



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

ODÍLIO COIMBRA ROCHA JÚNIOR

**DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA O MANEJO DE IRRIGAÇÃO
UTILIZANDO A FERRAMENTA “APP INVENTOR” NA PLATAFORMA
“ANDROID”**

**FORTALEZA
2015**

ODÍLIO COIMBRA ROCHA JÚNIOR

**DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA O MANEJO DE IRRIGAÇÃO
UTILIZANDO A FERRAMENTA “APP INVENTOR” NA PLATAFORMA
“ANDROID”**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de Concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Orientador: Prof. Adunias dos Santos Teixeira, PhD.

**FORTALEZA
2015**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- R571d Rocha Júnior, Odílio Coimbra.
Desenvolvimento de uma aplicativo para o manejo de irrigação utilizando a ferramenta “App inventor” na plataforma “Android”. / Odílio Coimbra Rocha Júnior. – 2015.
68 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2015.
Área de Concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.
Orientação: Prof. Dr. Adunias dos Santos Teixeira.
1. Agricultura. 2. Irrigação. 3. Smartphones. 4. Software de aplicação - desenvolvimento. I. Título.

ODÍLIO COIMBRA ROCHA JUNIOR

DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA O MANEJO DE IRRIGAÇÃO UTILIZANDO A FERRAMENTA “APP INVENTOR” NA PLATAFORMA “ANDROID”

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de Concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Aprovada em: 14/12/2015

BANCA EXAMINADORA

Prof. Adunias dos Santos Teixeira, Ph.D (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Clemilson Costa dos Santos (Co-orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Raimundo Alípio de Oliveira Leão

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Silvio Carlos Ribeiro Vieira Lima

Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará (ADECE)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo. Por toda a coragem, luz, determinação e força na escolha da direção correta a tomar e por dar-me a oportunidade de conhecer tantas pessoas boas que tem cruzado o meu caminho. Agradeço a Ele todas as vitórias e conquistas alcançadas durante a minha vida.

Aos meus pais, por me terem dado educação, valores e por me terem ensinado a andar. A meu pai (in memoriam), que onde quer que esteja, nunca deixou de me amar, nem de confiar em mim. Pai, meu amor eterno. À minha mãe (in memoriam), amor incondicional. A vocês que, muitas vezes, motivaram os meus sonhos para que eu pudesse realiza-los, partilho a alegria deste momento.

Agradeço especialmente a minha esposa Ana Rosa, meus filhos Francisco José e Odílio Neto, minhas netas Laís e Luiza, que são os maiores presentes que Deus poderia ter me dado nesta vida. Por toda felicidade, carinho, compreensão, apoio, incentivo, dedicação encontrada na minha querida família que sempre farão parte de cada vitória.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Aos professores, funcionários e colegas do Curso de Pós-Graduação de Engenharia Agrícola da UFC, em especial ao Prof.º Dr. Adunias Teixeira, pelo apoio e dedicação perante minhas dificuldades.

Aos alunos da turma do Mestrado, Doutorado e Bolsistas da Engenharia Agrícola da UFC, pela convivência sempre harmoniosa e motivadora.

“A escassez e mau uso da água doce representam sérios e crescentes problemas que ameaçam o desenvolvimento sustentável e a proteção do ambiente. Conferência internacional da água e desenvolvimento sustentável” (Dublin, Irlanda 1992)

RESUMO

A falta de um manejo adequado da irrigação por parte da maioria dos produtores instalados nos perímetros públicos irrigados no estado do Ceará é considerado como o principal fator com interferência direta na produtividade, custo de produção, qualidade dos produtos comercializados e principalmente na questão ambiental, onde o uso inadequado da água de nossos mananciais poderá comprometer seriamente nossas gerações futuras. A iniciativa de desenvolvimento de ferramentas para auxiliar o produtor a realizar um manejo de irrigação satisfatório, que seja acessível e de fácil operação é uma meta que devemos sempre definir como prioritária. Esse trabalho visa o desenvolvimento de um aplicativo para dispositivos móveis, capaz de utilizar uma base de dados própria na realização do cálculo do tempo diário de irrigação para cada cultura em uma determinada data. Foram utilizadas técnicas e ferramentas de desenvolvimento de *software*, específicas para a plataforma móvel Android. O aplicativo visa auxiliar na condução de um manejo com uso racional de água nos perímetros irrigados localizados no estado de Ceará, semiárido nordestino, mitigando a falta da assistência técnica especializada em agricultura de precisão, utilizando bancos de dados com informações necessárias para o cálculo da necessidade hídrica e posterior recomendação do tempo de irrigação. Entre os bancos de dados instalados, conta-se com as series históricas da “evapotranspiração potencial de referência” dos últimos dez anos nas regiões representativas onde se encontram implantados os oito principais perímetros irrigados do estado do Ceará: Curu-Paraipaba, Pentecostes, Baixo Acaraú, Araras Norte, Jaguaribe Apodi, Morada Nova, Tabuleiros de Russas e Icó-Lima Campos, além dos bancos de dados com informações relativas ao “coeficiente de cultivo” e “Percentual de cobertura” dos principais cultivos explorados nos perímetros. O sistema desenvolvido apresenta uma nova abordagem para o manejo da irrigação, fazendo uso da mobilidade disponível em celulares para permitir que os usuários realizem o cálculo do tempo de irrigação diário em qualquer um dos perímetros irrigados do estado do Ceará. A utilização do aplicativo em simulação para o Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, demonstrou uma redução de aproximadamente 26 % em relação a utilização atual de água na irrigação, permitindo concluir-se que o seu uso proporciona um bom manejo de irrigação e poderá resultar em uma economia de água necessária para redução dos impactos recorrentes dos longos e repetitivos períodos de estiagem sobre os recursos hídricos do estado do Ceará.

Palavras-Chave: Agricultura de precisão. Calendário de irrigação. Dispositivo móvel.

ABSTRACT

The lack of a proper irrigation management by the majority of producers in irrigated public areas in the state of Ceará is considered the main factor with direct influence on productivity, cost of production, quality of products, and especially in the environmental issue, where the inappropriate use of water from our springs could seriously compromise our future generations. The initiative in the development of tools to assist the producer to carry out a satisfactory irrigation management that is accessible and of easy operation is a goal that should always be set as a priority. This work aims to develop an application for mobile devices, able to use its own database in the realization of the daily irrigation time calculation for each crop on a certain date. Techniques and software development tools were used specifically for the Android mobile platform. The application intends to assist in conducting a management with rational use of water in irrigated areas in the state of Ceará, semi-arid northeast, mitigating the lack of technical assistance specialized in precision farming, using databases with information necessary for the calculation of the need water and subsequent irrigation time recommendation. Among the installed databases, it has historical series of "potential reference evapotranspiration" for the past ten years in representative regions where the eight main irrigation schemes of the Ceará state: Curu-Paraipaba, Pentecostes, Baixo Acaraú, Araras Norte, Jaguaribe Apodi, Morada Nova, Tabuleiros de Russas e Icó-Lima Campos are located and also databases with information on the "crop coefficient" and "coverage percentage" of major crops exploited on the perimeters. This application was developed to present a new approach to irrigation management, making use of the available mobile phones in order to allow users to perform the calculation of the daily irrigation time in any of the irrigated perimeters of the Ceará state. The use of the application in simulation for the Irrigated Perimeter Baixo Acaraú demonstrated a reduction of approximately 26% over the current use of water in irrigation, allowing its use be concluded that provides good irrigation management and could result in an economy of water required to reduce the impact of recurring long and repetitive periods of drought on water resources of the state of Ceará.

Keywords: Precision agriculture. Irrigation calendar. Mobile device.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Percentual de pessoas que tinham telefone móvel celular para uso pessoal na população de 10 anos ou mais de idade, segundo as Grandes Regiões - 2005/2011.....	25
Figura 2-	Percentual de pessoas que tinham telefone móvel celular para uso pessoal na população de 10 anos ou mais de idade, ocupada na semana de referência, segundo os grupamentos ocupacionais no trabalho principal - Brasil - 2005/2011.....	26
Figura 3-	Arquitetura da plataforma Android.....	28
Figura 4-	Página Web de desenvolvimento de aplicativos com o uso do MIT App Inventor 2.	34
Figura 5-	Página Web para download do aplicativo “MIT AI2 Companion” para testes de aplicativos criados pelo App Inventor 2.....	34
Figura 6-	Fluxograma de execução lógica do aplicativo para o cálculo do tempo de irrigação em sistemas de irrigação localizada.....	37
Figura 7-	Fluxograma de execução lógica do aplicativo para o cálculo do tempo de irrigação em sistemas de irrigação por Pivô Central.....	38
Figura 8-	Página Web do Inmet (Instituto Nacional de Meteorologia).	43
Figura 9-	Site Embrapa Agroindústria Tropical – Banco de Dados de Coeficientes de Cultivo.....	44
Figura 10-	Blocos de programação desenvolvidos para mudanças de telas no aplicativo “QUANTO IRRIGAR?”.	49
Figura 11-	Blocos de programação desenvolvidos para criação dos bancos de dados: Perímetros, Kc, ETo, Culturas e Coeficientes de cobertura aplicativo “QUANTO IRRIGAR?”.	49
Figura 12-	Blocos de programação desenvolvidos para execução dos cálculos de tempo de irrigação no aplicativo “QUANTO IRRIGAR?”.	50
Figura 13-	Tela inicial para o aplicativo.	52
Figura 14-	Tela “Cálculo” aplicativo-Irrigação Localizada.....	53
Figura 15-	Tela “Cálculo” aplicativo-Pivô Central.....	53
Figura 16-	Tela “Ajuda” para o aplicativo.....	54
Figura 17-	Tela “Créditos” aplicativo.....	54

Figura 18–	Telas do Aplicativo desenvolvido com os valores de ETo, Kc e Cobertura (%) utilizados na simulação para cálculo da demanda necessária de irrigação no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, lote de 8 ha.....	56
Figura 19–	Economia comparativa no consumo de água para irrigação no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, lote de 8 ha com utilização do aplicativo desenvolvido x uso atual.....	57
Figura 20–	Volumes atuais dos reservatórios da bacia do rio Acaraú.....	58
Figura 21–	Volume armazenado do Açude Araras (2004 – 2016).....	61
Figura 22–	Curva Cota x Volume do Açude Araras.....	62

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Dados climáticos utilizados para o cálculo da ETo média mensal para os perímetros irrigados de Jaguaribe-Apodi, Tabuleiros de Russas e Morada Nova, com a utilização do método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO..... 41
- Tabela 2** – Dados climáticos utilizados para o cálculo da ETo média mensal para o perímetro irrigado de Icó-Lima Campos, com a utilização do método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO 41
- Tabela 3** – Dados climáticos utilizados para o cálculo da ETo média mensal para os perímetros irrigados de Baixo Acaraú e Araras Norte, com a utilização do método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO 42
- Tabela 4** – Dados climáticos utilizados para o cálculo da ETo média mensal para os perímetros irrigados de Curu-Paraipaba e Pentecoste, com a utilização do método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO 42
- Tabela 5** – Valores de ETo adotados para os cálculos das necessidades diárias de irrigação nos perímetros públicos do estado do Ceará 44
- Tabela 6** – Valores de Kc adotados para os cálculos das necessidades diárias de irrigação nos perímetros públicos do estado do Ceará 46
- Tabela 7** – Cálculos simulados de demanda atual de água para irrigação no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, lote de 8 ha, segundo o manejo com tempo fixo de irrigação- Manejo do Produtor 59
- Tabela 8** – Cálculos simulados de demanda de água para irrigação no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, lote de 8 ha com utilização do aplicativo desenvolvido, QUANTO IRRIGAR? 60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agencia Nacional de Águas
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
IBGE	Instituto Brasileiro de Geodesia e Estatística
MEC	Ministério de Educação e Cultura
MIT	Massachusetts Institute of Technology
UFC	Universidade Federal do Ceará
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia
COGERH	Companhia Cearense de Gestão dos Recursos Hídricos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento
SRH	Secretaria Estadual de Recursos Hídricos
PNAS	Proceedings of the National Academy of Sciences
UNESCO	United Nations Educational,

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	HIPÓTESE	17
3	OBJETIVOS	17
3.1	Objetivos específicos	17
4	REVISÃO DE LITERATURA	18
4.1	Agricultura irrigada.	18
4.2	Manejo da irrigação.	20
4.3	Métodos de estimativa do ETo.	22
4.4	Popularização do telefone móvel no Brasil.	24
4.5	O dispositivo móvel e os sistemas operacionais.	26
4.6	Plataforma android	27
4.6.1	Open Handset Alliance (OHA)	27
4.6.2	Arquitetura da plataforma Android.....	28
4.6.3	Linux Kernel (Núcleo Linux)	29
4.6.4	Android Runtime- ART (Tempo de execução do Android)	29
4.6.5	Libraries (Bibliotecas)	29
4.6.6	Application Framework (Framework de aplicações).....	29
4.6.7	Applications (Aplicações).....	30
4.6.8	Plataforma de Criação de Aplicativos Android: “App Inventor”.	30
5	MATERIAL E MÉTODOS	33
5.1	Descrição do Aplicativo	35
5.2	Os Requisitos do Aplicativo	35
5.2.1	Os requisitos funcionais considerados	35
5.2.2	Os requisitos não funcionais considerados	36
5.3	Fluxograma de Execução lógica	37
5.3.1	Dados Seleccionados de uma lista	38
5.3.2	Dados apresentados em tela originários de banco de dados do aplicativo.....	39
5.3.3	Dados de entrada manual para o cálculo do tempo de irrigação localizada ..	46

5.3.4	Cálculo do Tempo de Irrigação em Irrigação Localizada.....	47
5.3.5	Dados de entrada manual para o cálculo do tempo de irrigação no sistema de irrigação por Pivô Central	48
5.4	Blocos de programação.....	49
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
6.1	O Aplicativo Desenvolvido	51
6.2	Telas do aplicativo.....	51
6.3	Simulação do aplicativo para um ciclo de cultivo.....	55
6.3.1	Metodologia	55
6.3.2	Resultados	57
7	CONCLUSÃO	63
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	64
	REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

A evolução da irrigação nos últimos anos introduziu uma série de inovações tecnológicas que possibilitam aos produtores controlar de forma mais adequada e automatizada a aplicação da água. Isto se traduz em um processo mais eficiente, permitindo manejar com maior precisão as demandas hídricas das culturas, possibilitando aumentos importantes na quantidade e melhorias da qualidade dos produtos explorados. Para irrigar satisfatoriamente, o consumo de água das culturas deve ser bem quantificado, pois, irrigações insuficientes e frequentes, repõem água apenas na superfície do solo, não umedecendo toda a zona das raízes. Irrigações excessivas também são prejudiciais, pois acarretam perda de água e de nutrientes por percolação abaixo da zona das raízes. Nesse contexto, é fundamental a decisão correta de quando irrigar e quanto de água aplicar em cada irrigação.

O Relatório publicado pelo Programa Mundial de Avaliação dos Recursos Hídricos (*World Water Assessment Programme*), liderado pela UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) por meio da UN-Water (inter-agency entity of the United Nations) mecanismo interagencial das Nações Unidas para assuntos relacionados à água e questões de saneamento, informa que até 2030, o planeta enfrentará um déficit de água de 40%, a menos que seja melhorada dramaticamente a gestão desse recurso precioso.

De acordo com o estudo de Arjen Y. Hoekstra (**A pegada hídrica da humanidade**, *National Academy of Sciences*, Vol. 109 - (Dez/2011)), criador da pegada hídrica, indicador que mede o uso direto e indireto (não entendi essa notação?) da água doce para se obter um produto alimentício ou qualquer outro bem consumível, publicado no periódico científico *Proceedings of the National Academy of Sciences* (PNAS), uma pessoa consome em média 4.000 litros, de água por dia, incluindo toda a água necessária para a produção de alimentos e bens de consumo.

Arjen Y. Hoekstra afirma que a agricultura, nos moldes de hoje, consome 92% da água no planeta, o que transforma a produção de alimentos e outros produtos em algo insustentável.

Os dados fornecidos pelo “Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil” elaborado em 2013 pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2013) mostram o

balanço da situação e da gestão das águas no Brasil e apresentam as seguintes informações:

Chuvas: a precipitação média anual (histórico de 1961-2007) no Brasil é de 1.761 mm, variando de 500 mm no semiárido do Nordeste a mais de 3.000 mm na Amazônia.

Água doce superficial: apesar de o Brasil possuir 13% da água doce disponível do planeta, a distribuição é desigual.

Água doce subterrânea: A reserva subterrânea potencial explorável no Brasil (disponibilidade hídrica subterrânea) é de 11.430 m³/s.

Reservatórios: O Brasil possui 3.607 m³ por habitante de volume máximo disponível para armazenamento de água. Os 254 principais reservatórios do Nordeste com capacidade igual ou superior a 10 hm³, sofreram um decréscimo de 20,31% no volume de armazenamento em 2012, por causa dos baixos índices de chuvas;

Demandas: Verificou-se que em 2010, em comparação com 2006, houve aumento de cerca de 29% da vazão de retirada total de águas dos rios, passando de 1.842 m³/s para 2.373m³/s, principalmente devido à irrigação, que passou de 866 m³/s para 1.270 m³/s (47% do total).

Irrigação: segundo a FAO, o Brasil está entre os quatro países com maior área potencial para irrigação. A área irrigada projetada para 2012 foi de 5,8 milhões de hectares ou 19,6% do potencial nacional de 29,6 milhões de hectares;

Indústria: é o terceiro maior uso do País em termos de vazão de retirada dos rios e o quarto em consumo;

Hidroeletricidade: Segundo a Aneel, o País possui 1.061 empreendimentos hidrelétricos, sendo 407 centrais de geração hidrelétrica (CGH), 452 pequenas centrais hidrelétricas (PCH) e 205 usinas hidrelétricas (UHE). A hidroeletricidade representa 70% de toda a capacidade instalada.

O uso de sistemas de manejo e monitoramento da irrigação permitem adequar a gestão da irrigação à demanda climática e considerar a influência de outros fatores como o solo sobre a demanda das culturas.

As recentes inovações na eletrônica têm favorecido diversas áreas, incluindo a meteorologia e a agricultura, tornando possível o monitoramento automático de vários processos, em tempo real, com grande precisão e acurácia, tanto no processo de medida como na utilização.

Dentre as inovações na eletrônica, encontramos a utilização de dispositivos móveis com seus diversos sistemas operacionais e aplicativos, destacando-se entre eles o sistema operacional Android.

Android é um sistema operacional baseado no núcleo do Linux para dispositivos móveis, desenvolvido pela *Open Handset Alliance*, liderada pela Google e outras empresas. Segundo a Google, mais de um milhão e 300 mil aparelhos com este sistema operacional são ativados todos os dias, utilizados por vários fabricantes de celulares como: HTC, Samsung, Sony, Motorola, LG e recentemente a Positivo Informática (Referência).

2 HIPÓTESE

Aplicativos para smartphones podem ser utilizados como ferramentas auxiliares viáveis no manejo do sistema de irrigação.

3 OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa foi desenvolver um sistema na plataforma de programação Android que permita efetuar o cálculo do tempo de irrigação e que seja acessível ao homem do campo.

3.1 Objetivos específicos

- a) Utilização de uma plataforma de desenvolvimento de programação Android;
- b) Selecionar as estações meteorológicas representativas para os perímetros irrigados;
- c) Coletar dados das estações meteorológicas selecionadas;
- d) Testar e avaliar o algoritmo e a sua usabilidade, e
- e) Simular, para um ciclo de cultivo, o calendário de irrigação, comparando-o com o manejo tradicional.

4 REVISÃO DE LITERATURA

Neste tópico são descritos alguns processos importantes para execução deste trabalho obtidos na literatura. Entre os temas estão: A água na agricultura, Manejo de irrigação, Popularização do telefone móvel no Brasil, O uso de aplicativos no celular e Programando com App Inventor.

4.1 Agricultura irrigada.

A expansão da agricultura irrigada se tornará uma questão preocupante devido ao elevado consumo e às restrições de disponibilidade de água. Em nível mundial, a expansão da área agrícola sem irrigação é restrita pela dificuldade de se encontrar solos que não apresentem riscos ambientais e até mesmo pela inexistência de solos aptos. Para a agricultura irrigada, a expansão da área no mundo torna-se mais difícil devido às restrições de disponibilidade de recursos hídricos, às mudanças climáticas, às dificuldades econômicas e à degradação dos solos (Paz et al., 2000). Sendo assim, o manejo de irrigação deve ser considerado prática importante para o uso racional deste recurso, evitando desperdícios e otimizando a produção agrícola. Além disso, conservar os recursos hídricos contribui para a sustentabilidade do meio produtivo e minimiza os danos causados ao meio ambiente.

O setor que mais consome é também o que mais desperdiça água doce no Brasil. A agropecuária usa 70% da água no país, porém quase metade desse montante é jogada fora. As estimativas são do Fundo das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), apresentadas no documento “**Rumo a um futuro de segurança hídrica e alimentar**”, no Fórum Mundial da Água (12-17 de abril) em Roma (<https://www.fao.org.br/2050eavpmasams.asp>). Entre os motivos do desperdício estão irrigações mal executadas e falta de controle do agricultor na quantidade usada em lavouras e no processamento dos produtos. Os impactos recaem sobre o ecossistema, já que lençóis freáticos e rios sofrem com a falta de chuvas e correm o risco de secar ao longo dos anos.

O último levantamento do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS) do Ministério das Cidades “Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos de 2013” publicado em dezembro de 2014, mostrou que a média de consumo

diário de água de cada brasileiro é de 150 litros, o que resulta em um consumo médio anual de 10,4 trilhões de litros no país. Desse total, pouco mais de 7 trilhões são destinados à agricultura, que acaba desperdiçando cerca de 3 trilhões de litros de água.

A irrigação é uma prática que beneficia o aumento da produção de alimentos, fixa o homem no campo, gera empregos diretos e indiretos e contribui para o crescimento econômico. A irrigação quando não praticada corretamente ocasiona prejuízos ao ambiente, dentre os quais se destacam a salinização dos solos, a captação excessiva de água de mananciais e a lixiviação de solutos. Segundo Folegatti et al. (2003), o excesso da irrigação geralmente reduz a produtividade e a qualidade da produção, podendo provocar crescimento excessivo da planta, retardamento da maturação dos frutos, lixiviação dos nutrientes solúveis, queda de flores, maior ocorrência de doenças e distúrbios fisiológicos, maiores gastos com energia e o desgaste do sistema de irrigação.

A grande quantidade de água requerida para a prática da irrigação, o decréscimo de sua disponibilidade e o alto custo da energia necessária à sua aplicação têm aumentado o interesse pela racionalização desse recurso, de forma a minimizar as suas perdas (Azevedo et al., 1999; Freitag, 2007), pois apesar do alto consumo de água, a agricultura irrigada constitui uma forma eficiente de produzir alimento.

A água é um insumo fundamental para o desenvolvimento das plantas, para qualquer tipo de sistema de produção. A extensão de seu efeito no crescimento das raízes e da planta, como um todo, depende de como é aplicada, da permeabilidade do solo regularmente umedecido, das condições físicas relacionadas ao movimento da água para a planta, além da interação entre estes fatores e a necessidade hídrica da planta nos diferentes estágios fenológicos (Albuquerque & Durães, 2008).

Atualmente, a escassez de água afeta mais de 40% da população mundial, uma percentagem que alcançará os 2/3 em 2050. Esta situação deve-se em grande parte a um consumo excessivo de água para a produção alimentar e agrícola. Por exemplo, em grandes zonas da Ásia meridional e oriental, no Meio Oriente, Norte de África e América Central e do Norte, é usada mais água subterrânea do que a que pode ser repostada naturalmente. (FAO - “Rumo a um futuro de segurança hídrica e alimentar”, Roma – 2015) formato ABNT.

A Irrigação é uma técnica muito utilizada e que, em algumas regiões do globo terrestre, concorre diretamente com a indústria e abastecimento público pelo uso da água,

tornando-se motivo de preocupação, pois o volume utilizado é demasiadamente grande (Chopart et. al., 2007; Queiroz et. al., 2008) As datas das referências não correspondem.

De acordo com Calzadilla et al. (2010), a agricultura irrigada se destaca dentre os diversos usos dos recursos água e solo, pois apesar de todos os benefícios econômicos e sociais a ela associados, demanda grande quantidade de água, com aproximadamente 70% da água doce consumida no planeta, além de muitas de suas práticas preconizarem o uso excessivo de produtos que podem contaminar o solo e as próprias fontes de água, inviabilizando seus usos para as futuras gerações. Assim, a constante diminuição da qualidade e da disponibilidade dos recursos hídricos tem se tornado cada vez mais agravante. (apud, Irineu Pedro de Sousa Andrade, 2013, UFRRJ)

4.2 Manejo da irrigação.

O manejo inadequado da cadeia da irrigação ocorre por uma causa mais cultural do que técnica (Queiroz, 2007) Não consta nas referências. Culturalmente, o produtor rural irriga em excesso com receio de que a planta sofra algum estresse hídrico. Conseqüentemente, esta atitude irá propiciar perdas de água e de nutrientes pela lixiviação abaixo da zona radicular, além de contribuir para a criação de um ambiente favorável à proliferação de microrganismos patogênicos. Em contrapartida, em irrigações com déficit, a lâmina de água atingirá apenas as camadas superficiais do solo, diminuindo a reserva hídrica na zona radicular, o que prejudica o crescimento de raízes.

Payero et al. (2006) ao avaliar comparativamente as diferentes parcelas experimentais de irrigação no estado do Nebraska (EUA), observaram uma grande perda de água no manejo de irrigação realizado pelos próprios agricultores em comparação aos resultados observados em sua pesquisa, ocorrendo perdas significativas de água tanto por escoamento superficial quanto por percolação profunda.

Como resultados, Payero et al. (2006), concluíram que existe uma relação entre a produtividade e a disponibilidade de água para as culturas. Os resultados indicaram que a evaporação foi responsável por cerca de 1/3 da evapotranspiração, o que indica que as tecnologias para minimizar a evaporação devem ser desenvolvidas e implementadas. Como resultado, também indicaram que tentar aumentar a disponibilidade de água das culturas através do aumento da profundidade molhada no

solo pode não ser uma estratégia benéfica nas condições do estudo, acarretando no aumento das perdas por percolação.

Quanto ao manejo da irrigação, Silveira et al. (2009) distinguem três tipos: os fatores climáticos; na disponibilidade de água do solo e água disponível nas plantas. Pode-se conjugar da irrigação com base em dados da atmosfera e do solo, uma vez que os métodos de controle são por estimativas e não de precisão, o que somente será possível com utilização de medição real realizada por equipamentos de medição de umidade instalados no solo, obtendo-se informações instantâneas, determinando o momento exato de retornar e parar a irrigação.

Silveira et al. (2009), exaltam que o manejo da irrigação é uma técnica que tem por objetivo gerenciar a quantidade de água a ser aplicada à planta, reduzindo ao máximo as perdas desde a captação até a aplicação na zona das raízes. Tal técnica envolve diversos conceitos, abordando aspectos físicos e químicos do solo, como também biológicos e climáticos, adotando um conjunto de procedimentos que visa a atender às necessidades hídricas da cultura, propiciando o desenvolvimento e a máxima produtividade.

O manejo da irrigação pode ser conduzido de duas formas: com turno de rega fixo e com turno de rega variável. No turno de rega fixo, as irrigações são programadas para acontecerem em determinados dias da semana e, o operador do sistema terá que conhecer o déficit hídrico do solo para programar o equipamento para aplicar a lâmina líquida que vai fazer com que a umidade do solo volte à “capacidade de campo”. Para definir a lâmina líquida, ele precisa conhecer o quanto a planta evapotranspirou entre a irrigação anterior e a próxima, o que pode ser feito: estimando-se a evapotranspiração da cultura; determinando-se a umidade atual do solo; ou, ainda, por medidas de água na planta. Nas três situações, são necessários equipamentos de medição e cálculos, além da calibração prévia dos equipamentos para as condições locais de produção. O manejo também pode ser conduzido com o turno de rega variável. Nesse caso, o produtor vai programar seu equipamento de irrigação para operar quando o valor do teor mínimo de água no solo, previamente determinado, for atingido. Nesse momento, tem-se o valor da quantidade de água que a planta retirou do solo e, portanto, essa é a lâmina de água que deve ser repostada ao solo pela irrigação. O valor da lâmina a ser aplicada varia com o desenvolvimento da cultura e com a profundidade efetiva do sistema radicular.

O manejo adequado da irrigação torna-se cada vez mais necessário, sendo potencializado com a melhoria da uniformidade de distribuição e da eficiência de uso da água (ALVES JUNIOR, 2010). Segundo o autor, a água captada pelo dossel das culturas irrigadas por aspersão são de grande relevância, podendo influir significativamente na eficiência de aplicação de água na irrigação, e que o bom planejamento, a perfeita operação do sistema e o eficiente manejo da irrigação são os pontos principais para a melhoria do uso eficiente da água.

Para um bom manejo da irrigação deve-se considerar o número máximo possível de variáveis, respeitando aspectos como qualidade da água, tipo de solo, tipo de cultura, entre outros.

Variações da umidade do solo devem ser mantidas dentro de limites que favoreçam a absorção de água e nutrientes pelas plantas, bem como a aeração e a atividade microbiana, indispensável à decomposição da matéria orgânica e à estruturação do solo, Marouelli et al., (2011 Apud Irineu Pedro de Sousa Andrade, 2013).

Carvalho e Oliveira (2012) enfatizam que o uso correto da água de irrigação consiste em utilizá-la racionalmente, na medida certa e no momento mais adequado. Segundo os autores, a identificação de “quando e quanto” irrigar constitui a base de um manejo de irrigação, não sendo uma tarefa fácil, por exigir o acompanhamento diário da cultura no campo, possibilitando a identificação da real necessidade hídrica do cultivo. A etapa do manejo da irrigação envolve tomada de decisão e é, portanto, de extrema importância para o uso racional dos recursos hídricos.

4.3 Métodos de estimativa do ETo.

Dentre os métodos de estimativa da ETo, os mais precisos são aqueles fundamentados nos processos físicos da evaporação da água e da evapotranspiração da cultura de referência (grama), como é o caso dos métodos do tanque classe A (TCA) e de Penman-Monteith (PM), respectivamente (SILVA; BARRETO, 2004).

O método de PM é considerado padrão pela FAO, para cálculo de ETo (ALLEN et al., 1998). Na sua utilização, são empregados dados de temperatura (T), umidade relativa do ar (UR), radiação solar (Rs) e velocidade do vento (V). No método do TCA, a ETo é calculada multiplicando-se os valores diários da evaporação do tanque por um coeficiente Kp, função das características de implantação do tanque como a

constituição e a espessura da bordadura ao redor do tanque, da velocidade do vento e da umidade relativa do ar. Este método é de uso bastante generalizado, inclusive no Brasil, em virtude de seu custo relativamente baixo e fácil manejo (BRAGA et al., 2008).

O conhecimento da demanda evapotranspirativa da cultura é decisivo para obtenção de produções satisfatórias (KISI, 2010). Sendo essa demanda possível de determinação a partir do método descrito por Allen et al. (1998), no qual, a evapotranspiração de referencia (ET_o) é um dos parâmetros envolvidos, e que segundo Bernardo et al. (2006) pode ser obtida de forma direta (lisimetria e controle da umidade do solo) ou indireta (estimada por meio de equações e evaporímetros).

Este modelo, no entanto, apesar da sua excelente exatidão, apresenta um inconveniente de ordem prática: envolve inúmeros cálculos, que segundo Ortega (2009) não consta nas referências e Conceição (2010) não consta nas referências, são decorrentes principalmente da quantidade de elementos climatológicos requeridos. Neste sentido, o artifício computacional foi sempre uma solução imediata apresentada por pesquisadores como Fox Jr. et al. (1992), Smith (1992), Boss (1996), Silva et al. (2005) e FAO (2009), desenvolvedores de *software* para o cálculo da ET_o.

As limitações de cada *software*, todavia, tanto em termos de dados solicitados, idioma, plataforma ou ambiente de desenvolvimento e rolagem, dados de saída, interação e praticidade, faz do desenvolvimento destes aplicativos, uma eterna tarefa na busca por ferramentas cada vez mais completas e práticas.

Silva e Bracht (2010), por exemplo, desenvolveram um aplicativo para o cálculo do balanço hídrico do solo para funcionar em aparelhos celulares, plataforma Android, o qual possibilita a obtenção de dados online. O aplicativo por eles desenvolvido, acessa a internet através da rede de telefonia e recupera informações fornecidas por estações meteorológicas, desde de que estas estações estejam ligadas a internet e possuam métodos de recuperação de seus dados. No entanto esse aplicativo necessita de aparelhos mais sofisticados que possuam GPS e acesso à internet para seu funcionamento, o que torna inadequado quando tratamos de pequenos produtores agrícolas, muitas vezes com suas áreas localizadas em lugares ermos sem acesso a sinal de telefonia, muito menos de internet.

Diversas estações meteorológicas do país disponibilizam seus dados online, podendo ter periodicidade horária, semanal ou quinzenal. No entanto, devido a características de equipamentos e *software*, esses dados são disponibilizados com

variações nas unidades ou de variáveis climatológicas em si. Dados como radiação solar global, nebulosidade e insolação, dentre outros, são facultados entre as estações. Essas variações dificultam o uso dos dados, podendo constituir erros potenciais em interpretação e convenções.

Na área agrícola, percebe-se a utilização de sistemas de monitoramento tradicionais para otimização de processos de controle/manejo de irrigação. A maioria dos sistemas agrícolas não se aproveita do leque de benefícios da tecnologia da informação, e tão menos da utilização dessa tecnologia aplicada em dispositivos celulares. Nesse sentido, a utilização de tecnologias acessíveis, de baixo custo, fácil aplicação e popularizada como os aplicativos desenvolvidos para os dispositivos celulares aplicáveis para o controle de irrigação, poderá contribuir para irrigações mais eficazes e menos dispendiosas para os proprietários agrícolas, técnicos, engenheiros dessa área e outros agentes.

4.4 Popularização do telefone móvel no Brasil.

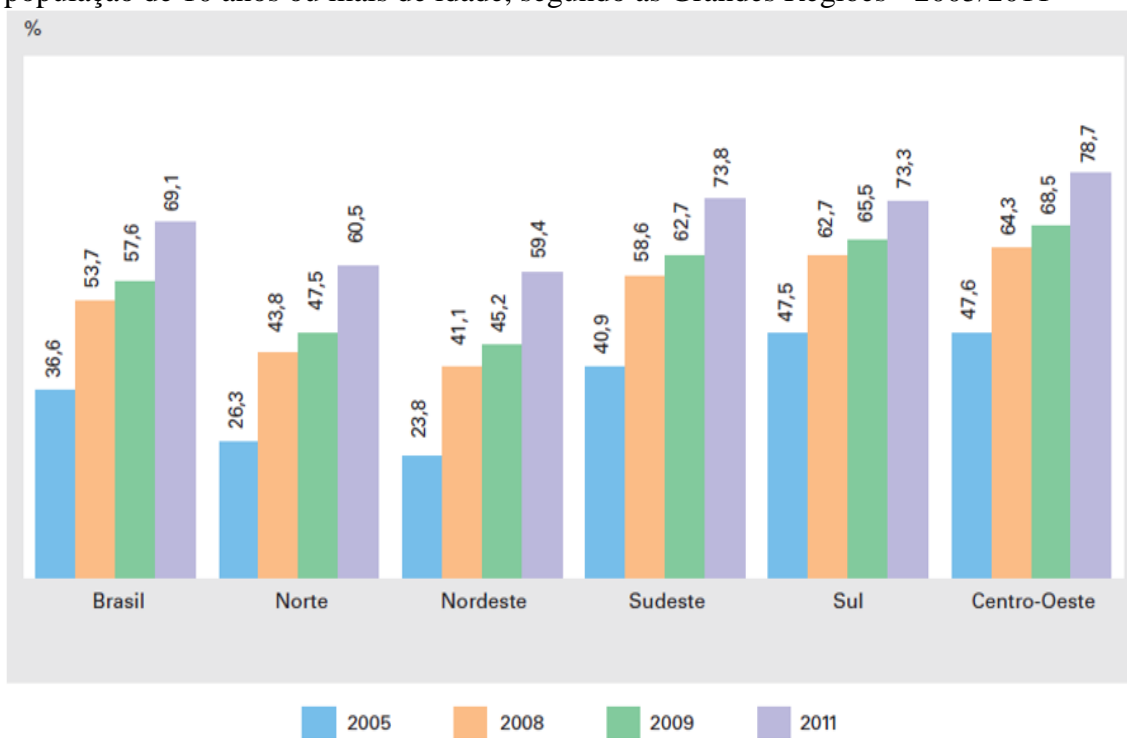
O uso da telefonia celular cresce a cada dia em todas as partes do mundo, quer seja para trabalho, estudo, entretenimento ou para outras tantas atividades comuns do dia a dia. A União Internacional de Telecomunicações, UIT, anunciou que no mês de maio de 2015, o número de celulares em uso no mundo passou de 7 bilhões. Segundo a agência da ONU, em 2000 o número de aparelhos celulares era de 738 milhões. O relatório da UIT mostrou também que atualmente 3,2 bilhões de pessoas no mundo têm acesso à internet, sendo a maioria nos países em desenvolvimento.

Conforme o IBGE, a posse de telefone móvel celular para uso pessoal, no Brasil, mostrou-se mais difundida na população, sendo que 79,4% de pessoas com 10 anos ou mais de idade possuíam telefone móvel celular em 2011.

De acordo com o IBGE, de 2005 para 2011, o crescimento foi de 107,2% no País (59,7 milhões de pessoas a mais). Três Grandes Regiões apresentaram aumento menor do que 100% no contingente de pessoas que tinham telefone móvel celular: Região Sul, 66,7% (7,1 milhões de pessoas); Região Centro-Oeste, 88,1% (4,6 milhões de pessoas); e Sudeste, 95,8% (25,8 milhões de pessoas). Acima de 100%, o aumento ocorreu na região Nordeste com crescimento de 174,3% (17,2 milhões) - o maior aumento entre todas as Grandes Regiões - seguida da região Norte, com crescimento de 166,7%

(5,0 milhões de pessoas). O incremento supracitado no uso de telefonia móvel no Brasil e em suas regiões pode ser conferido na Figura 1.

Figura 1 - Percentual de pessoas que tinham telefone móvel celular para uso pessoal na população de 10 anos ou mais de idade, segundo as Grandes Regiões - 2005/2011

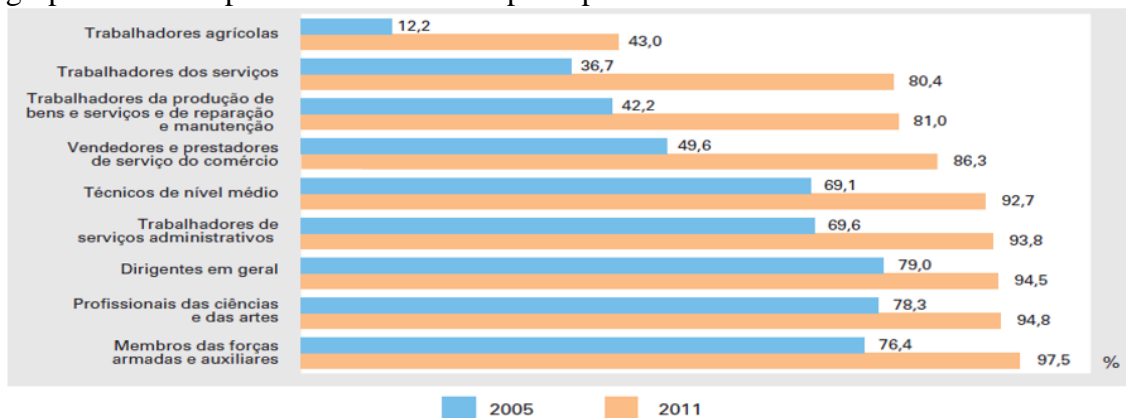


Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de trabalho e Rendimentos, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2005/2011.

Os estudos realizados pelo IBGE também constataram que a relação entre a posse de telefone móvel celular e os grupamentos ocupacionais, em 2011, mostrou percentuais significativos entre os trabalhadores agrícolas, com 43,0%, ou seja, menos da metade deles possuía esse tipo de aparelho. Frente a 2005, os maiores crescimentos nos percentuais de pessoas que tinham telefone móvel celular foram observados entre os trabalhadores agrícolas (de 12,2%, em 2005, para 43,0%, em 2011) e entre os trabalhadores dos serviços (de 36,7%, em 2005, para 80,4%, em 2011), que aumentaram seus percentuais mais que o dobro no período, conforme pode ser verificado na Figura 2.

Verifica-se um aumento de 352% no uso de celulares entre os trabalhadores agrícolas no período de 2005 a 2011, demonstrando crescimento vertiginoso.

Figura 2 - Percentual de pessoas que tinham telefone móvel celular para uso pessoal na população de 10 anos ou mais de idade, ocupada na semana de referência, segundo os grupamentos ocupacionais no trabalho principal - Brasil - 2005/2011



Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de trabalho e Rendimentos, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2005/2011

4.5 O dispositivo móvel e os sistemas operacionais.

Vários são os sistemas operacionais competindo entre si por uma parcela do mercado consumidor de dispositivos móveis. Segundo Aquino (2007, p. 3) “a escolha de uma plataforma ideal para o desenvolvimento de um projeto significa optar por uma solução que forneça os melhores benefícios, em termos de custos, eficiência e tempo de desenvolvimento esperados para a finalização do projeto”.

Segundo Morimoto (2009), os principais sistemas operacionais existentes para *smartphones* no mercado são o *PalmOS* da *Palm Inc.*, o *Windows Mobile* da *Microsoft*, o *Symbian OS* da *Psion*, o *BlackBerry OS* da empresa canadense *Research In Motion*, o *iPhone OS* da *Apple* e o *Android* da *Google Inc*

Um dos motivos mais claros para esta grande diversificação de empresas investindo no setor de mobilidade é a demanda que o consumidor faz por comodidade e aumento de produtividade. Quando o usuário utiliza um só equipamento com todas as funcionalidades de que ele necessita em seu dia-a-dia, seja na vida pessoal ou na profissional, sua produtividade é aumentada graças ao ganho com tempo de acesso e manuseio de dados, além de gerar mais comodidade no armazenamento e deslocamento dos mesmos.

O fator conectividade também é essencial na decisão de usar ou não um dispositivo móvel. Lecheta (2010) afirma que as empresas buscam ferramentas modernas e ágeis para desenvolverem soluções corporativas, visando o aumento do lucro, enquanto o usuário comum deseja um celular com *design* elegante e moderno e que seja fácil de utilizar, possuindo diversas aplicações a favor de seu entretenimento e lazer.

Com tantas opções e características próprias a disposição do consumidor no mercado, faz-se necessário definir um sistema operacional a ser trabalhado. Assim, para efeito deste trabalho, o sistema operacional escolhido foi o Android, o sistema da empresa *Google Inc.* por ser um sistema operacional baseado em linux que faz uso da linguagem java para desenvolvimento de aplicativos. Criado em 2003, atualmente é o sistema operacional móvel mais utilizado no mundo. Por ser de “Código-fonte Aberto”, uma grande quantidade de empresas como Samsung, LG, Motorola, entre outras, fazem uso do seu sistema, sendo utilizada por toda faixa etária e econômica dos usuários.

4.6 Plataforma android

A plataforma Android é baseada no *kernel 2.6* do já conhecido sistema operacional Linux3 e oferece aos desenvolvedores “(...) um ambiente de desenvolvimento bastante poderoso, ousado e flexível.” (LECHETA, 2010, p. 19).

A característica sobre a plataforma Android, de ser livre e de código-fonte aberto, promove a evolução e o melhoramento da plataforma, pois seu desenvolvimento pode ser feito por muitos programadores ao redor do mundo, promovendo rapidez nas correções de falhas existentes na plataforma.

Apesar de ter o código-fonte aberto e livre para o uso de qualquer um, a plataforma é mantida oficialmente por um grupo de empresas de tecnologias que centraliza os esforços de divulgação do Android para a comunidade de desenvolvedores e para os consumidores. Esta aliança é conhecida pelo nome *Open Handset Alliance*.

4.6.1 Open Handset Alliance (OHA)

Este grupo é composto por grandes empresas do ramo de tecnologia e telefonia lideradas pelo *Google*. O objetivo desta aliança é “(...) definir uma plataforma única e aberta para celulares visando à satisfação dos consumidores com o produto final.”

(LECHETA, 2010, p. 21). Os membros são compostos por organizações de diversos países. No *site* da OHA (<http://www.openhandsetalliance.com>) é possível encontrar os nomes dos membros da aliança divididos por área de mercado em que atuam.

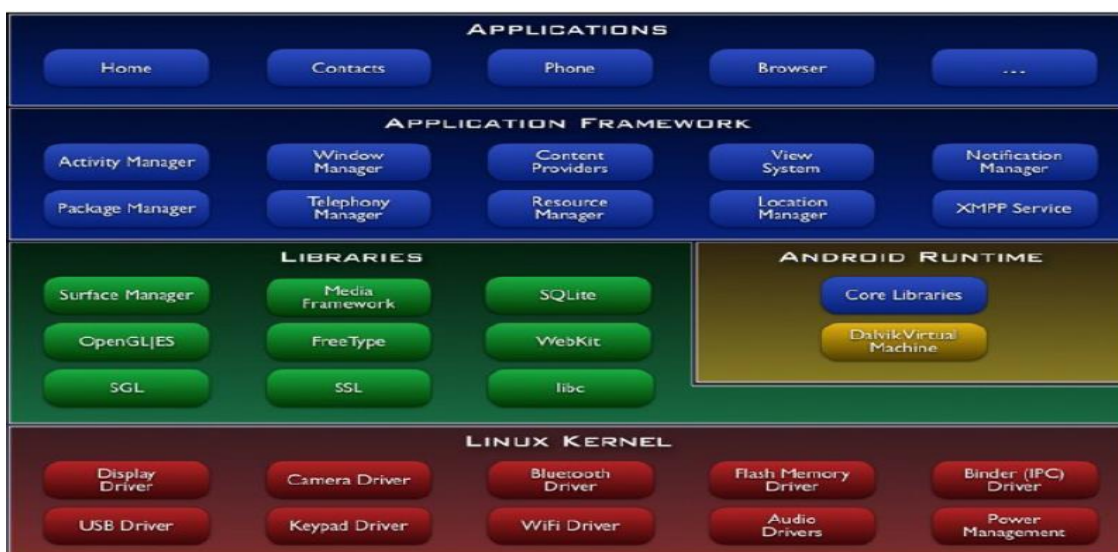
A OHA também afirma em seu site que o Android foi desenvolvido a partir do zero para que ele fosse a primeira plataforma aberta, completa e livre criada especificamente para ser utilizado em dispositivos móveis.

4.6.2 Arquitetura da plataforma Android

A plataforma do Android possui vários módulos necessários para uma boa execução dos seus aplicativos. Cada parte é responsável por algumas atividades específicas de controle e execução dos recursos dos dispositivos móveis e dos acessos ao sistema operacional. Esses módulos gerenciam o modo de trabalho da plataforma. De acordo com Frank Ableson (2008), *designer de software* da IBM, a plataforma é mais bem descrita como uma pilha, devido ao fato dela ser um conjunto empilhado de componentes.

Na Figura 3 está apresentada a arquitetura da plataforma Android. Os módulos vão desde núcleo do sistema até as aplicações de interação com o usuário.

Figura 3 - Arquitetura da plataforma Android



Fonte: <http://www.linhadecodigo.com.br>

4.6.3 Linux Kernel (Núcleo Linux)

O Android foi baseado na versão 2.6 do núcleo do Linux e ele “(...) é responsável por gerenciar a memória, os processos, *threads* e a segurança dos arquivos e pastas, além de redes e *drivers*.” (LECHETA, 2010, p. 23). O núcleo também provê uma camada de abstração entre o *hardware* do dispositivo e as pilhas de requisições às operações do sistema.

Como núcleo Linux, possui codificação bem desenvolvida, pois está no mercado há vários anos, o Android apresenta grande estabilidade de funcionamento

4.6.4 Android Runtime- ART (Tempo de execução do Android)

De acordo com RETo Meier (2010), o Android *Runtime* é a engrenagem que se encarrega de fornecer funções para as aplicações desenvolvidas e, junto com as bibliotecas, constituir base para a estrutura dessas aplicações. É a parte do sistema que executa a plataforma do Android no dispositivo móvel.

4.6.5 Libraries (Bibliotecas)

As *libraries*, que em português significa bibliotecas, são formadas pelo conjunto de arquivos de códigos que fornecem ao desenvolvedor as funções e a possibilidade de comunicar o aplicativo que está sendo criado com os recursos existentes no sistema. Um exemplo é a biblioteca gráfica *OpenGL/ES* que dá a possibilidade de criar aplicações usando uma interface gráfica para interação entre o usuário e o sistema operacional. Esse conjunto de bibliotecas presente na estrutura da plataforma Android fornece grande parte das bibliotecas disponíveis para a linguagem Java, usada para o desenvolvimento, bem como provê as bibliotecas específicas para Android.

4.6.6 Application Framework (Framework de aplicações)

Algumas aplicações possuem partes de códigos parecidas. Para que não seja gerado retrabalho é possível utilizar o *framework* de aplicações para reutilizar funções de outras aplicações.

Segundo Meier (2010), o *framework* disponibiliza uma abstração genérica para facilitar o acesso ao *hardware* e o gerenciamento da interface com o usuário. A abstração também possibilita ao desenvolvedor utilizar os recursos dos dispositivos de forma mais simples.

4.6.7 Applications (Aplicações)

O sistema do Android fornece também para seus usuários um conjunto de aplicações básicas e de uso geral que são pré-instaladas no dispositivo. Posteriormente, este módulo passa a gerenciar também a comunicação entre futuras aplicações que forem instaladas no Android e o núcleo do sistema. Uma característica importante dessa camada é que “ela é executada, juntamente com o Android *Runtime*, usando as classes e serviços disponíveis pelo *framework* de aplicações” 7 (MEIER, 2010, p. 14).

4.6.8 Plataforma de Criação de Aplicativos Android: “App Inventor”.

O App Inventor é uma plataforma para criação de aplicativos Android, baseada na web, que provê uma interface visual com o objetivo de permitir ao usuário, mesmo sem um profundo conhecimento de codificação, a construção de aplicativos Android. O App Inventor é um exemplo do conceito PaaS (Platform as a Service/Plataforma como serviço) da Computação Distribuída, pois a plataforma é oferecida como um serviço e está disponível para uso, bastando apenas que o usuário tenha um computador conectado à internet e um browser. (ARTUR GALENO, TAYNÁ GONÇALVES, DEZ 2013)

Inicialmente desenvolvido pelo professor Hal Abelson e uma equipe da Google Educação enquanto Hal estava em sabático na Google, o App Inventor funciona como um serviço Web administrado pela equipe do Centro do MIT para Mobile Learning - uma colaboração de Ciência da Computação do MIT e Artificial Intelligence Laboratory (CSAIL) e do MIT Media Lab. Inventor MIT App suporta uma comunidade mundial de quase dois milhões de usuários, representando 195 países em todo o mundo. Mais de 85 mil usuários semanais ativos da ferramenta já construiu mais de 4,7 milhões de aplicativos para Android. Uma ferramenta de código aberto que visa tornar tanto a programação e a

criação de aplicativos acessíveis a um público que deseja uma ferramenta de fácil uso e ampla utilização. (<http://www.jovemengenhario.com.br/app-inventor>)

A plataforma é dividida em duas partes: App Inventor Designer, para a construção da interface gráfica da aplicação, e o AppInventorBlock Editor, para associar ações aos componentes da interface. (<http://appinventor.mit.edu/explore/>).

A primeira versão *trial* do App Inventor foi lançada em Julho de 2010, apenas por convite. E a versão pública foi lançada em Dezembro de 2010. Inicialmente a plataforma pertencia e era mantida pela Google, que abriu mão do projeto em 2011. Atualmente o App Inventor é mantido pelo MIT (Massachusetts Institute of Technology). Para desenvolver o App Inventor, a Google se baseou em pesquisas anteriores em computação educacional e na experiência anterior da empresa em desenvolvimento em ambientes computacionais online. (Prof. Sylvio Silveira Santos, 2013).

O App Inventor utiliza um editor baseado em blocos que é feito a partir da biblioteca OpenBlocks para Java, a qual é distribuída pelo STEP (SchellerTeacher Education Program) do MIT. O STEP é fruto da dissertação de mestrado de Ricarose Roque e é distribuída sob a licença de software livre do MIT. (<http://appinventor.mit.edu/explore/>).

App Inventor aplica o conceito de Computação Móvel nas Nuvens, sendo um paradigma em que determinada tarefa é executada via Internet (por isso o termo Nuvem), como por exemplo, edição de texto (Google Docs), armazenamento de arquivos (Dropbox), e o próprio AppInventor, que permite a edição de um aplicativo. (ARTUR GALENO, TAYNÁ GONÇALVES, DEZ 2013).

Quando essa tecnologia surgiu, vislumbrava-se que, em determinado momento, os computadores pessoais não iriam precisar de mais nada instalado ou armazenado localmente. Seria necessário apenas o acesso à internet para que os serviços fossem acessados remotamente. Dessa maneira os computadores iriam precisar de menos potência, e, somente do monitor e dos periféricos, pois todas as aplicações seriam executadas no servidor. Outra grande vantagem permitida pela tecnologia é o acesso a partir de qualquer local, tendo em vista as condições ideais. Dessa maneira, o usuário não fica preso a uma plataforma e nem a apenas uma máquina. (ARTUR GALENO, TAYNÁ GONÇALVES, DEZ 2013).

Atualmente a computação nas nuvens esbarrou em alguns problemas, como a questão da segurança na internet e da estabilidade e velocidade da conexão. Ainda

assim, a tecnologia se mostra estabilizada no mercado e com aceitabilidade perante os usuários. (<http://www-01.ibm.com/software/br/security>).

Em relação à computação móvel, o App Inventor aplica seus princípios, pois permite a descentralização do desenvolvimento, a diversificação da plataforma de desenvolvimento, a necessidade de conectividade constante para utilização e a simplicidade para o usuário. (<https://cloud.google.com/solutions/mobile>).

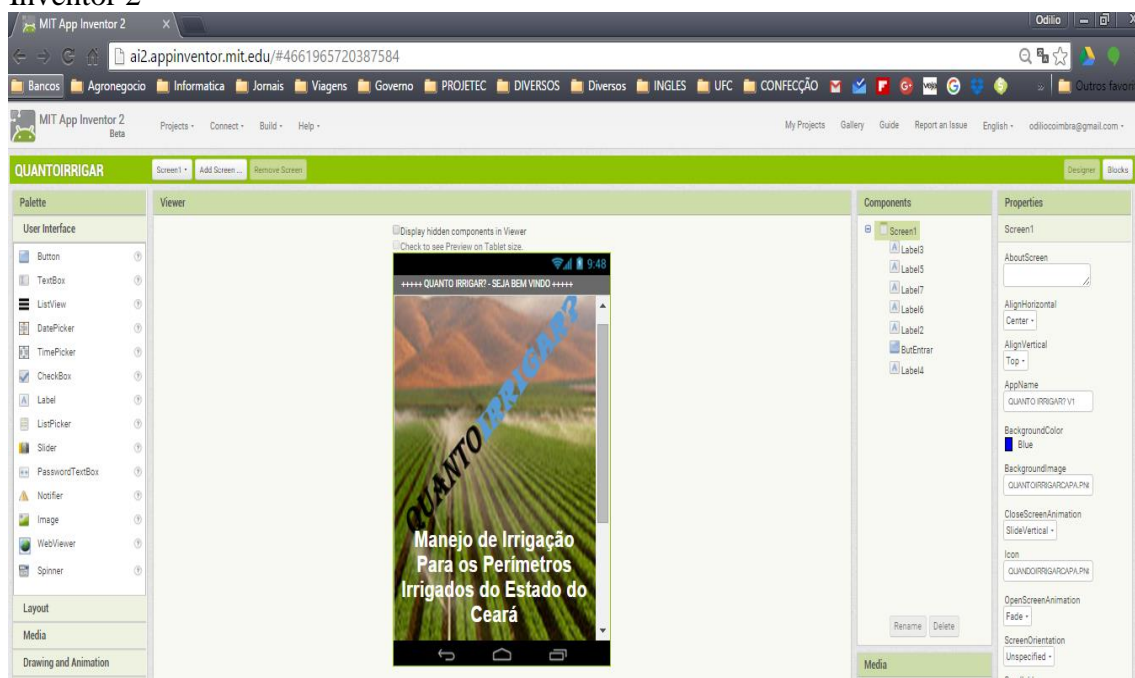
5 MATERIAL E MÉTODOS

A ferramenta de apoio ao manejo da irrigação aqui desenvolvida foi denominada de “Quanto Irrigar?”. O “Quanto Irrigar?” é uma das três perguntas básicas da irrigação: O que irrigar? Como irrigar? e Quanto Irrigar? O aplicativo reflete a facilidade e objetividade em definir a quantidade de água a ser aplicada em uma irrigação, levando em consideração o tempo diário de irrigação calculado com base nas informações referentes ao sistema implantado, ou seja, o manejo da água nas áreas agrícolas, a resposta ao “Quanto Irrigar?”.

O aplicativo foi criado utilizando-se a ferramenta desenvolvida pelo MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) denominada de App Inventor, Versão 2, Beta. É uma ferramenta de programação baseada em blocos acessível aos novatos em programação e criação de aplicativos para dispositivos Android. Na figura 4 observa-se a página principal da Web para desenvolvimento de aplicativos utilizando a ferramenta App Inventor 2.

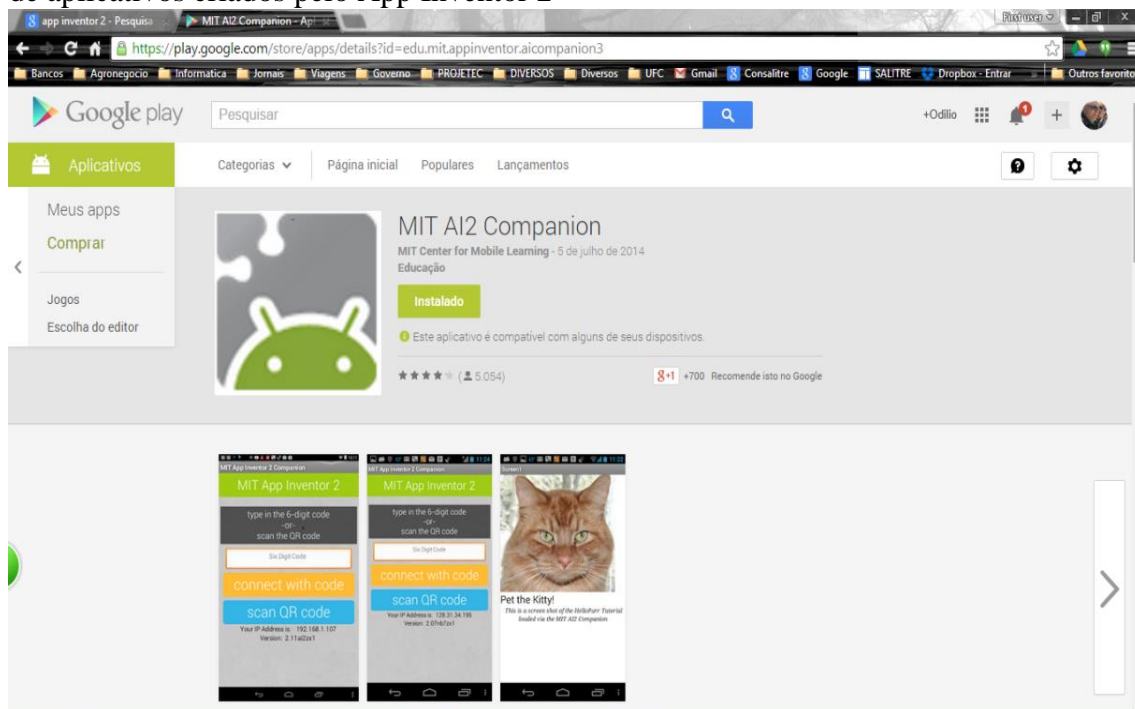
Para testar o aplicativo foi utilizada a ferramenta MIT EA2 Companion, também desenvolvida pelo MIT para dispositivos móveis que utilizam a plataforma Android. Esta ferramenta conecta por meio de bluETooth o dispositivo móvel com o computador, permitindo o desenvolvimento dos aplicativos Android fazendo uso do MIT App Inventor Versão 2, Beta. Na Figura 5, observa-se a página de download da ferramenta MIT AI2.

Figura 4 - Pagina Web de desenvolvimento de aplicativos com o uso do MIT App Inventor 2



Fonte: <http://ai2.appinventor.mit.edu>.

Figura 5 - Página Web para download do aplicativo “MIT AI2 Companion” para testes de aplicativos criados pelo App Inventor 2



Fonte: MIT AI2 Companion.

5.1 Descrição do Aplicativo

Este aplicativo é destinado a agricultores que possuem lotes nos perímetros públicos de irrigação no estado do Ceará. Os seguintes dados de entrada do aplicativo: espaçamento do sistema de irrigação são; vazão do emissor; mês de plantio; o perímetro irrigado; cultivo e precipitação ocorrida no dia anterior. Como saída, tem-se a informação do tempo de irrigação. Todos os dados solicitados são de fácil conhecimento pelo agricultor, dispensando a presença de um técnico especializado.

O manejo de irrigação com a ajuda do aplicativo consiste em propiciar o tempo de irrigação para um determinado cultivo em horas por setor irrigado no lote, pois o aplicativo utiliza dados médios de clima incluídos no seu banco de dados, realizando o balanço de água no solo. A evapotranspiração da cultura (ET_c) é calculada de acordo com os dados climatológicos médios fornecidos pelas estações pluviométricas monitoradas pelo **INMET** – Instituto Nacional de Meteorologia, representativas de cada Perímetro Irrigado, aplicando a equação de Penman-Montieth para o cálculo do ET_o e o produto K_c * ET_o para o cálculo de ET_c.

5.2 Os Requisitos do Aplicativo

Os requisitos do “Quanto Irrigar?” decorrem dos requisitos funcionais e não funcionais para atender ao adequado uso do aplicativo para determinação do tempo de irrigação.

5.2.1 Os requisitos funcionais considerados são:

RF01 – Informar o K_c do Cultivo;

RF02 – Informar o Coeficiente de Cobertura do Cultivo (%);

RF03 – Informar a ET_o Média no Perímetro Irrigado na data informada;

RF04– Calcular o Tempo de Irrigação em horas para o dia da consulta e o próximo;

RF05- Alterar K_c, Coeficiente de Cobertura do Cultivo (%).

a) RF01-Informar o K_c do Cultivo.

Este requisito consiste na apresentação, na tela do telefone celular, do valor do Kc referente ao cultivo selecionado e utilizado nos cálculos para determinação do tempo de irrigação;

- b) RF02 – Informar o Coeficiente de Cobertura do Cultivo (%).

Este requisito consiste na apresentação, na tela do telefone celular, do valor do Coeficiente de cobertura (%) do cultivo selecionado e utilizado nos cálculos para determinação do tempo de irrigação;

- c) RF03 – Informar a ETo Média no Perímetro Irrigado na data informada.

Este requisito consiste na apresentação, na tela do telefone celular, do valor da ETo referente à região do Perímetro Irrigado selecionado e utilizado nos cálculos para determinação do tempo de irrigação;

- d) RF04– Calcular o Tempo de Irrigação em horas para o dia da consulta e para o próximo dia.

Nesse requisito o agricultor poderá visualizar o tempo de irrigação de sua área ou setor informado.

- e) RF05- Alterar kr, Coeficiente de Cobertura do Cultivo (%).

Valores do coeficiente de cultivo (Kc) e da profundidade do sistema radicular (z) poderão ser alteradas pelo agricultor de acordo com a fase do ciclo vegetativo da cultura.

5.2.2 Os requisitos não funcionais considerados são:

RNF01-Portabilidade.

RNF02 - Usabilidade

a) RNF01-Portabilidade.

O aplicativo foi desenvolvido de maneira que ele funcione em todo celular com plataforma Android.

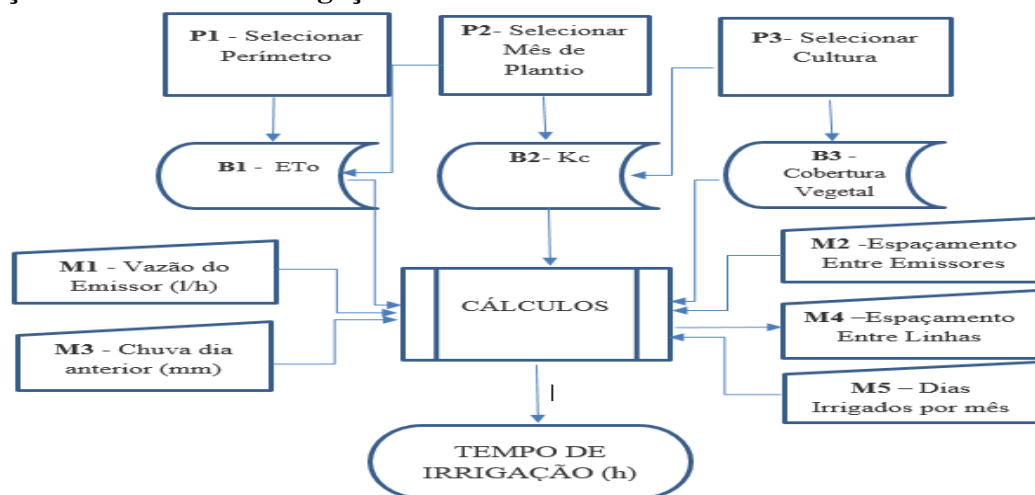
b) RNF02 – Usabilidade

É a plataforma móvel mais popular no mundo, em maior número de aparelhos nas mais variadas classes sociais, além de mais de 600 mil aplicativos e jogos, milhões de músicas e livros, e milhares de filmes, acessados a partir de sua loja de aplicativos, a Google Play.

5.3 Fluxograma de Execução lógica

Nas Figuras 6 e 7 são apresentados os fluxogramas de execução da lógica de entrada de dados para a definição do tempo de irrigação localizada e sistema de irrigação por pivô central, seguindo esses passos, cuja sequencia possibilita a captura e apresentação das informações armazenadas no banco de dados interno e, conjuntamente com os dados de entrada fornecidos manualmente, efetuar uma operação pré-definida, resultando no tempo de irrigação.

Figura 6- Fluxograma de execução lógica do aplicativo para o cálculo do tempo de irrigação em sistemas de irrigação localizada



Fonte: Autor.

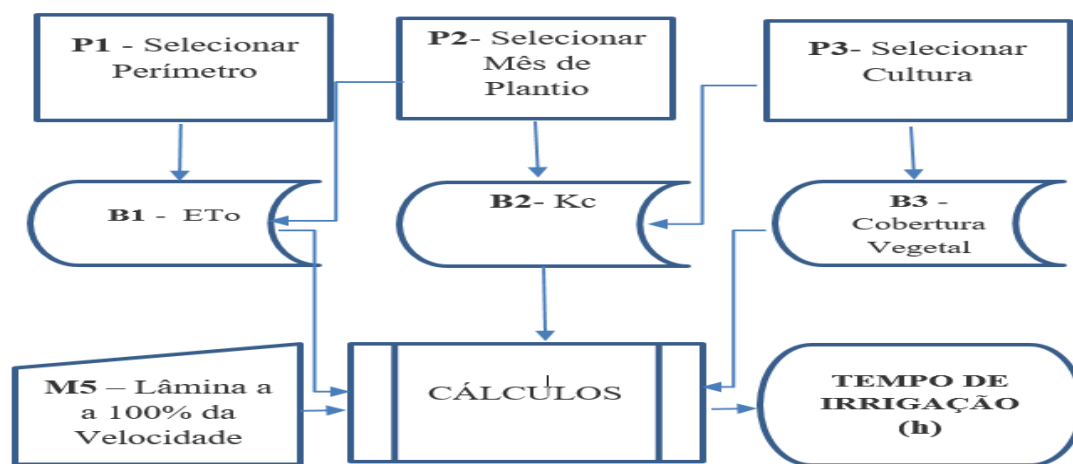
Onde:

P1, P2 e P3 – Listas de opções para seleção de dados pelo usuário.

B1, B2 e B3 – Bancos de dados existentes no aplicativo.

M1, M2, M3, M4 e M5– Dados inseridos pelo usuário.

Figura 7- Fluxograma de execução lógica do aplicativo para o cálculo do tempo de irrigação em sistemas de irrigação por Pivô Central



Fonte: Autor.

Onde:

P1, P2 e P3 – Listas de opções para seleção de dados pelo usuário.

B1, B2 e B3 – Bancos de dados existentes no aplicativo.

M5 – Dado inserido pelo usuário

5.3.1 Dados Selecionados de uma lista

a) P1 – Selecionar Perímetro.

Está disponível uma lista com o nome dos oito principais perímetros irrigados no estado do Ceará: Araras Norte, Baixo Acaraú, Curu-Paraipaba, Icó-Lima Campos, Jaguaribe Apodi, Morada Nova e Pentecoste. O usuário selecionará aquele em que seu lote está situado.

b) P2 – Selecionar mês de plantio.

Está disponível uma lista em que constarão os meses do ano para que o produtor selecione aquele de implantação do seu cultivo.

c) P3 – Selecionar culturas.

Existe uma lista que possibilita ao produtor selecionar o seu cultivo e o estágio de desenvolvimento em que se encontra a cultura.

5.3.2 Dados apresentados em tela originários de banco de dados do aplicativo.

O aplicativo possui bancos de dados internos com informações técnicas básicas para o cálculo do tempo de irrigação, entre eles:

a) B1 – ETo.

O Banco de dados com informações da ETo foi elaborado a partir de informações meteorológicas disponibilizadas no site do Inmet (Instituto Nacional de Meteorologia - <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesConvencionais>) para as estações representativas dos Perímetro Irrigados do Estado do Ceará, ficando assim distribuídas:

- Estação Meteorológica de Sobral: Perímetros Irrigados de Araras Norte e Baixo Acaraú;
- Estação Meteorológica de Fortaleza: Perímetro Irrigado do Curu-Paraipaba e Pentecoste;
- Estação Meteorológica de Iguatu: Perímetro Irrigado Icó-Lima Campos, e
- Estação Meteorológica de Morada Nova: Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodi e Tabuleiros de Russas.

Com o objetivo de calcular a quantidade de água para irrigação mais próxima da realidade atual, trabalhou-se com informações meteorológicas dos anos de 2007 a

2014, anos atípicos, porém, refletem as variações climáticas na região que poderão repetir-se ou não.

Para o cálculo da evapotranspiração média mensal em cada uma das estações meteorológica selecionada, utilizou-se a “**PLANILHA PARA CÁLCULO DIÁRIO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PELO MÉTODO DE PENMAN-MONTEITH PARAMETRIZADO PELA FAO**” (Fonte: Conceição, Embrapa-2004).

Segundo Conceição (2004), a evapotranspiração de referência (ET_o) é um valor indicativo da demanda evapotranspirativa da atmosfera de um local (Pereira et al., 2002) e serve de base, entre outros, para o manejo da irrigação das diferentes culturas. A estimativa de ET_o pode ser feita empregando-se vários métodos. O método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO é considerado, atualmente, como padrão, devido ao seu bom desempenho em relação às determinações experimentais realizadas em diversos locais do mundo (Allen et al., 1998).

Para a utilização desse método faz-se necessária a determinação do saldo de radiação (R_n); do fluxo de calor no solo (G); das temperaturas máxima (T_{max}), mínima (T_{min}) e média (T_{med}) do ar; da umidade relativa do ar (UR); e da velocidade do vento a 2,0m de altura (V). (1).

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(Rn-G) + \gamma \frac{900}{(t_{med} + 273)} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + (1 + 0,34u_2)} \quad (1)$$

onde, ET_o = evapotranspiração de referência [mm dia⁻¹]; R_n = saldo de radiação [MJ m⁻² dia⁻¹]; G = densidade do fluxo de calor no solo [MJ m⁻² dia⁻¹]; t = temperatura do ar média diária a 2 m de altura [°C]; u₂ = velocidade do vento a 2 m de altura [m s⁻¹]; e_s = pressão do vapor de saturação [kPa]; e_a = pressão do vapor atual [kPa]; Δ = declividade da curva de pressão do vapor [kPa °C⁻¹]; e, γ = constante psicrométrica [kPa °C⁻¹].

Nas Tabelas de 1 a 4, são apresentados os dados climáticos utilizados para o cálculo do **ET_o** mensal de cada uma das estações climatológica selecionada pelo método de Penman-Monteith parametrizado pela **FAO**.

Tabela 1 – Dados climáticos utilizados para o cálculo da ETo média mensal para os perímetros irrigados de Jaguaribe-Apodi, Tabuleiros de Russas e Morada Nova, com a utilização do método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO

CÁLCULO ETO - PENMAN-MONTEITH PARAMETRIZADO PELA FAO - PERÍMETRO JAGUARIBE APODI/TAB. RUSSAS/MORADA NOVA - ESTAÇÃO INMET :MORADA NOVA - CE (OMM: 82588)							
LATITUDE(º)	5,11	ALT (m)	43,62				
MÊS	Tmed (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	UR (%)	Vv (m s-1)	n (horas)	ETo (mm)
JANEIRO	28,73	34,70	22,77	22,78	3,05	7,84	7,84
FEVEREIRO	27,00	32,55	21,45	23,27	2,36	6,68	6,55
MARÇO	27,19	32,10	22,27	23,72	1,85	7,58	6,06
ABRIL	27,39	32,01	22,78	21,74	2,22	8,03	6,67
MAIO	27,29	32,55	22,02	22,02	2,60	8,62	7,21
JUNHO	27,36	33,65	21,06	21,28	3,06	9,32	7,89
JULHO	27,66	34,88	20,44	21,23	2,54	10,06	7,44
AGOSTO	28,50	36,04	20,97	20,68	2,28	9,70	7,20
SETEMBRO	29,12	36,71	21,54	20,79	2,18	10,36	7,26
OUTUBRO	29,56	36,87	22,25	21,95	1,98	9,64	6,92
NOVEMBRO	29,99	36,64	23,35	22,34	1,59	10,07	6,48
DEZEMBRO	28,44	31,73	25,16	23,10	3,65	9,24	8,67

Fonte: Autor.

Tabela 2 – Dados climáticos utilizados para o cálculo da ETo média mensal para o perímetro irrigado de Icó-Lima Campos, com a utilização do método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO

CÁLCULO ETO - PENMAN-MONTEITH PARAMETRIZADO PELA FAO - PERÍMETRO ICÓ-LIMA CAMPOS - ESTAÇÃO INMET : IGUATU - CE (OMM: 82686)							
LATITUDE(º)	6,36	ALT (m)	217,67				
MÊS	Tmed (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	UR (%)	Vv (m s-1)	n (horas)	ETo (mm)
JANEIRO	29,05	34,93	23,18	75,87	2,68	7,51	4,99
FEVEREIRO	27,35	32,21	22,49	74,58	2,24	6,03	4,39
MARÇO	26,82	31,42	22,23	84,10	1,95	7,43	4,25
ABRIL	26,81	31,57	22,04	85,47	1,59	8,11	4,37
MAIO	26,79	31,80	21,78	83,17	1,97	8,34	4,50
JUNHO	26,33	32,10	20,56	75,73	2,57	8,82	4,90
JULHO	26,80	33,53	20,08	56,27	3,65	8,81	6,34
AGOSTO	27,94	35,00	20,88	51,55	2,67	9,86	6,45
SETEMBRO	28,58	35,35	21,82	43,26	3,24	10,29	7,42
OUTUBRO	30,41	36,82	24,00	44,47	3,29	9,35	7,57
NOVEMBRO	30,33	36,96	23,69	51,23	3,12	8,77	6,95
DEZEMBRO	30,10	36,66	23,54	74,48	3,65	9,24	5,87

Fonte: Autor.

Tabela 3 – Dados climáticos utilizados para o cálculo da ETo média mensal para os perímetros irrigados de Baixo Acaraú e Araras Norte, com a utilização do método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO

CÁLCULO ETO - PENMAN-MONTEITH PARAMETRIZADO PELA FAO - PERÍMETRO BAIXO ACARAU/ARARAS NORTE - ESTAÇÃO INMET: SOBRAL - CE (OMM: 82392)							
LATITUDE(º)	3,00	ALT (m)	20,00				
MÊS	Tmed (ºC)	Tmax (ºC)	Tmin (ºC)	UR (%)	Vv (m s-1)	n (horas)	ETo (mm)
JANEIRO	28,90	34,80	23,00	68,90	1,34	6,61	4,52
FEVEREIRO	26,75	30,70	22,80	86,49	0,87	4,23	3,29
MARÇO	26,25	30,00	22,50	88,27	0,88	5,55	3,56
ABRIL	26,95	31,00	22,90	87,52	0,72	6,20	3,80
MAIO	26,60	31,40	21,80	83,09	0,84	6,53	3,91
JUNHO	26,40	32,10	20,70	73,65	0,86	7,08	4,13
JULHO	27,70	34,80	20,60	60,13	0,98	8,47	4,78
AGOSTO	28,95	36,50	21,40	58,81	1,74	9,03	5,55
SETEMBRO	29,45	37,00	21,90	56,12	2,34	9,97	6,28
OUTUBRO	29,80	37,10	22,50	56,90	1,91	9,41	5,91
NOVEMBRO	29,92	36,80	23,04	56,64	1,94	8,86	5,84
DEZEMBRO	29,85	36,30	23,40	57,92	2,96	8,41	6,30

Fonte: Autor.

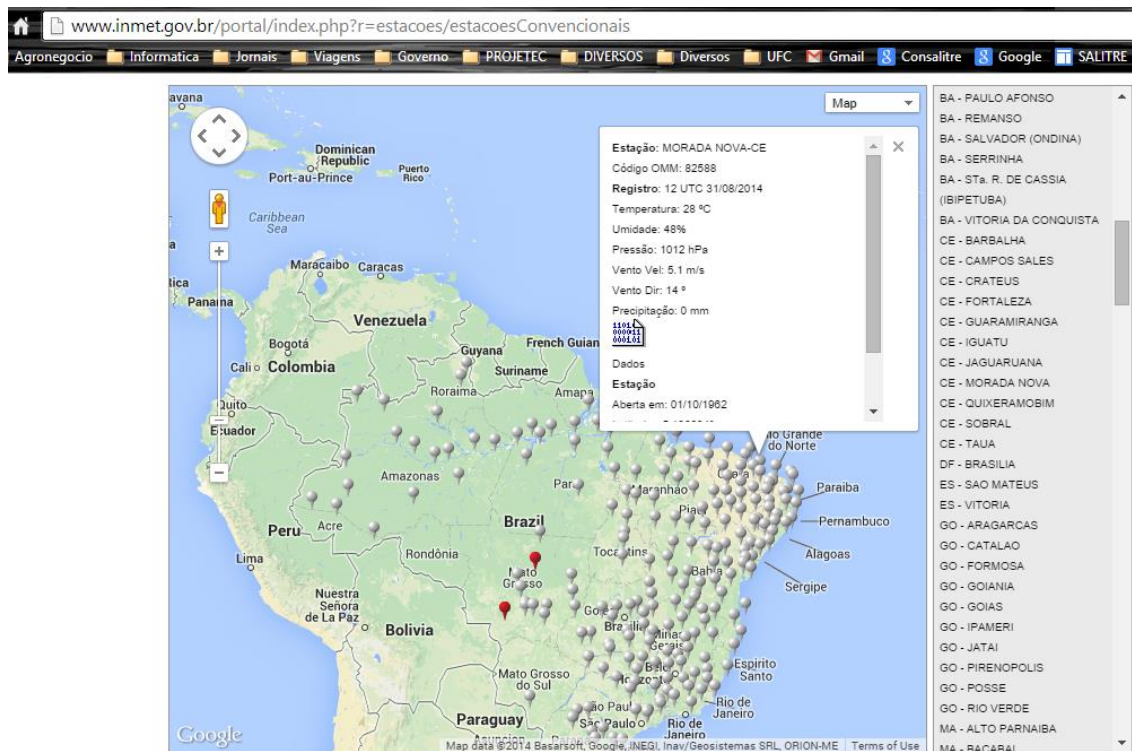
Tabela 4 – Dados climáticos utilizados para o cálculo da ETo média mensal para os perímetros irrigados de Curu-Paraipaba e Pentecoste, com a utilização do método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO

CÁLCULO ETO - PENMAN-MONTEITH PARAMETRIZADO PELA FAO - PERÍMETRO CURU-PARAIPABA/PENTECOSTE - ESTAÇÃO INMET : FORTALEZA - CE (OMM: 82397)							
LATITUDE(º)	3,81	ALT (m)	26,45				
MÊS	Tmed (ºC)	Tmax (ºC)	Tmin (ºC)	UR (%)	Vv (m s-1)	n (horas)	ETo (mm)
JANEIRO	27,79	31,26	24,33	77,34	2,45	7,57	4,72
FEVEREIRO	26,98	29,98	23,98	84,64	1,97	4,33	3,52
MARÇO	26,67	29,84	23,50	86,85	1,73	3,86	3,28
ABRIL	26,94	30,15	23,73	85,60	1,85	4,68	3,56
MAIO	27,15	30,54	23,76	83,60	2,04	6,51	4,10
JUNHO	26,69	30,11	23,27	81,66	2,22	8,00	4,48
JULHO	26,72	30,58	22,85	76,95	2,84	9,17	5,02
AGOSTO	26,91	30,71	23,10	74,06	3,25	9,43	5,32
SETEMBRO	27,51	31,38	23,64	71,57	3,58	10,02	5,76
OUTUBRO	28,18	31,62	24,75	71,72	4,13	9,55	5,89
NOVEMBRO	28,24	31,80	24,69	72,69	3,81	9,83	5,83
DEZEMBRO	28,44	31,73	25,16	74,48	3,65	9,24	5,59

Fonte: Autor.

Observa-se, na Figura 8, a imagem da página Web do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Figura 8 - Página Web do Inmet (Instituto Nacional de Meteorologia)



Fonte: <http://www.inmet.gov.br/portal/>.

Apresentam-se na Tabela 5, os valores de ETo adotados para o cálculo das necessidades de irrigação diária para os perímetro públicos de irrigação no Ceará a partir das informações utilizadas do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

b) B2 – Kc.

O Banco de dados com informações do valor do Kc dos cultivos foi em sua grande parte extraído do banco de dados da Embrapa Agroindústria Tropical disponibilizada no site: http://www.cnpat.embrapa.br/publicacoes/kc/index_a.php, conforme apresentado na Figura 9.

Tabela 5 – Valores de ETo adotados para os cálculos das necessidades diárias de irrigação nos perímetros públicos do estado do Ceará

MES	ETO PERIMETROS - MÁXIMAS 2007 - 2014 - (mm/mes)							
	ARARAS	ICO-LIMA CAMPOS	BAIXO ACARAU	TAB. RUSSAS	MORADA NOVA	JAGUARIBE APODI	CURU PARAIPABA	PENTECOSTE
JANEIRO	4,52	4,99	4,52	7,84	7,84	7,84	4,72	4,72
FEVEREIRO	3,29	4,39	3,29	6,55	6,55	6,55	3,52	3,52
MARÇO	3,56	4,25	3,56	6,06	6,06	6,06	3,28	3,28
ABRIL	3,80	4,37	3,80	6,67	6,67	6,67	3,56	3,56
MAIO	3,91	4,50	3,91	7,21	7,21	7,21	4,10	4,10
JUNHO	4,13	4,90	4,13	7,89	7,89	7,89	4,48	4,48
JULHO	4,78	6,34	4,78	7,44	7,44	7,44	5,02	5,02
AGOSTO	5,55	6,45	5,55	7,20	7,20	7,20	5,32	5,32
SETEMBRO	6,28	7,42	6,28	7,26	7,26	7,26	5,76	5,76
OUTUBRO	5,91	7,57	5,91	6,92	6,92	6,92	5,89	5,89
NOVEMBRO	5,84	6,95	5,84	6,48	6,48	6,48	5,83	5,83
DEZEMBRO	6,30	5,87	6,30	8,67	8,67	8,67	5,59	5,59

Fonte: Autor.

Figura 9– Site Embrapa Agroindústria Tropical – Banco de Dados de Coeficientes de Cultivo

www.cnpat.embrapa.br/publicacoes/kc/index_a.php

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Embrapa
Agroindústria Tropical

Coeficientes de Cultivo - Banco de Dados

Selecione a cultura:

Voltar

Coeficiente de cultivo para ACEROLA

Kc(Fase 1)	DAP*	Kc(Fase 2)	DAP*	Kc(Fase 3)	DAP*	Kc(Fase 4)	DAP*
0.73	30	0.88	31-60	1	61-120	1.39	121-180

Método:
Local: Fortaleza-CE
Autor: Martins Neto (1997)

Observação:
ACEROLA

Fonte: http://www.cnpat.embrapa.br/publicacoes/kc/index_a.php

Na **Tabela 6**, observam-se os valores adotados para K_c nos cálculos da necessidade hídrica diária para os perímetros irrigados do estado Ceará.

c) B3 – Cobertura vegetal (%).

O Banco de dados com informações referentes ao Coeficiente de Cobertura Vegetal dos Cultivos foi calculado conforme a equação (2) e (3):

c.1) Cálculo da Fração de Solo Sombreado (C_s)

$$C_s = \frac{A}{E_p \times E_f} \quad (2)$$

Onde:

C_s = Fração da superfície do solo sombreada;

A = Área da copa, em m^2 ;

E_p = Espaçamento entre plantas, em metros;

E_f = Espaçamento entre fileiras, em metros.

c.2) Cálculo do Coeficiente de redução da evapotranspiração (K_r).

Foi adotada a metodologia proposta por Keller & Karmeli (1975), onde:

$$\begin{aligned} K_r &= C_s / 0,85 \text{ se } C_s < 0,85 \\ \text{ou} \\ K_r &= 1,0, \text{ se } C_s = 0,85 \end{aligned} \quad (3)$$

Devendo-se adotar sempre o menor valor ou um (Vermeiren & Jobling, 1997).

Tabela 6 – Valores de Kc adotados para os cálculos das necessidades diárias de irrigação nos perímetros públicos do estado do Ceará

CULTIVOS	FASES DE DESENVOLVIMENTO	KC	CULTIVOS	FASES DE DESENVOLVIMENTO	KC	CULTIVOS	FASES DE DESENVOLVIMENTO	KC
MANGA	1º ANO	0,40	BANANA	NA FRUTIFICAÇÃO	0,90	CEBOLA	DE 116 A 135 DIAS	0,75
MANGA	2º ANO	0,45	BANANA	NA COLHEITA	1,10	PIMENTÃO	DE 0 - 30 DIAS	0,40
MANGA	3º ANO	0,50	MAMÃO	ATÉ 120 DIAS	0,80	PIMENTÃO	DE 31 - 70 DIAS	0,70
MANGA	4º ANO E DEMAIS	0,65	MAMÃO	DE 120 A 240 DIAS	1,00	PIMENTÃO	DE 71 - 85 DIAS	1,05
MANGA	APOS 40 DIAS FLORACÃO	0,80	MAMÃO	DE 240 A 360 DIAS	1,10	PIMENTÃO	DE 85 A 135 DIAS	0,85
MANGA	APOS 90 DIAS FLORACÃO	0,95	MAMÃO	APOS 360 DIAS	0,85	TOMATE	DE 0 - 7 DIAS	0,45
MANGA	APOS 120 DIAS FLORACÃO	1,00	MAMÃO	NA FRUTIFICAÇÃO	1,00	TOMATE	DE 8 - 32 DIAS	0,40
MANGA	APOS 145 DIAS FLORACÃO	0,80	MAMÃO	NA COLHEITA	1,10	TOMATE	DE 32 - 87 DIAS	0,95
COCO	1º ANO	0,65	MARACUJÁ	1º TRIMESTRE	0,60	TOMATE	DE 88 A 115 DIAS	0,70
COCO	2º ANO	0,85	MARACUJÁ	2º TRIMESTRE	0,90	SORGO	DE 0 A 30 DIAS	0,40
COCO	3º ANO E DEMAIS ANOS	1,00	MARACUJÁ	3º TRIMESTRE	1,00	SORGO	DE 31 A 60 DIAS	1,00
GOIABA	ATÉ 120 DIAS	0,35	MARACUJÁ	4º TRIMESTRE	1,10	SORGO	DE 61 A 90 DIAS	0,85
GOIABA	DE 120 A 150 DIAS	0,50	MELÃO	DE 0 - 22 DIAS	0,20	MILHO	DE 0 A 30 DIAS	0,70
GOIABA	COM MAIS DE 120 DIAS	0,85	MELÃO	DE 23 - 40 DIAS	0,60	MILHO	DE 31 A 60 DIAS	1,10
GOIABA	APÓS PODA ATÉ 60 DIAS	0,65	MELÃO	DE 41 - 58 DIAS	0,80	MILHO	DE 61 A 90 DIAS	0,95
GOIABA	REPOUSO - ATÉ 90 DIAS	0,55	MELÃO	DE 42 A 68 DIAS	0,40	CAPIM DE CORTE	DE 0 A 90 DIAS	0,40
GOIABA	PRODUÇÃO ATE NOVA PODA	0,65	MELANCIA	DE 0 - 23 DIAS	0,18	CAPIM DE CORTE	DE 90 DIAS AO CORTE	1,25
ACEROLA	ATÉ 1 ANO	0,60	MELANCIA	DE 24 - 36 DIAS	0,50	CAPIM DE CORTE	DO CORTE A 90 DIAS	0,75
ACEROLA	APÓS 1 ANO	0,65	MELANCIA	DE 37 - 56 DIAS	0,79	CAPIM DE PISOTE	DE 0 A 90 DIAS	0,40
ACEROLA	FLORACÃO E FRUITIFICACÃO	0,80	MELANCIA	DE 57 A 70 DIAS	0,45	CAPIM DE PISOTE	A PARTIR DE 90 DIAS	1,00
BANANA	ATÉ 120 DIAS	0,50	CEBOLA	CANTEIRO DE MUDAS	1,05	FELJÃO	DE 0 A 30 DIAS	0,75
BANANA	DE 120 A 240 DIAS	1,00	CEBOLA	DE 0 - 35 DIAS	0,55	FELJÃO	DE 0 A 60 DIAS	1,20
BANANA	DE 240 A 360 DIAS	1,10	CEBOLA	DE 36 - 55 DIAS	0,85			
BANANA	APOS 360 DIAS	0,85	CEBOLA	DE 56 - 115 DIAS	1,05			

Fonte: Autor adaptado.

5.3.3 Dados de entrada manual para o cálculo do tempo de irrigação localizada

- a) M1 – Vazão do Emissor.

Informar a vazão do emissor instalado para atender a cultura em L/h.

- b) M2 – Espaçamento entre emissores.

Informar o espaçamento adotado entre emissores no sistema de irrigação implantado do lote irrigado em metros.

- c) M5 – Espaçamento entre linhas

Informar o espaçamento adotado entre linhas de emissores no sistema de irrigação implantado do lote irrigado em metros.

d) M3 – Chuva do dia anterior.

Informar, caso tenha ocorrido, a precipitação do dia anterior em mm.

e) M4 – Dias de irrigação efetuados mensalmente pelo produtor.

Informar o número de dias irrigados mensalmente pelo produtor.

5.3.4 Cálculo do Tempo de Irrigação em Irrigação Localizada

Para o cálculo do tempo de irrigação foram observados os seguintes critérios e procedimentos:

a) Frequência de irrigação

A irrigação localizada por gotejamento, microaspersão e difusores deve ser feita em intervalos máximos de três dias para regiões úmidas, cujos solos apresentem teores de argila acima de 30%. Em solos arenosos, com baixa capacidade de retenção de água, caso da maioria dos solos dos Perímetros Irrigados no Ceará, a frequência de irrigação deve ser de, pelo menos, uma vez ao dia.

b) Quantidade de água a ser aplicada

Devido ao referencial ser a demanda atmosférica do tipo evapotranspiração de referência (ET_0), foi utilizado o seguinte procedimento para o cálculo do volume de água necessário às culturas:

Cálculo da Evapotranspiração da Cultura (ET_c) em mm/dia:

$$ET_c = ET_0 \times K_c \times K_r \quad (4)$$

Cálculo do Volume Diário de Água por Planta (V_a) em L/dia:

$$V_a = (ET_c \times A) \quad (5)$$

Em que ET_0 = evapotranspiração potencial de referência em mm/dia; K_c = coeficiente de cultura; K_r = coeficiente de redução da evapotranspiração (representado pelo percentual de cobertura do solo, transformado em decimais para obter $K_r \leq 1$); A = área espacialmente ocupada pela planta, em m^2 .

c) Tempo de irrigação (T_i) em horas.

$$T_i = \frac{V_a}{N \times q_a \times E_a} \quad (6)$$

Onde:

V_a = Volume aplicado por planta em L/dia;

N = Número de emissores por planta;

q_a = Vazão do emissor em L/h e

E_a = Eficiência de aplicação.

5.3.5 Dados de entrada manual para o cálculo do tempo de irrigação no sistema de irrigação por Pivô Central

a) M_6 – Lâmina aplicada pelo Pivô Central a 100% da sua velocidade.

Informar a lâmina aplicada pelo Pivô Central a 100% da sua velocidade, determinada pelo fabricante ou projetista.

b) Velocidade de irrigação (V_i) em percentual (%).

$$V_i = (L_{100} / E_{Tr}) \times 100 \quad (7)$$

Onde:

V_i = Velocidade de irrigação em %;

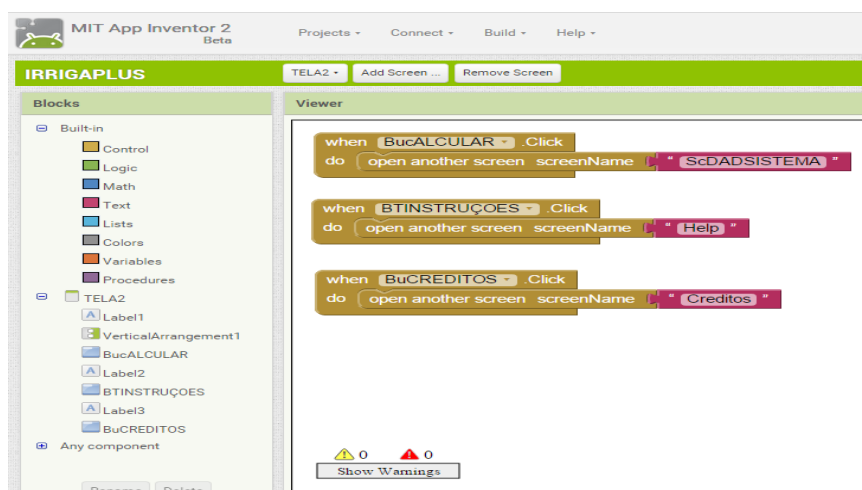
L_{100} = Lâmina de aplicação do Pivô Central com 100% de sua velocidade em mm, e,

ETr = Evapotranspiração Real em mm/dia

5.4 Blocos de programação

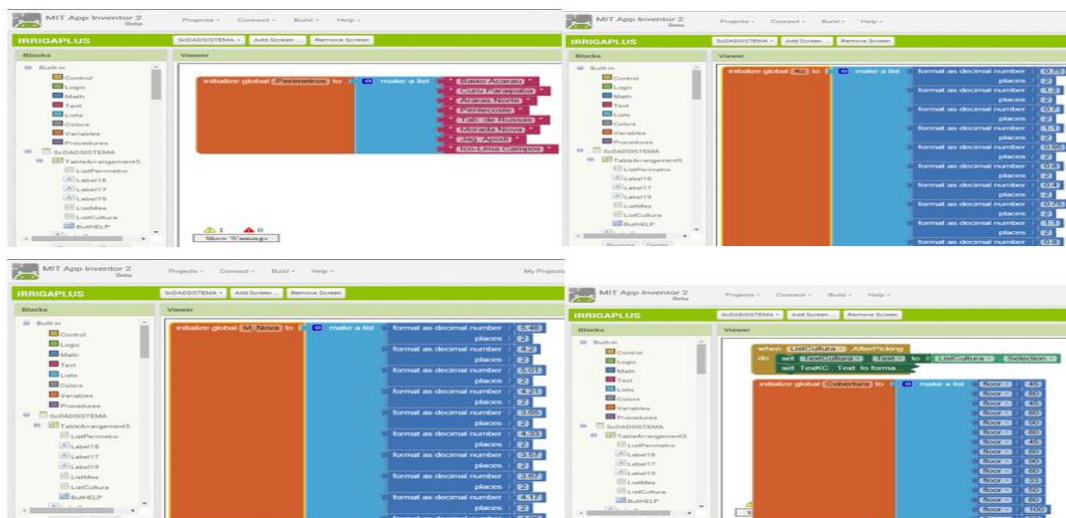
A ferramenta MIT App Inventor 2, utiliza o sistema de blocos interativos para o desenvolvimento e execução de seus aplicativos. Na Figura 10, apresentam-se os blocos programáveis utilizados no desenvolvimento do aplicativo “QUANTO IRRIGAR?”.

Figura 10- Blocos de programação desenvolvidos para mudanças de telas no aplicativo “QUANTO IRRIGAR?”



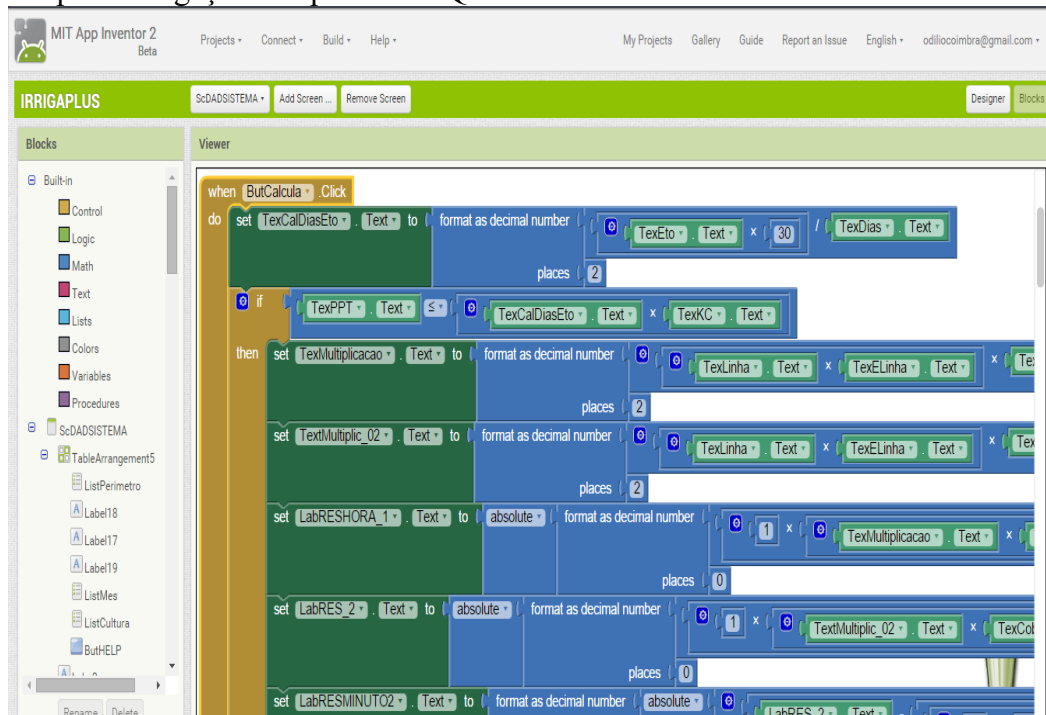
Fonte: Autor

Figura 11 - Blocos de programação desenvolvidos para criação dos bancos de dados: Perímetros, Kc, ETo, Culturas e Coeficientes de cobertura aplicativo “QUANTO IRRIGAR?”



Fonte: Autor

Figura 12 - Blocos de programação desenvolvidos para execução dos cálculos de tempo de irrigação no aplicativo “QUANTO IRRIGAR?”



Fonte: Autor.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 O Aplicativo Desenvolvido

O uso da ferramenta “AppInventor 2” para o desenvolvimento do aplicativo “Quanto Irrigar?” deve-se a alguns princípios básicos:

- a) Existência de tutoriais ou manuais claros e objetivos para sua utilização;
- b) Facilidade no processo de programação, especialmente para uso de pessoas com pouco conhecimento em linguagens mais complexas, e
- c) Avaliação dos recursos disponibilizados pela ferramenta para realização dos cálculos necessários propostos pelo aplicativo a ser construído, que no caso seria a determinação do tempo diário de irrigação.

Procurou-se a apresentação mais simples e objetiva possível para o aplicativo, com o mínimo de telas e imagens. Sua funcionalidade consiste na introdução de dados de fácil determinação e uso de bancos de dados internos, para a obtenção do tempo de irrigação, após o acionamento de uma única tecla.

O aplicativo é executável em todos os smartphones que com a plataforma Android, utilizada pelas mais conhecidas fabricantes do mercado e disponíveis em várias versões e preços, permitindo o acesso a todos.

6.2 Telas do aplicativo

As telas do aplicativo no telefone móvel possuem *layout* de fácil entendimento e interação com o produtor.

Na **Figura 13**, apresenta-se a tela inicial do aplicativo utilizada para acesso à área de cálculos do aplicativo. O acesso se dará pressionando o botão “ENTRAR”.

Ao entrar na tela de cálculo, tem-se acesso as telas para os cálculos do tempo de irrigação para o sistema de irrigação localizada (**Figura 14**) e irrigação por pivô central (**Figura 15**).

Apresentam-se inicialmente os botões para seleção de informações provenientes dos bancos de dados inseridos no aplicativo e posterior cálculo do tempo de irrigação para sistema de irrigação localizado (**Figura 14**).

Na mesma tela, **Figura 14**, observam-se os espaços para entrada dos dados fornecidos, que são: Vazão dos emissores em L/h; espaçamento dos emissores na linha e entre linhas em metros; a precipitação ocorrida no dia anterior em mm e número dias de irrigação por mês.

Para início dos cálculos, pressionaram-se os botões de cor cinza claro: Perímetro; Mês/Plantio e Cultura, selecionando-se as opções disponíveis para o perímetro em que está situado o plantio, o mês referente à data da consulta, a cultura explorada e seu estágio de desenvolvimento. Posteriormente, inserem-se os dados Vazão dos emissores (L/h); espaçamento dos emissores na linha e entre linhas (m); a precipitação ocorrida no dia anterior (mm) e quantos dias ele irriga mensalmente a cultura.

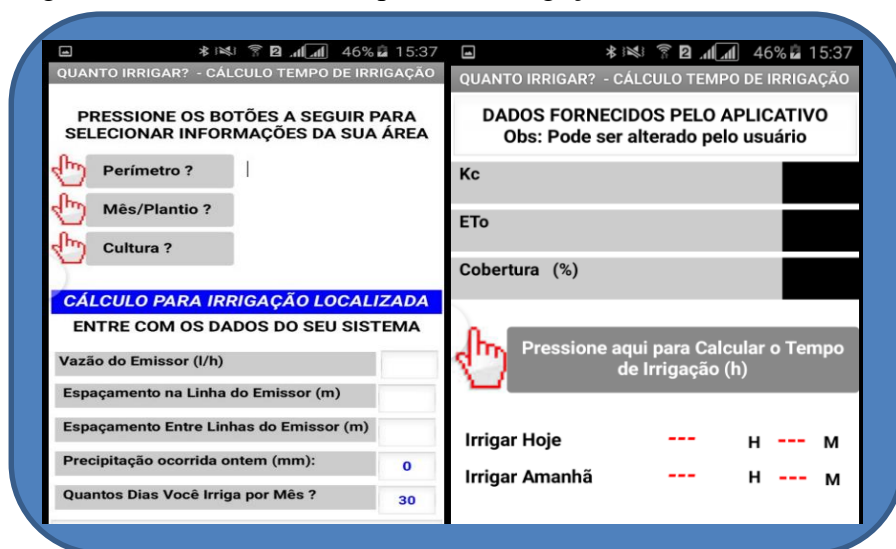
Para concluir, basta pressionar o botão de cor cinza escuro “Calcule o Tempo de Irrigação”, e o aplicativo apresentará como resposta o tempo necessário para irrigar nesta data e no dia posterior.

Figura 13 – Tela inicial para o aplicativo



Fonte: Autor

Figura 14– Tela “Cálculo” aplicativo-Irrigação Localizada.

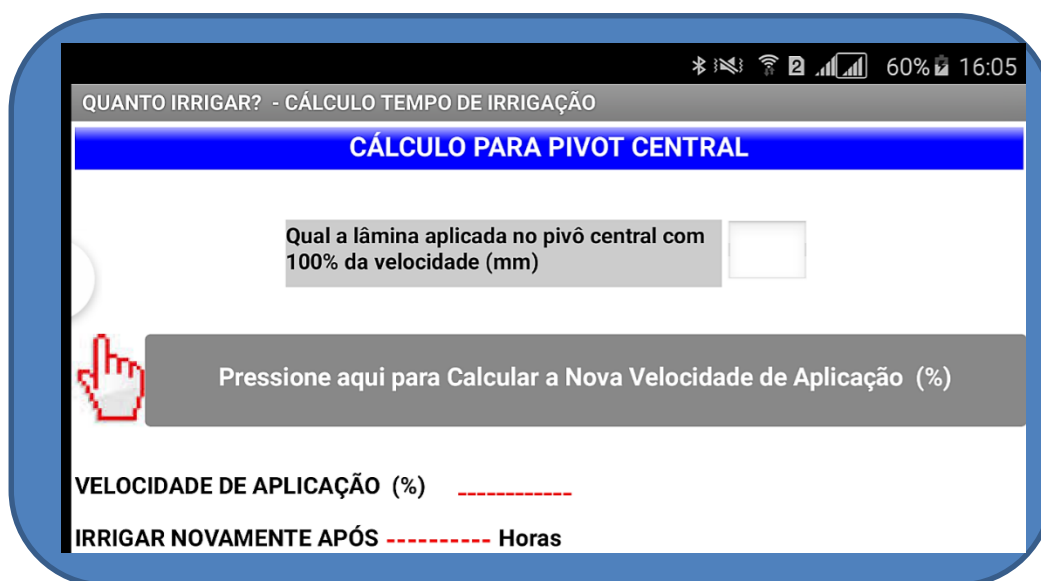


Fonte: Autor.

Rolando a tela para baixo, o usuário localizará o espaço definido para o cálculo do tempo de irrigação para o sistema de pivô central (**Figura 15**).

Para efetuar o cálculo, torna-se necessário somente introduzir a lamina projetada para o pivô central na sua velocidade de 100% e pressionar o botão cinza escuro “Calcular a Nova Velocidade (%)” que o aplicativo determinará a nova velocidade e o tempo necessário para realizar uma nova irrigação.

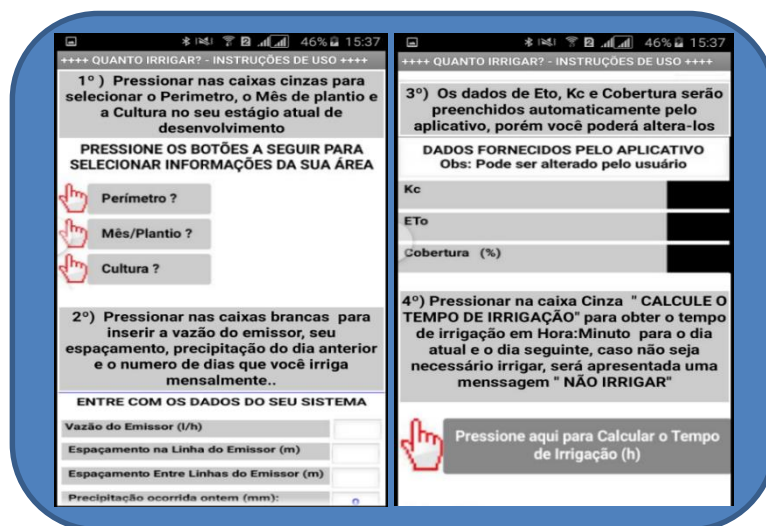
Figura 15– Tela “Cálculo” aplicativo-Pivô Central



Fonte: Autor

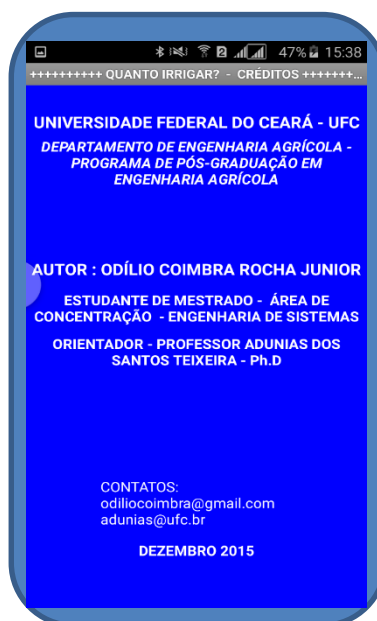
No final da tela de cálculos (**Figura 14**), encontram-se as teclas de cor cinza escuro: “Salvar”, “Instruções” e “Créditos”. Na **Figura 15**, apresenta-se a tela com instruções de utilização do aplicativo. Na **Figura 16**, apresenta-se a tela com as informações relativas aos créditos pelo desenvolvimento do “Quanto Irrigar?”

Figura 16–Tela “Ajuda” para o aplicativo



Fonte: Autor

Figura 17– Tela “Créditos” aplicativo



Fonte: Autor

6.3 Simulação do aplicativo para um ciclo de cultivo.

Com a finalidade de avaliar o resultado da utilização do aplicativo desenvolvido, foi tomado como exemplo o perímetro irrigado Baixo Acaraú.

O perímetro Irrigado Baixo Acaraú localiza-se na região norte do Estado do Ceará, no trecho final da bacia do Rio Acaraú, abrangendo áreas dos municípios de Acaraú, Bela Cruz e Marco.

O acesso ao perímetro irrigado se dá por rodovias pavimentadas, partindo de Fortaleza pela BR 222, até a cidade de Umirim, e, em seguida, pela Rodovia CE-016. A distância rodoviária do Perímetro Irrigado Baixo-Acaraú a Fortaleza é de 220 km.

Os estudos para implantação do perímetro irrigado foram iniciados em 1983, enquanto os serviços de administração, operação e manutenção da infraestrutura de uso comum, tiveram início no ano de 2001.

O clima da região é o Aw Tropical Chuvoso, com precipitação média anual de 900 mm, temperatura média anual de 28,1°C, com insolação de 2.650 h/ano, umidade relativa média anual de 70%, velocidade média dos ventos de 3,0m/s e evaporação potencial média anual de 1.600 mm.

A fonte hídrica do perímetro irrigado o Rio Acaraú, perenizado, no trecho, pelas águas dos Açudes Públicos Paulo Sarasate e Edson Queiroz.

Possui uma estação de bombeamento principal com capacidade total de vazão de 10,50 m³/s, distribuída em cinco bombas de eixo vertical com vazão de 2,1 m³/s cada, para atendimento a uma área irrigável de 8.861,61 ha (Fonte: DNOCS, 2001).

6.3.1 Metodologia

Lopes et al. (2011), constatou que no perímetro irrigado Baixo Acaraú, 72% (setenta e dois por cento) dos lotes avaliados estão com eficiência de aplicação inaceitável, abaixo do valor recomendado de pelo menos 80% (oitenta por cento).

Para utilizar o aplicativo na condição do perímetro Baixo Acaraú, foram selecionadas três culturas: Banana, Coco e Melancia, por serem as mais representativas do perímetro.

Inicialmente o aplicativo foi utilizado para a situação de uso atual, considerando a ETo mensal inserida no seu banco de dados, bem como o Kc e coeficiente de cobertura.

A **Figura 18**, apresenta a tela do aplicativo para as três culturas selecionadas relativas ao mês de janeiro.

Figura 18–Telas do Aplicativo desenvolvido com os valores de ETo, Kc e Cobertura (%) utilizados na simulação para cálculo da demanda necessária de irrigação no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, lote de 8 ha

CÁLCULO PARA IRRIGAÇÃO LOCALIZADA ENTRE COM OS DADOS DO SEU SISTEMA		CÁLCULO PARA IRRIGAÇÃO LOCALIZADA ENTRE COM OS DADOS DO SEU SISTEMA		CÁLCULO PARA IRRIGAÇÃO LOCALIZADA ENTRE COM OS DADOS DO SEU SISTEMA	
Vazão do Emissor (l/h)	60	Vazão do Emissor (l/h)	120	Vazão do Emissor (l/h)	1
Espaçamento na Linha do Emissor (m)	6	Espaçamento na Linha do Emissor (m)	6	Espaçamento na Linha do Emissor (m)	0.5
Espaçamento Entre Linhas do Emissor (m)	4	Espaçamento Entre Linhas do Emissor (m)	8	Espaçamento Entre Linhas do Emissor (m)	3
Precipitação ocorrida ontem (mm):	0	Precipitação ocorrida ontem (mm):	0	Precipitação ocorrida ontem (mm):	0
Quantos Dias Você Irriga por Mês ?	30	Quantos Dias Você Irriga por Mês ?	30	Quantos Dias Você Irriga por Mês ?	30
DADOS FORNECIDOS PELO APLICATIVO Obs: Pode ser alterado pelo usuário		DADOS FORNECIDOS PELO APLICATIVO Obs: Pode ser alterado pelo usuário		DADOS FORNECIDOS PELO APLICATIVO Obs: Pode ser alterado pelo usuário	
Kc	0.90	Kc	1.00	Kc	0.45
ETo	4.52	ETo	4.52	ETo	4.52
Cobertura (%)	100.00	Cobertura (%)	80.00	Cobertura (%)	100.00

Fonte: Autor.

Na simulação de manejo atual para o Perímetro Baixo Acaraú, a ETo máxima foi fixada em 5,81mm mensais, referente ao mês de outubro, por ser prática dos irrigantes, fixar um tempo único de irrigação para todos os meses do ano, procedimento esse adotado logo no início de funcionamento do sistema, quando são informados pelo projetista do tempo de irrigação para o qual o sistema foi projetado.

Na **Tabela 7**, são apresentados os dados de entrada mensais referentes a: Kc, coeficiente de cobertura, área para cada uma das culturas selecionadas. Como resultado final foram obtidas vazões específicas e volume total bruto necessário para atendimento a um lote de 8 ha.

Para a simulação de manejo com utilização do aplicativo Android **Quanto Irrigar?** para o Perímetro Baixo Acaraú, foram considerados todos os dados mensais informados pelo aplicativo para todos os 12 meses do ano. Desta forma, as vazões diferenciadas foram geradas mês a mês com base na real necessidade dos cultivos.

6.3.2 Resultados

Na **Tabela 8**, são apresentados os dados de entrada mensais referentes a: ETo, Kc, coeficiente de cobertura, área para cada uma das culturas selecionadas. Como resultado final foram geradas vazões específicas e volume total bruto necessário para atendimento a um lote de 8 ha.

Os resultados obtidos, demonstram claramente uma aplicação excedente de 26,58% superior, referente a irrigação sem manejo e com utilização do aplicativo.

Somente para o perímetro Baixo Acaraú, o manejo adequado de irrigação poderá representar uma economia de aproximadamente 46 milhões de m³ por ano, o que demonstra a grande importância de um bom manejo da irrigação nas áreas irrigadas do nosso estado, e que sua prática poderia proporcionar suportar os períodos de longa estiagem constantemente enfrentados em nossa região (**Figura 19**).

Figura 19– Economia comparativa no consumo de água para irrigação no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, lote de 8 ha com utilização do aplicativo desenvolvido x uso atual

VOLUME CONSUMIDO COM USO DO "QUANTO IRRIGAR?"			
Demanda Bruta Parcelar	:	122.966,94	m3/ano
VOLUME CONSUMIDO ATUALMENTE			
Demanda Bruta Parcelar	:	167.488,83	m3 /Ano
ECONOMIA DE CONSUMO			
Demanda Bruta	:	5.565,24	m3/ano/ha
Área Perímetro	:	8.200,00	ha
Demanda Bruta Perímetro	:	45.634.934,05	m3/ano
			26,58%

Fonte: Autor.

O açude araras, principal provedor da bacia do Acaraú possui uma capacidade de 891 hm³, segundo informações obtidas no site da Companhia de Gerenciamento dos Recursos hídricos do Estado do Ceará – Cogerh (<http://www.hidro.ce.gov.br/>), encontra-

se hoje com apenas 6,78% da sua capacidade com um volume atual de 60,39 hm³ (Figura 20).

Figura 20– Volumes atuais dos reservatórios da bacia do rio Acaraú

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> Capac. (hm³) Vol. atual (hm³) Vol. perc. (%) </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center; margin-top: 5px;"> 1.753,29 hm³ 169,50 hm³ 9,67 % </div>						
Açude	Município	Dia/Hora	Cota(m)	Volume (hm ³)	Volume (%)	Gráfico/Grid
ACARAÚ MIRIM	Massapé	27/11/2015	109,86	12,37	30,73	
ARARAS	Varjota	26/11/2015	134,69	60,39	6,78	
ARREBITA	Forquilha	27/11/2015	104,62	1,47	7,92	
AYRES DE SOUZA	Sobral	27/11/2015	84,88	18,38	18,99	
BONITO	Ipú	27/11/2015	95,05	0,07	1,23	
CARÃO	Tamboril	26/11/2015	85,63	0,82	3,13	
CARMINA	Catunda	27/11/2015	267,38	0,07	0,51	
EDSON QUEIROZ	Santa Quitéria	27/11/2015	186,24	36,60	14,41	
FARIAS DE SOUSA	Nova Russas	26/11/2015	86,96	0,16	1,27	
FORQUILHA	Forquilha	27/11/2015	103,71	2,20	4,39	
JATOBÁ II	Ipueiras	26/11/2015	255,28	0,05	0,79	
JENIPAPO	Meruoca	26/11/2015	91,63	1,30	37,12	
SÃO VICENTE	Santana do Acaraú	27/11/2015	97,35	4,15	42,16	
SOBRAL	Sobral	26/11/2015	93,83	1,17	27,49	
TAQUARA	Cariré	26/11/2015	119,14	30,30	9,45	

Fonte: COGERH- Novembro/2015

Tabela 7 – Cálculos simulados de demanda atual de água para irrigação no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, lote de 8 ha, segundo o manejo com tempo fixo de irrigação- Manejo do Produtor

SIMULAÇÃO DO CÁLCULO DA DEMANDA DE ÁGUA E VAZÃO COM CONFORME PRATICADO EM CAMPO

LOCALIZAÇÃO PERÍMETRO IRRIGADO BAIXO ACARAU

LOTE MODELO :

8 ha

ESPECIFICAÇÕES	MESES DO ANO												TOTAL OU V. MÉDIO
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
01-Informe Climatológico													
No dias do mês	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	366,00
Evapotranspiração Potência (mm/dia)	5,81	5,81	5,81	5,81	5,81	5,81	5,81	5,81	5,81	5,81	5,81	5,81	5,81
Precipitação Efetiva (mm/dia)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02 - Área Ocupada Pelas Culturas													
COCO (3º Ano)	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	
BANANA (em produção)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	
MELANCIA	1,00	-	-	-	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	
03 - Kc das Culturas													
COCO (3º Ano)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
BANANA (em produção)	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	
MELANCIA	0,45	-	-	-	0,18	0,50	0,79	0,45	-	0,18	0,50	0,79	
04 - Uso Consultivo das Cultura (mm/d)													
COCO (3º Ano)	23,24	23,24	23,24	23,24	23,24	23,24	23,24	23,24	23,24	23,24	23,24	23,24	
BANANA (em produção)	19,17	19,17	19,17	19,17	19,17	19,17	19,17	19,17	19,17	19,17	19,17	19,17	
MELANCIA	2,61	-	-	-	1,05	2,91	4,59	2,61	-	1,05	2,91	4,59	
05 - Coeficientes de Cobertura Vegetal													
COCO (3º Ano)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	
BANANA (em produção)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
MELANCIA	1,00	-	-	-	0,33	0,50	0,80	1,00	-	0,33	0,50	0,80	
06 - Demanda de água													
Demanda Líquida (m3/mês)	12.517,65	10.951,85	11.707,15	11.329,50	11.814,14	11.765,25	12.845,45	12.517,65	11.329,50	11.814,14	11.765,25	12.845,45	143.202,95
Vazão Contínua Líquida (l/s)	0,58	0,55	0,55	0,55	0,55	0,57	0,60	0,58	0,55	0,55	0,57	0,60	0,57
Eficiência de Aplicação (%)	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Demanda Bruta Parcelar (m3/mês)	13.908,49	12.168,72	13.007,94	12.588,33	13.126,82	13.072,50	14.272,72	13.908,49	12.588,33	13.126,82	13.072,50	14.272,72	159.114,39
Vazão Contínua Bruta Parcelar (l/s)	0,65	0,61	0,61	0,61	0,61	0,63	0,67	0,65	0,61	0,61	0,63	0,67	0,63
Eficiência de Condução/ Distribuição(%)	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Demanda Bruta Total (m3/mês)	14.640,52	12.809,18	13.692,57	13.250,88	13.817,70	13.760,53	15.023,91	14.640,52	13.250,88	13.817,70	13.760,53	15.023,91	167.488,83
Vazão Contínua Bruta Total (l/s)	0,68	0,64	0,64	0,64	0,64	0,66	0,70	0,68	0,64	0,64	0,66	0,70	0,66
Tempo de Irrigação Parcelar (hr)	16,00	16,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	19,33
Vazão Unitária Parcelar (l/s/ha)	0,97	0,91	0,73	0,73	0,74	0,76	0,80	0,78	0,73	0,74	0,76	0,80	0,79
Tempo de Funcionamento EB (hr)	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Vazão Unitária do Sistema (l/s/ha)	0,82	0,77	0,77	0,77	0,77	0,80	0,84	0,82	0,77	0,77	0,80	0,84	0,79

Demanda Bruta Parcelar (8 ha)	: 167.488,83	m3/ano
Vazão Unitária a Nível Parcelar	: 0,974	l/s/ha
Vazão Unitária a Nível Sistema	: 0,841	l/s/ha

Fonte: Autor.

Tabela 8 – Cálculos simulados de demanda de água para irrigação no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, lote de 8 ha com utilização do aplicativo desenvolvido, QUANTO IRRIGAR?

SIMULAÇÃO DO CÁLCULO DA DEMANDA DE ÁGUA E VAZÃO COM USO DO APLICATIVO "QUANTO IRRIGAR?"													
LOCALIZAÇÃO PERÍMETRO IRRIGADO BAIXO ACARAU													
LOTE MODELO : 8 ha													
ESPECIFICAÇÕES	MESES DO ANO												TOTAL OU V. MÉDIO
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
01-Informe Climatológico													
No dias do mês	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	366,00
Evapotranspiração Potência (mm/dia)	4,61	4,72	4,45	3,73	3,85	3,90	3,52	3,92	3,73	5,81	5,20	3,86	4,27
Precipitação Efetiva (mm/dia)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02 - Área Ocupada Pelas Culturas													
COCO (3º Ano)	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	
BANANA (em produção)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	
MELANCIA	1,00	-	-	-	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	
03 - Kc das Culturas													
COCO (3º Ano)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
BANANA (em produção)	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	
MELANCIA	0,45	-	-	-	0,18	0,50	0,79	0,45	-	0,18	0,50	0,79	
04 - Uso Consultivo das Cultura (mm/d)													
COCO (3º Ano)	18,43	18,87	17,79	14,93	15,38	15,60	14,08	15,68	14,92	23,22	20,79	15,43	
BANANA (em produção)	15,21	15,56	14,67	12,32	12,69	12,87	11,61	12,94	12,31	19,16	17,15	12,73	
MELANCIA	2,07	-	-	-	0,69	1,95	2,78	1,76	-	1,04	2,60	3,05	
05 - Coeficientes de Cobertura Vegetal													
COCO (3º Ano)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	
BANANA (em produção)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
MELANCIA	1,00	-	-	-	0,33	0,50	0,80	1,00	-	0,33	0,50	0,80	
06 - Demanda de água													
Demanda Líquida (m3/mês)	9.929,10	8.890,22	8.959,94	7.279,15	7.818,69	7.896,38	7.779,89	8.447,55	7.275,69	11.804,03	10.525,57	8.530,52	105.136,74
Vazão Contínua Líquida (l/s/ha)	0,46	0,44	0,42	0,35	0,36	0,38	0,36	0,39	0,35	0,55	0,51	0,40	0,42
Eficiência de Aplicação (%)	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Demanda Bruta Parcelar (m3/mês)	11.032,33	9.878,02	9.955,49	8.087,95	8.687,44	8.773,76	8.644,32	9.386,16	8.084,10	13.115,59	11.695,08	9.478,35	116.818,60
Vazão Contínua Bruta Parcelar (l/s)	0,51	0,49	0,46	0,39	0,41	0,42	0,40	0,44	0,39	0,61	0,56	0,44	0,46
Eficiência de Condução/ Distribuição(%)	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Demanda Bruta Total (m3/mês)	11.612,98	10.397,92	10.479,47	8.513,63	9.144,67	9.235,54	9.099,29	9.880,17	8.509,58	13.805,88	12.310,61	9.977,21	122.966,94
Vazão Contínua Bruta Total (l/s)	0,54	0,52	0,49	0,41	0,43	0,45	0,42	0,46	0,41	0,64	0,59	0,47	0,49
Tempo de Irrigação Parcelar (hr)	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Vazão Unitária Parcelar (l/s/ha)	0,77	0,74	0,70	0,59	0,61	0,63	0,61	0,66	0,58	0,92	0,85	0,66	0,69
Tempo de Funcionamento EB (hr)	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Vazão Unitária do Sistema (l/s/ha)	0,65	0,62	0,59	0,49	0,51	0,53	0,51	0,55	0,49	0,77	0,71	0,56	0,58

Demanda Bruta Parcelar (8 ha)	:	122.966,94	m3/ano
Vazão Unitária a Nível Parcelar	:	0,918	l/s/ha
Vazão Unitária a Nível Sistema	:	0,773	l/s/ha

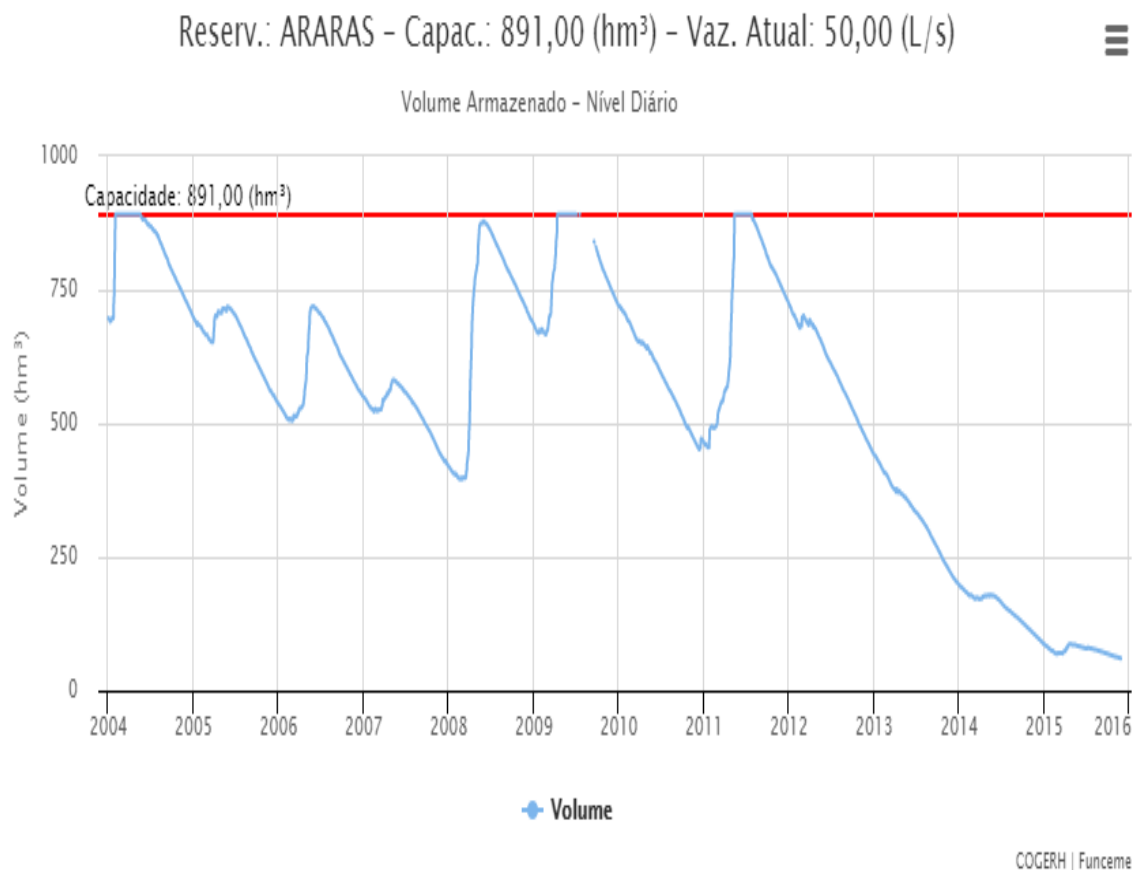
Fonte: Autor.

Observamos na **Figura 21**, que no ano de 2011, após a quadra invernososa, o açude Araras alcançou sua capacidade máxima de 100%, volume que foi gradativamente reduzidos aos 6,78% atuais.

Considerando a economia que poderia ser proporcionada pelo manejo de irrigação somente para o perímetro irrigado Baixo Acaraú no período de junho de 2011 a junho de 2015, estimada em aproximadamente 46 milhões de m³ por ano, alcança-se a economia nos 4 anos de 184 hm³, que somados aos atuais 60,39 hm³ disponíveis no açude Araras, totalizaria um volume atual de 244 hm³.

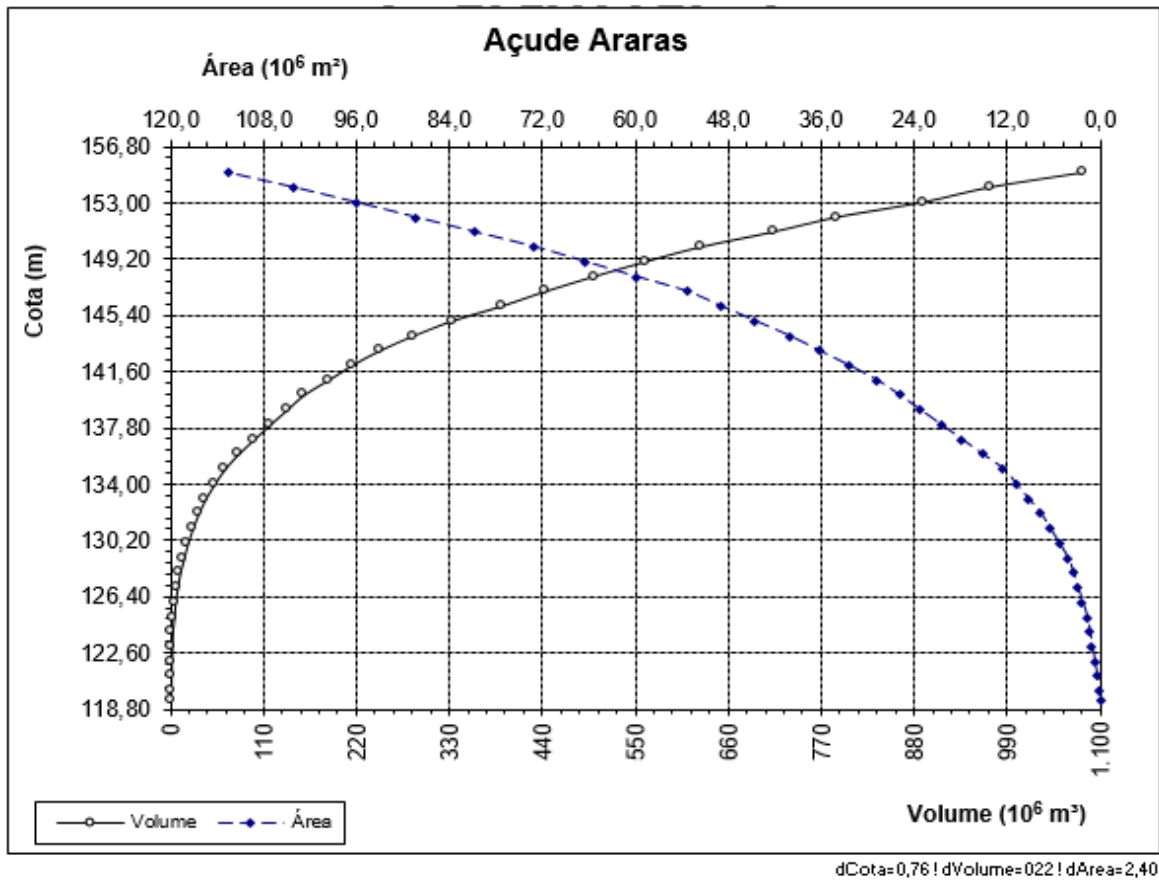
Verificando a curva cota volume (**Figura 22**), com esse volume o açude Araras estaria na conta 143 m com aproximadamente 36% da sua capacidade, volume suficiente para atender as necessidades da bacia por pelo menos mais 1 ano sem recarga.

Figura 21– Volume armazenado do Açude Araras (2004 – 2016)



Fonte: Cogerh-2015.

Figura 22– Curva Cota x Volume do Açude Araras



Fonte: COGERH-2015.

7 CONCLUSÃO

O aplicativo desenvolvido apresenta uma forma simples para a realização do cálculo do tempo necessário diário de irrigação. Tal aplicativo foi desenvolvido para a plataforma Android, fazendo uso da mobilidade disponível em celulares para permitir que os usuários realizem o cálculo do tempo de irrigação diário em qualquer um dos perímetros irrigados do estado do Ceará.

A adoção de um bom manejo de irrigação é de grande importância nas áreas irrigadas, e sua prática poderá proporcionar uma economia de água capaz de ajudar consideravelmente a suportar os longos e repetitivos períodos de estiagem enfrentados no estado do Ceará.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Dentre os principais resultados alcançados, descarta-se que este trabalho pode servir como modelo para a implementação de outros métodos de cálculo voltados a engenharia agrícola, bastando apenas alterar o roteiro dos cálculos. Pode assim como este roteiro, ser reutilizado em qualquer outra plataforma, desde que utilize linguagem Android.

Grande parte das pesquisas feitas na área de desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis, e em particular no desenvolvimento para sistemas android, demonstram que novas ferramentas continuam sendo desenvolvidas e contribuindo para melhorias na construção de aplicativos. No entanto, existe uma tendência atual para a simplificação e pragmatização do processo para acomodar novas necessidades de desenvolvimento.

A existência de problemas e desafios é algo esperado no desenvolvimento de qualquer aplicativo, o que torna ainda mais prazeroso suas soluções e êxito na sua finalização. A dificuldade apresentada por produtores em aceitar a utilização de tecnologia, principalmente para o controle de um sistema de irrigação é um grande desafio que deve ser superado por etapas, com um problema sendo corrigido a cada momento.

O maior desafio no desenvolvimento do aplicativo, ficou na procura de uma solução que apresentasse uma interface amigável, com a necessidade mínima de informações solicitadas ao produtor, onde todas as informações solicitadas fossem de conhecimento notório, fator esse muito importante para a garantia de uso do aplicativo.

O desenvolvimento deste aplicativo teve como uma das prioridades principais, produzir uma base para criação de outros, despertando a criatividade e a expertise de novos pesquisadores, que sejam na melhoria deste ou na criação de novos com o mesmo intuito de proporcionar a melhoria tecnológica na utilização de nossos recursos hídricos, dentre as recomendações para o aprimoramento do aplicativo, apresento: Utilizar fontes de dados em tempo real e localizar a área de interesse via GPS; Possibilitar o uso de dados obtidos por forecast ou similares; Gerar relatórios na forma de gráficos e tabelas; Desenvolver rotinas para o acompanhamento da operação de válvulas e bombas, entre outros.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, P. E. P de; DURÃES, F. O. M. **Uso e manejo de irrigação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, ed. 1, p. 227-252, 2008.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ALVES JUNIOR, J.; SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F.; CUNHA, P. C. R. da. **Retenção de água pelo dossel do feijoeiro irrigado por aspersão**. Irriga, Botucatu, v. 15, n.1, p. 90-97, jan./mar. 2010.
- ARJEN Y. HOEKSTRA, **A pegada hídrica da humanidade**, National Academy of Sciences, Vol. 109 - (DEZ/2011).
- ANA - Agência Nacional de Águas – “**Relatório de conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**” - 2013.
- ANDRADE, IRINEU PEDRO DE SOUSA **Manejo da irrigação na cultura da figueira (*Ficus carica* L.) utilizando o balanço de água no solo** / Irineu Pedro de Sousa Andrade – 2013.54 f.
- AQUINO, Juliana França Santos. **Plataformas de desenvolvimento para dispositivos móveis**. 2007. Monografia – Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://www-di.inf.pucRio.br/~endler/courses/Mobile/Monografias/07/Android-Juliana-Mono.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2014.
- ARTUR GALENO, TAYNÁ GONÇALVES - **Tutorial app inventor** - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - Dezembro/2013.
- AYRES, R. & WESTOC, D. **Water quality for agriculture**. Rome: FAO, 1994. (FAO Irrigation and Drainage, 29).
- BERNARDO, S.; SOARES, A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 625 p.38
- BAZZANI, G. M. An integrated decision support system for irrigation and water policy design: DSIRR. **Environmental modelling & software**, v.20, n.2, p.153–163, 2005.
- CALZADILLA, A., REHDANZ, K.; TOL, R.S.J. The economic impact of more sustainable water use in agriculture: A computable general equilibrium analysis. **Journal of Hydrology**, n. CARDENAS.384, p.292-305, 2010.
- LAILHACAR, B. & DUKES, M.D. Precision of soil moisture sensor irrigation controllers under field conditions. **Agricultural Water Management**, n.97, p.666–672, 2010.
- CARVALHO, D. F.; OLIVEIRA, L. F. C. **Planejamento e manejo da água na agricultura irrigada**. Viçosa, MG: UFV, 2012. 239 p.39

CHOPART, J. L.; MÉZINO, M; AURE, F.; MÉZO, L. LE; MÉTÉ, M.; VAUCLIN, M. OSIRI: A simple decision-making tool for monitoring irrigation of small farms in heterogeneous environments. **Agricultural Water Management**, n.87, p.128-138, 2007.

COELHO, E. F.; OLIVEIRA, A. M. G.; SILVA, J. G. F.; COELHO FILHO, M. A.; CRUZ, JAILSON, L. C. **Irrigação e fertirrigação na cultura do mamão**. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p.441-472.

CONCEIÇÃO, MARCO A. FONSECA – **Planilha para cálculo diário da evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO**. Embrapa Uva e Vinho (2004).

CRUZ, Tadeu Macryne Lima. **Estratégia de monitoramento e automação em sistemas de irrigação utilizando dispositivos de comunicação em redes de sensores sem fio**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009. Disponível em: <<http://www.ppgea.ufc.br/dissertacaotadeu.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2014.

CUNHA, C. R.; PERES, E.; MORAIS, R.; OLIVEIRA, A. A.; MATOS, S. G.; FERNANDES, M. A.; FERREIRA, P.J.S.G.; REIS, M.J.C.S. The use of mobile devices with multi-tag technologies for an overall contextualized vineyard management **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 72, p. 154-164, 2010.

DOORENBOS, J. & PRUITT, W.O. **Crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. p.144 (FAO. Irrigation and drainage, 24).

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - **Requerimento de água das culturas para fins de dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação localizada** - Paulo Emílio Pereira de Albuquerque, Paulo Maeno - Sete Lagoas, MG - 2007

ERTEK, A.; SENSOY, S.; KÜÇÜKYUMUK, C.; GEDIK, I. Irrigation frequency and amount affect yield components of summer squash (*Cucurbita pepo* L.). **Agricultural Water Management**, n.67, p.63-76, 2004.

FAO. Food Agricultural Organization. 2014. Statistical – database. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 1 jul. 2014.

FAO, Food Agricultural Organization. “**Rumo a um futuro de segurança hídrica e alimentar**”. Fórum Mundial da Água (12-17 de abril) em Roma (fonte: <https://www.fao.org.br/2050eavpmasams.asp>).

FELIPE TÚLIO DE CASTRO - **Desenvolvimento de uma Aplicação móvel baseada na plataforma android para o controle de sistemas de irrigação**- Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Computação da Faculdade de Ciência e Tecnologia de Montes Claros Montes Claros – MG 2012

FERNANDO BEZERRA LOPES, ET AL, **Determinação do padrão do manejo da irrigação praticada no perímetro irrigado baixo Acaraú, Ceará, via análise multivariada.** Irriga, Botucatu, v. 16, n. 3, p. 301-316, julho-setembro, 2011.

FOLEGATTI, M. V.; BLANCO, F. F.; SILVA, L. D. B. **Manejo da irrigação.** Piracicaba: ESALQ/USP/LER, 2003. 123 p.

GARCIA Y GARCIA A; GUERRA LC; HOOGENBOOM G. Water use and water useefficiency of sweet corn under different weather conditions and soil moisture regimes. **Agricultural Water Management**, n.96: p.1369-1376, 2009.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, **Acesso à internet e posse de telefone móvel celular para uso pessoal 2011**, Rio de Janeiro, 2013.

JOSÉ SEBASTIÃO COSTA DE SOUSA -**PROCAL_ETO: programa computacional para cálculo da ETo pelo Método de Penman-Monteith** - Irriga, Botucatu, Edição Especial, p. 380 - 395, 2012.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation.** New York: Van Nostrand Reinold, 1990. 652 p.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design.** Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133 p.

L. I. DE ALMEIDA, I. F. C. FERNANDESE C. M. COSTA - **SISCI - Sistema para controle de irrigação através de dispositivos celulares** – Revista HOLOS, Ano 28, Vol 1 – 2012.

LUCIANO ÉDIPO PEREIRA DA SILVA, EVANDRO CESAR BRACHT - **Uma nova abordagem para o Cálculo de Balanço Hídrico Climatológico** - Revista Brasileira de Computação Aplicada (ISSN 2176-6649), Passo Fundo, v. 2, n. 1, p. 2-16, mar. 2010

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L, F. **Irrigação: princípios e práticas.** Viçosa: UFV, 2006. 318 p.

MAROUELLI, W. A.; OLIVEIRA, A. S.; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, L. C.; SOUSA, V.F. Manejo da água de irrigação. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 156-232.

OGLIARI, R.S.; CERVI, C.R.; PAVAN, W.; DORNELES C.F. **Gerenciamento de dados agrícolas utilizando a computação móvel em dispositivos com limitada capacidade de armazenamento.** Hifen. v. 31, n. 59/60, p.119-125, 2007.

PLANT, R. E. Site-specific management: the application of information technology to crop production. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.30, p.9-29, 2001.

PAYERO J. O. et al. **Yield response of corn to deficit irrigation in a semiarid climate.** University of Nebraska – Lincoln, 2006

QUEIROZ, T. M.; BOTREL, T. A.; FRIZZONE, J. A. **Desenvolvimento de software e hardware para irrigação de precisão usando pivô central**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.28, n.1, p.44-54, jan./mar. 2008.

REICHARDT, K.; TIMM L.C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri, SP. Ed. Manole, p.323-340, 2004.

RICHARDS, Q.D.; BANGE, M.P.; JOHNSTON, S.B. **HydroLOGIC: An irrigation management system for Australian cotton**, *Agricultural Systems*, v.98, n.1, P.40-49,2008.

RODRIGUES, DIOGO FRANCISCO BORBA, **Manejo de irrigação via acesso remoto** /Diogo Francisco Borba Rodrigues,--Recife 2013. 87f.

SANTIAGO, F. S.; MONTENEGRO, A. A.; MONTENEGRO, S. **Avaliação de parâmetros hidráulicos e manejo da irrigação por microaspersão em área de assentamento**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, CampinaGrande, v.24, n.3, p.632-643, 2004.

SANTOS, F. X.; RODRIGUES, J.J. V.; MONTENEGRO A. A. A.; MOURA, R. **F.Desempenho de lisímetro de pesagem hidráulica de baixo custo no Semiárido nordestino**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.28, n.1, p.115-124, 2008.

SILVA, L. É., & BRACHT, E. C. **Uma nova abordagem para o cálculo de balanço hídrico climatológico**. Revista Brasileira de Computação Aplicada, v.2, n.1, p. 2-16, 2010.

SILVEIRA, P. M. da; RAMOS, M. M.; OLIVEIRA, R. A. de. **Manejo da irrigação do feijoeiro com o uso do irrigâmetro**. Embrapa Arroz e Feijão, 2009.

SNIS-Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento “**Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**” – 2013 Brasília, dezembro de 2014.

VIERO, V. C., & SILVEIRA, A. C. **Apropriação de tecnologias de informação e comunicação no meio rural brasileiro**. Cadernos de Ciência & Tecnologia, v.28, n.1, p. 257-277, 2011.