto que se trata de uma tecnologia nova e causa insegurança nos compradores em um primeiro contato.

Verificou-se que o suporte técnico inicial é essencial para explicação do funcionamento e manutenção do equipamento.

A agricultura brasileira apresenta como forte pilar a confiança nos consultores e presença física das pessoas para explicação e suporte das atividades realizadas.

2. Conforme as tecnologias desenvolvidas para o campo avançam, agricultores apresentam cada vez mais dificuldades para contratar mão de obra qualificada para a operação dos equipamentos disponíveis. Por outro lado, agricultores reconhecem que é necessário investir em tecnologia para se manterem no mercado. Dessa forma, há enorme apelo para que as soluções sejam de simples utilização e exijam baixo nível de conhecimento técnico para operação.
3. A Internet presente nas fazendas geralmente apresenta baixas taxas de transmissão de dados, o que dificulta a comunicação remota com pivôs centrais.
4. Agricultores não apresentam grandes preocupações em relação ao consumo excessivo de água por parte dos pivôs centrais.

3.4.3.3. Perseverar ou Pivotar?

A partir dos resultados obtidos em contato com os agricultores verificou-se que há interesse por parte do mercado em solução de automação de pivôs centrais, visto tendência de informatização do campo, ao mesmo tempo que existem empecilhos à implementação que devem ser superados.

As validações das hipóteses até o momento executadas sustentam a tomada de decisão de prosseguir com o desenvolvimento da solução, de modo a fornecer produto inovador ao mercado e contribuir para o desenvolvimento da agricultura.

Dessa forma, propõe-se a realização de um terceiro ciclo de feedback utilizando-se protótipo da solução para validar outras hipóteses do modelo de negócio e produto com os agricultores.

3.5. 3º Ciclo de Feedback Construir-Medir-Aprender

No presente item é apresentado o terceiro Ciclo de Feedback Construir-Medir-Aprender com o objetivo de validar hipóteses de implementação e uso da solução da Hidrointel.

3.5.1. Definição das Hipóteses

Abaixo estão definidas as hipóteses a serem validadas no presente ciclo de feedback.

Hipótese 1: Operadores de pivô central consultarão a ferramenta para definir quando e quanto irrigar.

Hipótese 2: Operados de pivô central configurarão o pivô central remotamente.

Hipótese 3: Agricultores verificarão o status do sistema de irrigação remotamente.

Hipótese 4: Agricultores confiarão na solução Hidrointel para realizar o gerenciamento da irrigação.

Hipótese 5: Agricultores e Operadores de pivô central não apresentarão dificuldades para utilizar o sistema.

As quatro primeiras hipóteses a serem validadas estão relacionadas ao valor da solução percebido pelos usuários, enquanto a hipótese 5 está relacionada a usabilidade da solução.

3.5.1.1 Matriz de Priorização do desenvolvimento do Protótipo

Neste item apresenta-se a priorização de desenvolvimento dos módulos apresentados no Projeto Conceitual.

A solução Pivôs Centrais Autônomos proposta implica o desenvolvimento de um sistema completo de automação do pivô central e desenvolvimento de algoritmos que permitem otimizar a operação do equipamento.

Dessa forma, seguindo princípios de Produto Mínimo Viável da metodologia *Lean Startup*, verifica-se que a validação ideal não consiste em desenvolver todo o sistema e colocá-lo em operação para verificar se os agricultores adotariam a solução, devendo ser priorizado o desenvolvimento dos módulos que permitem entregar valor ao cliente e validar as hipóteses do negócio.

Assim, elaborou-se a matriz de priorização (Figura 23) que relaciona Certeza de Necessidade e Complexidade de Desenvolvimento.

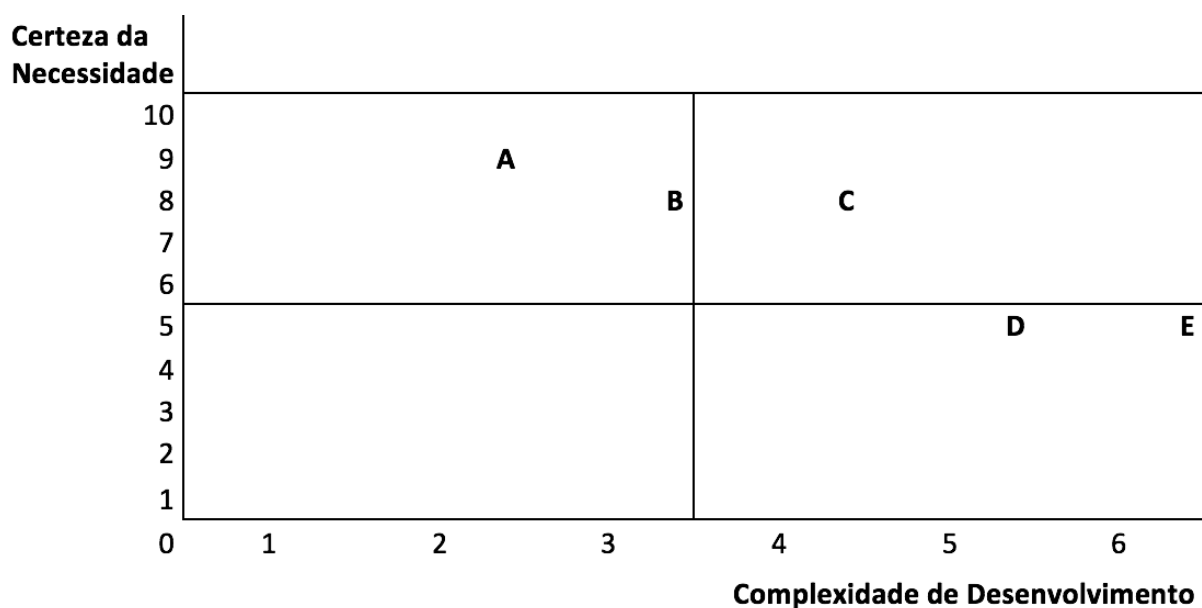


Figura 23 - Matriz de Priorização do desenvolvimento do Protótipo

- A - Módulo de Monitoramento Remoto de Pivôs Centrais
- B - Módulo de Monitoramento Remoto das Condições Ambientais
- C - Módulo de Manejo da Irrigação
- D - Módulo de Controle Remoto de Pivôs Centrais
- E - Sistema de Pivôs Centrais Autônomos

De acordo com a Certeza da Necessidade e Complexidade de Desenvolvimento de cada módulo para testes em campo, no presente ciclo de desenvolvimento serão desenvolvidos os módulos A, B e C, de modo a validar as hipóteses 1, 3, 4 e 5.

3.5.2. Produto Mínimo Viável (MVP)

O presente item apresenta o modelo do protótipo da solução Hidrointel, o qual permitirá realizar experimentos acerca da implementação da solução e medir o comportamento dos clientes, baseando-se em informações acerca do que os clientes fizeram e não apenas no que eles dizem querer, como ocorre no contato direto para validação das hipóteses propostas.

3.5.2.1. Projeto Detalhado do Protótipo da Hidrointel

No presente item serão detalhados os módulos A, B e C, de modo a entender do ponto de vista técnico como será realizado o desenvolvimento da solução.

Como o objetivo da iteração do ciclo de feedback é aprender utilizando o mínimo de recursos, tanto capital financeiro e humano quanto de tempo, o protótipo será desenvolvido por meio da integração de componentes já presentes no mercado e comumente utilizados em prototipagem, como é o caso da plataforma Arduino e sensores comerciais.

O protótipo apresenta tanto componentes de Hardware como Software, sendo que o Hardware é responsável por realizar a coleta e transmissão de dados no campo e o Software permite a interação do usuário com o sistema, bem como, permite a implementação dos planos otimizados de irrigação.

A organização dos módulos a serem implementados difere do Projeto Conceitual especificado, visto que os módulos A e B são implementados via Hardware e há necessidade de um terceiro módulo, denominado Módulo Sede, para recebimento de informações do campo e disponibilização online dessas informações. Além disso, o Módulo de Manejo da Irrigação é implementado em nível de Software.

Na Figura 24 apresenta-se esquemático que apresenta a visão geral do sistema de Hardware, de modo a facilitar o entendimento, seguido do detalhamento de cada módulo.

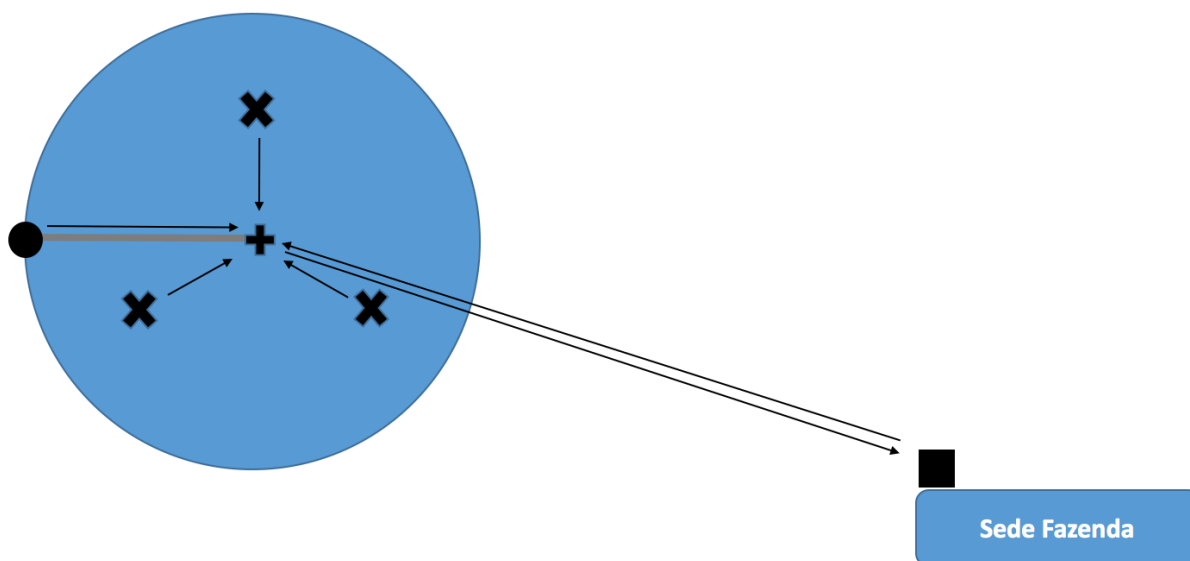


Figura 24 - Esquemático de Hardware - Protótipo Hidrointel

Legenda:

O: Módulo de Monitoramento Remoto do Pivô Central

X e +: Módulo de Monitoramento Remoto das Condições Ambientais

X: Módulos Medidores de Umidade

+: Módulo de Pluviometria

[]: Módulo Sede - ponto de acesso a Internet.

3.5.2.2. Comunicação entre os Módulos

No presente item é apresentada a dinâmica de comunicação dos módulos, tornando clara a escolha dos rádios transmissores.

A comunicação entre os módulos utiliza dois transmissores distintos: Xbee SX e Xbee SX PRO, os quais são empregados, respectivamente, para comunicação de curta distância e comunicação de longa distância, ambos na faixa de 902 – 928 MHz.

A comunicação de curta distância está relacionada ao envio de dados dos Módulos Medidores de Umidade (X) e Módulo de Monitoramento Remoto do Pivô Central (O) para o Módulo de Pluviometria (+), o qual realiza comunicação de longa distância com o Módulo Sede ([]), que apresenta conexão à Internet.

As setas presentes no diagrama representam o fluxo de transmissão de dados entre os módulos. Esse fluxo de transmissão é justificado em decorrência do elevado consumo de energia por parte da comunicação de longa distância.

O transmissor Xbee XS apresenta baixo consumo de corrente por transmissão (55mA) e alcance máximo de 14 km, sendo por isso utilizado nos Módulos Medidores de Umidade, os quais são alimentados com bateria (3.4 Ah). O Módulo de Monitoramento Remoto do Pivô Central também utiliza Xbee SX, pois precisa realizar apenas comunicação de curta distância.

O transmissor Xbee SX PRO apresenta consumo de corrente de 900mA por transmissão e alcance máximo de 65 km, sendo por isso utilizado apenas no Módulo de Pluviometria e no Módulo Sede, o qual está conectado à rede de energia elétrica.

Ambos dispositivos apresentam corrente de $2.5\mu\text{A}$ em modo sleep.

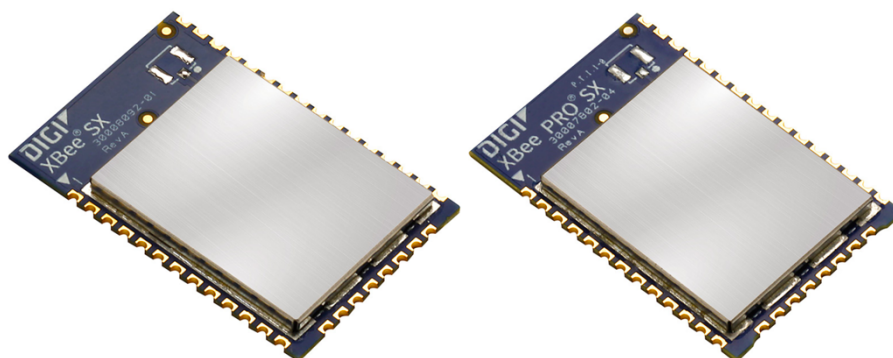


Figura 25 - Xbee SX (esquerda) e Xbee SX PRO (direita).

3.5.2.3. Software – Plataforma Hidrointel

O presente item apresenta uma visão geral da plataforma desenvolvida para operacionalização da solução.

A Plataforma Hidrointel é formada por três elementos principais:

1. Banco de Dados (BD)
2. Interface para Gerenciamento do Banco de Dados
3. Aplicativo – Interface com o usuário

A plataforma tem como principais funcionalidades verificar dados recebidos do campo, calcular plano otimizado de irrigação e informar aos usuários as condições do sistema em tempo real e dos planos otimizados de irrigação.

O Banco de Dados é responsável por armazenar todas as informações do sistema que são coletadas e também dados gerais de cadastros, como Fazendas, Usuários, Pivô Centrais, Localizações e demais itens.

A Interface de Gerenciamento do Banco de Dados permite realizar o gerenciamento das informações, como a inserção de novos usuários, modificação de elementos no BD, buscas por categoria de dados, representando assim o elemento de administração do sistema.

O Aplicativo é o elemento de maior valor aos usuários, visto que é o elemento responsável pela interação com os usuários. Dessa forma, buscou-se desenvolver uma solução de fácil utilização e bastante intuitiva.

Ao longo da descrição dos módulos são apresentadas as interfaces utilizadas para interação com o usuário.

1. Módulo de Monitoramento Remoto do Pivô Central (O)

O Módulo de Monitoramento Remoto do Pivô Central será instalado na extremidade do pivô, visto que o módulo abriga o GPS e esse é o ponto no qual ocorre maior deslocamento durante a movimentação.

De maneira geral, o módulo gera alerta no aplicativo acerca de parada inesperada do pivô central, identifica causa da parada e monitora o status do pivô central, bem como, gera relatórios acerca da quantidade de água utilizada na irrigação.

O módulo é composto pelos seguintes componentes:

- I. Unidade de processamento e aquisição de dados: Arduino MEGA 2560 R3
- II. Sensor de pressão: NP430D
- III. GPS: Ublox
- IV. Antena de transmissão: Omnidirecional 5 dBi

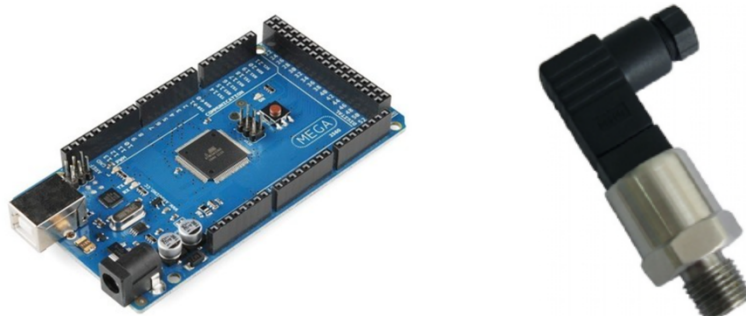


Figura 26 - Arduino MEGA 2560 R3 (esquerda) e Sensor de Pressão (direita).



Figura 27 – GPS (esquerda) e Antena de transmissão (direita).

As informações medidas pelo módulo em campo são transmitidas até o Módulo Sede e então adicionadas em Banco de Dados para visualização por parte dos usuários. A visualização das informações pode ser realizada em *dashboard* amigável via aplicativo mobile ou sistema Web.

Na Figura 28 pode ser verificado esboço das interfaces, seguido das imagens da implementação.

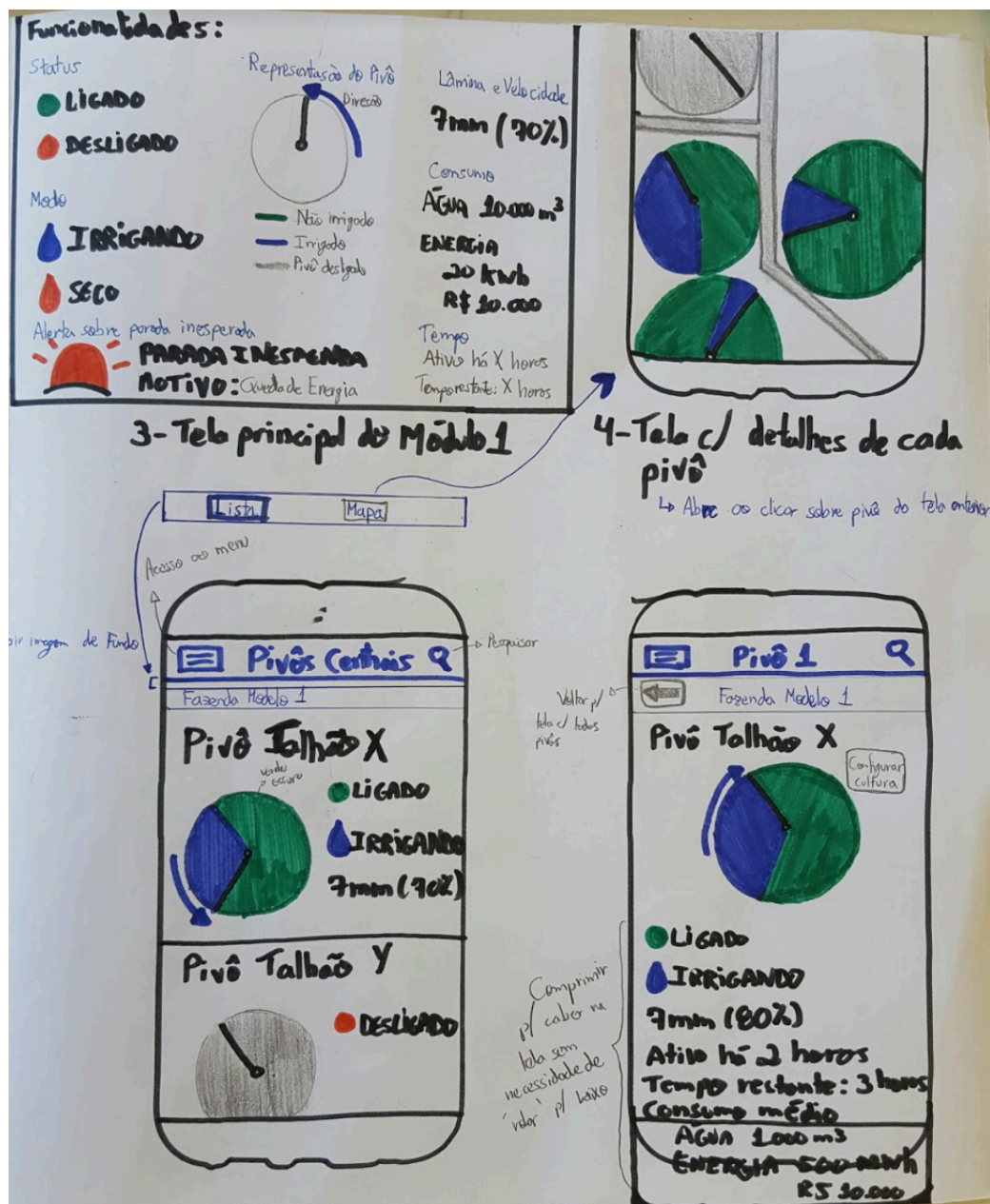


Figura 28 - Esboço das Interfaces do Módulo de Monitoramento Remoto do Pivô Central

A interface principal do módulo pode ser vista no canto inferior esquerdo da figura acima e apresenta a lista de pivôs centrais da propriedade rural.

A interface a direita apresenta o detalhamento das informações de cada pivô central, conforme funcionalidades descritas no Projeto Conceitual. E a interface presente no canto superior direito apresenta os pivôs centrais dispostos no mapa.

Nas Figuras 29 e 30 estão as interfaces implementadas.



Figura 29 - Interfaces Módulo de Monitoramento Remoto do Pivô Central (1)

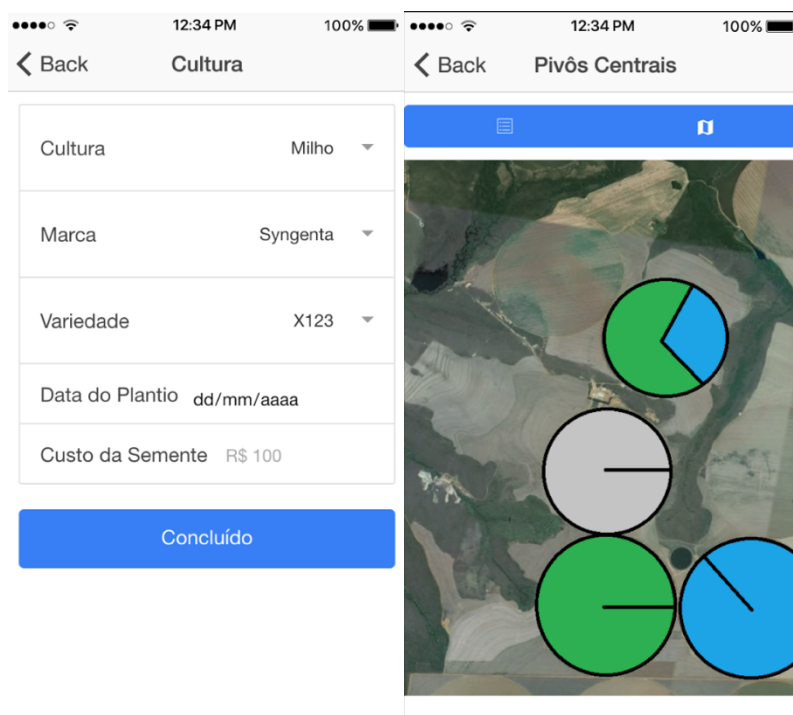


Figura 30 - Interfaces Módulo de Monitoramento Remoto do Pivô Central (2)

2. Módulo de Monitoramento Remoto das Condições Ambientais

O Módulo de Monitoramento Remoto das Condições Ambientais é composto por dois elementos:

- a. Módulos Medidores de Umidade
- b. Módulo de Pluviometria.

Os Módulos Medidores de Umidade têm a função de medir a umidade do solo em três profundidades distintas, 10cm, 30cm e 40cm, de modo a proporcionar dados para determinação da quantidade de água que deve ser aplicada na plantação.

Para a medição da umidade do solo são utilizados sensores granulares matriciais, apresentados no item 2.2.2., especificamente o modelo Watermark.

Esses módulos são instalados no meio do campo, portanto, são desprovidos de energia provinda da rede elétrica, sendo alimentados com bateria 3.4Ah e tensão de 12V. A recarga das baterias é realizada por meio de placas solares de 10W.

Como o consumo de energia do módulo deve ser baixo, devido a ele ser alimentado via bateria, utilizou-se o Arduino Nano como unidade de processamento e aquisição de dados. Para a comunicação, utiliza-se Xbee SX e antena de 5dBi.

Nas Figuras 31 e 32, imagem dos elementos presentes no módulo e ainda não apresentados.

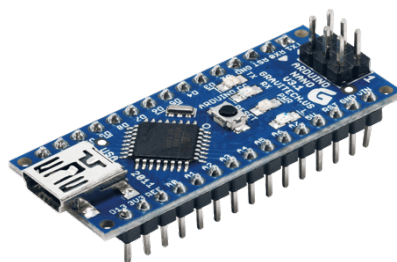


Figura 31 - Arduino Nano.



Figura 32 - Placa Solar 10W (esquerda) e Bateria (direita).

Também foram utilizados Regulador de Tensão LM2596 e controladores de carga Landsat LS0512E para Painéis Solares.

O Módulo de Pluviometria, por outro lado, encontra-se instalado no centro do pivô central e possui como principais funcionalidades medir a pluviosidade e realizar a comunicação com o Módulo Sede.

Para realizar a medição da pluviometria é utilizado pluviômetro desenvolvido especificamente para utilização com Arduino. A comunicação utiliza Xbee SX PRO e antena de 8dB, visto que o módulo é alimentado diretamente pela rede de energia elétrica.

Abaixo podem ser observados o Pluviômetro e a Antena de 8dBi utilizada.



Figura 33 - Pluviômetro Automático (esquerda) e Antena 8dBi (direita).

Ao usuário são apresentadas informações de umidade do solo passadas e do dia presente, as quais podem ser verificadas em tabela, conforme apresentado abaixo.

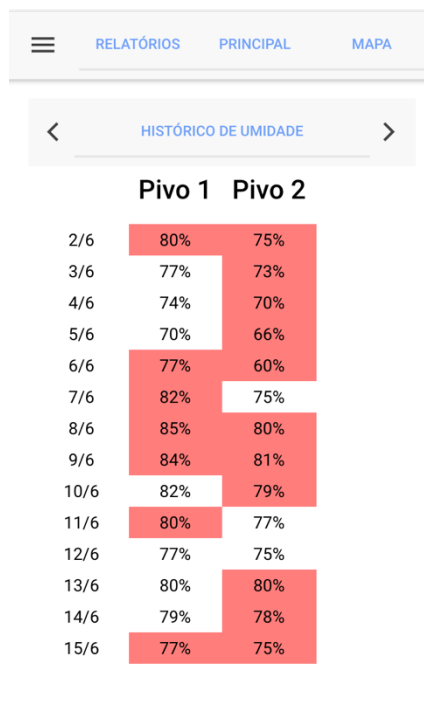


Figura 34 - Interface Módulo de Umidade

3. Módulo Sede

O Módulo Sede apresenta como funcionalidade principal realizar recebimento de informações provindas do campo e adicioná-las ao banco de dados, permitindo o acesso remoto às informações do pivô central por parte dos usuários. Para isso é necessário ponto de acesso à Internet no local em que o módulo é instalado.

O módulo utiliza comunicação de longa distância, empregando Xbee SX PRO e antena de 8dBi. A alimentação do módulo ocorre por meio de conexão à rede elétrica.

4. Módulo de Manejo da Irrigação

O Módulo de Manejo da Irrigação tem como principal funcionalidade definir quando e quanto irrigar, sendo implementado exclusivamente em software. No entanto, necessita das informações de umidade do solo coletadas em campo pelos Módulos Medidores de Umidade para definição dos planos de irrigação.

O algoritmo utilizado para a definição da lâmina bruta de água a ser aplicada é realizado conforme metodologia descrita no item 2.2.2.1. Os resultados obtidos podem ser observados na imagem abaixo, onde estão definidas lâminas de água a serem aplicadas nos próximos dias.



The screenshot shows a mobile application interface for irrigation management. At the top, there is a navigation bar with three tabs: 'RELATÓRIOS', 'PRINCIPAL', and 'MAPA'. Below the navigation bar, there is a header section with the text 'PLANO DE IRRIGAÇÃO' and a right-pointing arrow. The main content area is titled 'Pivo Talhao 1'. Below the title, there is a list of irrigation plans, each represented by a horizontal bar. The first bar is highlighted in dark grey and contains the text '2/6 8mm'. The other bars are white with black text and contain the following text: '3/6 5mm', '4/6 3mm', '5/6 8mm', '6/6 9mm', '7/6 4mm', and '8/6 1mm'. At the bottom of the list, there is a page indicator '1 / 2'.

Day	Water Depth (mm)
2/6	8mm
3/6	5mm
4/6	3mm
5/6	8mm
6/6	9mm
7/6	4mm
8/6	1mm

Figura 35 – Interface Planos de Irrigação

3.5.2.4. Critérios de Sucesso

Hipótese 1: Taxa de utilização da solução. Métrica: 80%.

Hipótese 3: Taxa de utilização da solução. Métrica: 80%.

Hipótese 4: Taxa de utilização da solução. Métrica: 80%.

Hipótese 5: Taxa de utilização e número de feedbacks negativos acerca da usabilidade. Métricas: 80% e 30%.

A realização do experimento e observação do comportamento dos clientes permite identificar com clareza se os clientes veem valor na solução, bem como, permite a coleta de feedbacks com os clientes para aprimorar a solução.

As métricas consideradas são elevadas, pois objetiva-se que a solução da Hidrointel se torne a principal ferramenta utilizada para Manejo e Gerenciamento da irrigação por parte de operados de pivôs centrais e agricultores.

3.5.2.5. Execução dos Experimentos

A execução do experimento do terceiro ciclo de feedback implica na instalação do protótipo em campo e avaliação da utilização da solução por parte dos operadores de pivôs e agricultores.

O desenvolvimento do protótipo encontra-se em andamento, de modo que já foram realizados testes dos sensores GS1 e Watermark em condições extremas dos sensores, com os mesmos imersos em água e em contato com o ar, apenas com a finalidade de verificar o funcionamento dos sensores em relação aos dados fornecidos pelos fabricantes. No entanto, como ambos os sensores apresentaram medições iniciais de qualidade e constatou-se que a utilização do sensor GS1 aumentaria o custo com sensores do Módulo Medidor de Umidade em 3 vezes, optou-se por prosseguir os testes apenas com os sensores Watermark.

Dessa forma, foram realizados testes com sensor Watermark em porção de solo e verificou-se que as medições estão conforme previstas anteriormente aos testes. No gráfico abaixo podemos observar a evolução da umidade do solo ao longo de 200 medições, no qual as 122 primeiras medições realizadas em um intervalo de 3 dias demonstram um aumento do valor da tensão em Cbar, indicando que o solo está se tornando cada vez mais seco. Após uma semana foi realizado um novo ciclo de medições por mais três dias consecutivos, demonstrando a continuidade redução da umidade do solo. O salto no gráfico, entre as medições 122 e 123, é referente ao período de uma semana de intervalo entre os grupos de medições, sem que houvesse adição de água à porção do solo sendo testada.

Abaixo verifica-se o sensor instalado em porção de solo e gráfico representando as medições realizadas.



Figura 36 - Instalação do Sensor Watermark



Figura 37 - Gráfico Evolução da Umidade do Solo (Cbar)

Além dos resultados provindos dos testes dos sensores, realizou-se teste das telas com os agricultores com o objetivo de identificar a disposição de apresentação das informações nas telas e usabilidade.

Para isso, foi apresentada a solução e pediu-se aos agricultores que buscassem determinadas informações no aplicativo, de modo a verificar a dificuldade que apresentavam em relação à busca das informações e navegabilidade no aplicativo.

3.5.3. Contabilidade para Inovação

Nesse item são apresentados os resultados até então obtidos no terceiro ciclo de feedback.

3.5.3.1. Avaliação dos dados coletados com agricultores

A partir dos testes de usabilidade das telas com os agricultores verificou-se as seguintes preferências do público alvo:

- a. Utilização de ícones e fontes grandes no aplicativo.
- b. Poucas telas para navegação e apresentação apenas das informações essenciais para o cumprimento das funcionalidades propostas.

Verificou-se também que a utilização da cor verde para indicação de que o pivô estava ligado e a representação da plantação com a cor verde nos gráficos dos pivôs confundiu os agricultores.

Dessa forma, foram propostas modificações nas telas, conforme feedbacks apresentados, de modo que podem ser observadas nas Figuras 38 e 39.

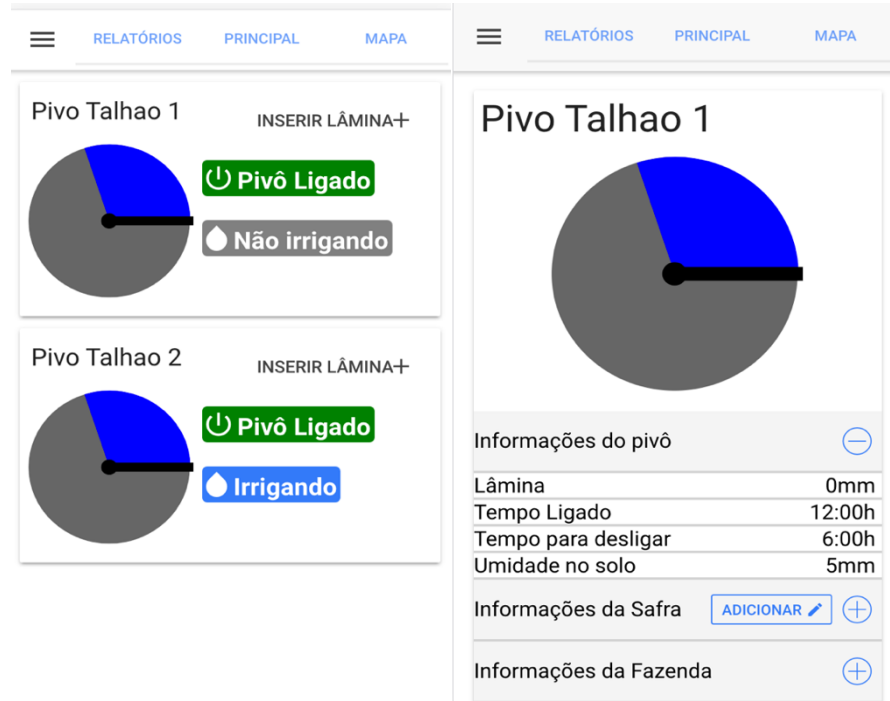


Figura 38 - Nova Proposta de Interfaces de Monitoramento Remoto do Pivô Central (1)

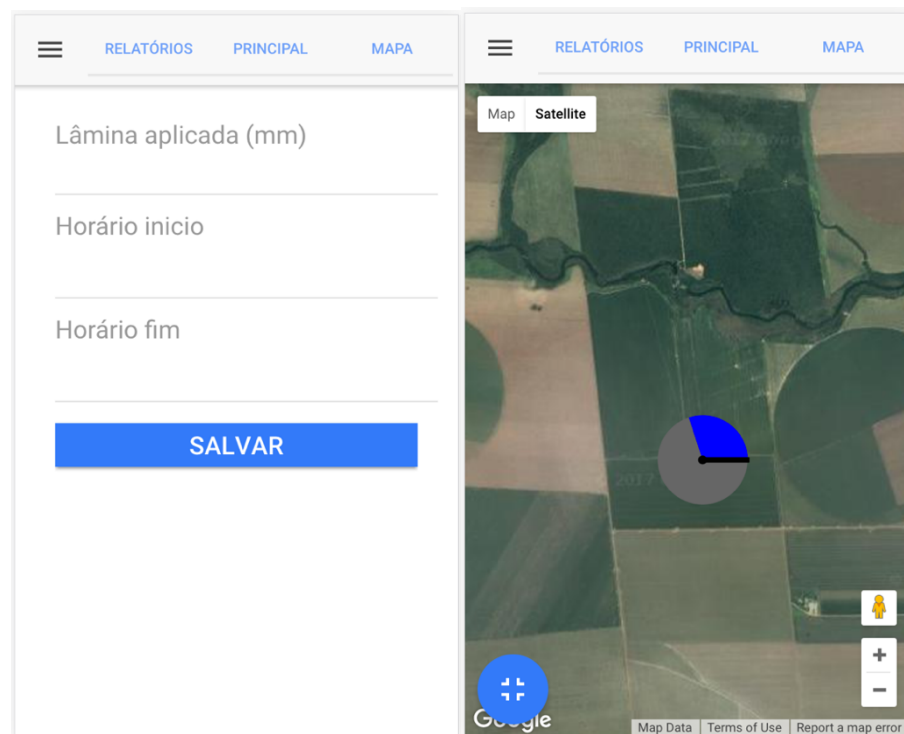


Figura 39 - Nova Proposta de Interfaces de Monitoramento Remoto do Pivô Central (2)

3.5.3.2. Perseverar ou Pivotar?

O terceiro ciclo de feedback encontra-se em andamento, sendo necessário instalar a solução em campo para finalizar a validação das hipóteses inicialmente propostas no ciclo.

Como resultados esperados do experimento, destaca-se o engajamento do público alvo com a solução e obtenção de dados suficientes para iniciar o desenvolvimento de planos otimizados de irrigação, visto que inicialmente pode-se apenas definir a lâmina bruta a ser aplicada conforme informações disponibilizadas pela literatura.

Planos otimizados de irrigação serão implementados conforme coleta de dados no campo e melhor entendimento da dinâmica dos solos e plantas, de modo a proporcionar informações de qualidade aos agricultores.

4. CONCLUSÕES

A realização do presente Projeto Final de Curso proporcionou a transformação de uma ideia para a solução de um problema existente na irrigação da agricultura por meio de um produto que facilitará a condução das atividades de manejo e gerenciamento da irrigação.

A utilização da metodologia *Lean Startup* no presente trabalho mostrou-se eficiente em relação à estruturação das etapas de validação do problema e encaminhamentos para a elaboração do projeto conceitual. Essa eficiência é observada no aspecto de que o processo pôde ser realizado em questão de duas semanas, enquanto metodologias tradicionais, como a Cascata, demandariam maior quantidade de tempo para execução.

Outro aspecto relevante na utilização da metodologia *Lean Startup* está relacionado ao contato direto com os clientes para validação das hipóteses. Esse contato permite validar a *persona* criada para representar o público-alvo, hipóteses propostas e também surgem novas informações fornecidas pelos clientes que auxiliam nos direcionamentos do negócio.

Assim, a condução dos experimentos viabilizou a identificação das reais necessidades dos clientes e dores vividas no dia a dia do campo, desconstruindo alguns aspectos do modelo inicialmente proposto e oferecendo conteúdo para novos direcionamentos.

A velocidade com que ocorreram os experimentos proporcionou agilidade nas descobertas e aprendizados com os clientes para então conceber e desenvolver uma solução de engenharia que resolva os problemas identificados.

A proximidade ao mercado proposta pela metodologia *Lean Startup* reduziu o risco de lançamento no mercado de uma solução que não seja aceita pelos clientes definidos como alvo, visto que esses clientes constroem e desconstroem o produto juntamente aos executores dos experimentos, de forma a criar uma solução pela qual pagariam. Esse processo permite validar o valor da solução proposta e também da escalabilidade desejada.

No entanto, essa proximidade ao mercado também apresenta o desafio de encontrar os clientes iniciais corretos, os quais estão dispostos a participar dos experimentos, sendo necessário persistência na execução dessa atividade, pois muitas abordagens realizadas não resultaram em sucesso.

Verificou-se que a utilização da Metodologia *Lean Startup* no desenvolvimento de ciclos rápidos em software é algo facilmente executável, de modo que a coleta de dados com um grande grupo de pessoas para obtenção de feedbacks pode ser feita remotamente, necessitando para isso apenas acesso a um link. No entanto, uma dificuldade na realização do projeto esteve na introdução de um ciclo de feedback que necessita o desenvolvimento de hardware para ser executado, surgindo assim diversas etapas e problemas que possuem dinâmica de execução mais lenta do que a implementação de software, como por exemplo, a compra e entrega de componentes e equipamentos, necessidade de equipamentos específicos para testes, impressão de circuitos, soldagem das placas e testes. Além disso, a identificação de erros em hardware é mais demorada do que no software.

Esses pontos de dificuldade evidenciam o quanto é importante a escolha de um Produto Mínimo Viável que utilize o mínimo de recursos necessários, pois o desenvolvimento de um protótipo com mais funcionalidades do que o necessário para validação das hipóteses acarreta em aumento da complexidade, tempo e custo de desenvolvimento. Isso verificou-se no presente projeto, cujo tempo de execução excedeu as perspectivas inicialmente realizadas, bem como, o emprego de um Produto Mínimo Viável mais simples permitiria a validação das hipóteses mais rapidamente. Uma alternativa pensada ao longo do desenvolvimento do projeto para o teste das hipóteses identificadas no terceiro ciclo de feedback seria a aquisição de um medidor manual do sensor Watermark, medição diária em campo da umidade nos pontos nos quais os sensores seriam instalados e inserção manual das informações em planilha para o acompanhamento dos agricultores e operadores, assim como, cálculo da lâmina bruta de água. Por outro lado, esse tipo de experimento exige presença diária em campo para realização das medições, o que não fazia parte do escopo do presente projeto.

Outra restrição inicialmente imposta com o objetivo de construir um produto robusto e escalável e que acarretou em aumento de tempo de desenvolvimento está relacionada à escolha dos módulos de rádio. Os módulos escolhidos possuem alcance de até 65km, o que não era necessário para os testes no primeiro cliente, no qual a distância máxima será de 2km.

O desafio do presente projeto esteve não apenas no aprendizado e implementação de uma metodologia até então não trabalhada pelo graduando, como

também no exercício do papel de liderança da equipe ao longo do desenvolvimento. Esse exercício de liderança proporcionou uma experiência ímpar, visto que a execução de projeto em empresa ou laboratório terceiro, o graduando seguiria as decisões tomadas por seus supervisores, não tendo a oportunidade de supervisionar uma equipe e ser responsável pelo direcionamento e tomadas de decisão do projeto.

A execução de todas as etapas de desenvolvimento inicialmente previstas no item 1.6.2. não foi finalizada, visto que houve maior demanda de tempo na RBS em relação ao planejado, pois foi o primeiro contato do graduando com tal atividade. Outra tarefa que demandou mais tempo do que o determinado inicialmente está relacionada às constantes releituras da metodologia *Lean Startup* e leitura sobre experiências tidas por outros pesquisadores que implementaram a mesma metodologia com o objetivo de realizar a correta execução dos experimentos.

Assim, conforme restaram algumas tarefas a serem realizadas, segue-se como trabalhos futuros a finalização da implementação do protótipo proposto no terceiro ciclo de feedback, com o objetivo de validar ou refutar as hipóteses propostas e direcionar os próximos passos do projeto, verificando os resultados financeiros obtidos com a solução, o valor percebido pelos clientes e viabilidade de instalação.

O próximo ciclo de desenvolvimento terá como objetivo verificar melhorias nos planos otimizados de irrigação, sendo necessário para isso a operação do protótipo. Outro ciclo de desenvolvimento previsto envolve melhorar a usabilidade e integração da solução na rotina dos clientes.

REFERÊNCIAS

AGSENSE, **More remote-managed irrigation than all other brands combined**, 2017. Disponível em: <<http://www.agsense.net/>> Acesso em 08/06/2017

AGSMARTS, **About us**, 2017. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/company-beta/6375409/>> Acessado em 08 de junho 2017.

ALBUQUERQUE, P. **Manejo de Irrigação**, 2010. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/imanejo.htm>. Acessado em 01 de junho de 2017.

ANA, 2106. **Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil - 2014: relatório síntese** / Agência Nacional de Águas. – Brasília.

AZEVEDO, J.A. de; SILVA, E.M. da; RESENDE, M.; GUERRA, A.F. **Aspectos sobre o manejo da irrigação por aspersão para o Cerrado**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1983a. 53p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 16).

AZEVEDO, J.A. de; SILVA, E.M. da. **Tensiômetro: dispositivo prático para controle da irrigação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 33p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 001).

AZEVEDO B.M., Carlos FERNANDES C.N.V., PINEHIRO, J.A. **Efeitos de lâminas de irrigação na cultura do feijão Vigna de cor preta**. Universidade Federal do Ceará e Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira. Agropecuária Técnica – v. 32, n. 1, 2011.

CANAZAR Y., **Como realizar um Canvas Proposta de Valor?**, 2017. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/negocios/como-realizar-um-canvas-proposta-de-valor/102469/>> Acessado em 10 de junho 2017.

CLYMA, W. (1996). **Irrigation Scheduling Revisited Historical Evaluation and Reformulation of the Concept**. In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE IN EVAPORATION AND IRRIGATION SCHEDULING, San Antonio, 1996. Resumos. San Antonio, ASAE. p.626-631.

DUTRA, A. **Metodologias de desenvolvimento de Software – Tradicionais e Clássicos**, 2014. Disponível em: < <http://alexpagernet.blogspot.com.br/2014/06/metodologias-de-desenvolvimento-de.html> >. Acessado em 05 de junho de 2017.

EME Systems. **Electrical Interface for Watermark™ or Gypsum Block Sensors**, 2002. Disponível em: <<http://www.emesystems.com/pdfs/SMX.pdf>> Acesso em 01 de julho 2017.

FOCKINCK, **Supremo – Pacote Tecnológico**, 2017. Disponível em: < <http://www.fockink.ind.br/listaprodutos/index/8/Piv%C3%B4s+de+Irriga%C3%A7%C3%A3o#abreCategoria>> Acesso em 08 de junho 2017

GARDNER, W. H. **A historical perspective on measurement of soil and plant water status**. Irrigation Science, v. 4, n.2, p. 255-264, 1988.

GUIMARÃES, V.G. **Automação e monitoramento remoto de sistema de irrigação na agricultura**, 2011. Trabalho de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Publicação FT.TG-no, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 123p.

IRRIGER, **Servicing**, 2017. Disponível em: <<http://www.irriger.com.br/en-US/servicos>> Acesso em 08 junho 2017.

KEHUI X., DEGIN X., XIWEN L. **Key Laboratory of Key Technology on Agricultural Machine and Equipment**. South China Agricultural University, Transactions of the CSAE, 2010, 26.

Kim, Y., R. G. Evans, and W. M. Iversen. 2008. **Remote sensing and control of an irrigation system using a wireless sensor network**. IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement 57(7): 1379-1387.

KRANZ, L. W., et al. **Review of Center Pivot Irrigation Control and Automation Technologies**, 2010. 5th National Decennial Irrigation Conference.

KRANZ W. L., EVANS R. G. **A Review of Center Pivot Irrigation Control and Automation Technologies**, 2010. 5th National Decennial Irrigation Conference. Phoenix, Arizona.

LIMA, L.A. **Pivô central: história e características**. 2010. Disponível em: <<https://irrigacao.blogspot.com.br/2010/02/pivo-central-historia-e-caracteristicas.html>> Acesso em 29 maio 2017.

MACHADO, V. Canvas de Proposta de Valor, o que é e como usar, 2015. Disponível em: < <http://colisoes.com.br/2015/09/canvas-da-proposta-de-valor-o-que-e-e-como-usar/>>. Acessado em 10 de maio de 2017.

MANTOVANI, E. **O futuro da agricultura irrigada no Brasil**. Disponível em: <<http://www.copasul.coop.br/noticias/o-futuro-da-agricultura-irrigada-no-brasil/452>> Acesso em 15 junho 2017.

MAURYA, A. **Why Lean Canvas vs Business Model Canvas?**. 2012. Disponível em:<<https://blog.leanstack.com/why-lean-canvas-vs-business-model-canvas-af62c0f250f0>> Acesso em 29 maio 2017.

NETO A. T. **Recomendações técnicas sobre sistemas de controle automáticos para a agricultura irrigada**, 1996. Recomendação técnica n. 5/96.

NETO J.G., **Sistemas de Irrigação para jardins e gramados**, 2017. Disponível em: <<http://www.rainbird.com.br/upload/ferramentas-de-trabalho/Artigos/Irrigacao-para-Paisagismo.pdf>> Acesso em 05 junho 2017.

NORUM, E.M. **SMART Irrigation System Controllers**, California State University, Fresno, 2009. The International Center for Water Technology.

NUNES, M. S. **Comparação de métodos via solo e via demanda evaporativa para manejo da irrigação**. Santa Maria, 2014. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração Engenharia de Água e Solo, da Universidade Federal de Santa Maria.

OSTERWALDER, A., PINGEUR, Y., 2011. **Business Model Generation – Inovação em Modelo de Negócios: um manual para visionários, inovadores e revolucionários**. Rio de Janeiro, RJ. Alta Books.

PEREIRA, A et al. **Monitoramento da irrigação por meio da tensão da água do solo**, 2006. Ponta Grossa: Editora UEPG.

PEREIRA, S. **Reflectometria no domínio do tempo na determinação do conteúdo de água no solo**, 2005. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB, DEAg/UFCG.

ROSSATO, L. **Estimativa da capacidade de armazenamento de água no solo no Brasil**. São José dos Campos, 2002. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, INPE.

SOUZA, J.L; CALHEIROS C. B. M.; SANTOS, E.A. **Evapotranspiração pelo método de Penman-Monteith representativa da região do Tabuleiro Costeiro de Alagoas**. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10, 1998, Brasília, Anais. Brasília: SBMET, 1998. CD Rom.

SILVA, A. R; VURAN, M. C. **Integration of Center Pivot Systems with Wireless Underground Sensor Networks for Autonomous Precision Agriculture**, 2010. IEEE/ACM First International Conference on Cyber-Physical Systems (ICCPS).

SIQUEIRA, A. **Persona: como e por que criar uma para sua empresa**, 2016. Disponível em: <<https://resultadosdigitais.com.br/blog/persona-o-que-e/>>. Acessado em 12 de julho de 2017.

TULLER, M.; OR, D. **Retention of water in soil and the soil Water characteristic curve**, 2003. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/251875388_Water_retention_and_characteristic_curve>. Acessado em: 01 de julho de 2017.

VALLEY, **Valley® ICONX Smart Panel**, 2017. Disponível em: <<http://www.valleyirrigation.com/valley-irrigation/us/control-technology/control-panels/iconx-smart-panel>> Acesso em 08 junho 2017.

ZIMMATIC, **Control Panels**, 2017. Disponível em: <<http://www.zimmatic.com/control-panels>> Acessado em 08 junho 2017.17.