



Taísa Belzarena Monteiro

**APLICATIVO MÓVEL PARA MANEJO DA IRRIGAÇÃO DE
FORRAGEIRAS DE VERÃO NA AGRICULTURA FAMILIAR**

Dissertação de Mestrado

Cruz Alta, novembro de 2018.

Taísa Belzarena Monteiro

**APLICATIVO MÓVEL PARA MANEJO DA IRRIGAÇÃO DE
FORRAGEIRAS DE VERÃO NA AGRICULTURA FAMILIAR**

Dissertação submetida ao Mestrado
Profissional em Desenvolvimento Rural
da Universidade de Cruz Alta, como
requisito parcial para obtenção do título
de Mestre em Desenvolvimento Rural.

Orientador: Prof. Dr. João Fernando Zamberlan
Co-Orientador: Prof. Dr. Rafael Pivotto Bortolotto

Cruz Alta, novembro de 2018.

M775a

Monteiro, Taísa Belzarena

Aplicativo móvel para manejo da irrigação de forrageiras de verão na agricultura familiar / Taísa Belzarena Monteiro. – 2018.
50f.; il.

Dissertação (mestrado) – Universidade de Cruz Alta/Unicruz, Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural, Cruz Alta, 2018.

Orientador: Prof. Dr. João Fernando Zamberlan.

Coorientador: Prof. Dr. Rafael Pivotto Bortolotto.

1. Software IrrigaGrass. 2. Aplicativo móvel. I. Zamberlan, João Fernando. II. Bortolotto, Rafael Pivotto. III. Título.

CDU 633.2:004.78

Catálogo Bibliotecária Eliane Catarina Reck da Rosa CRB-10/2404

Universidade De Cruz Alta
Pró-Reitoria De Pós-Graduação, Pesquisa E Extensão
Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural

**APLICATIVO MÓVEL PARA MANEJO DA IRRIGAÇÃO DE FORRAGEIRAS DE
VERÃO NA AGRICULTURA FAMILIAR**

Elaborado por

Taísa Belzarena Monteiro

Como requisito parcial para obtenção do
título de Mestre em Desenvolvimento
Rural.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. João Fernando Zamberlan
Universidade de Cruz Alta

Prof^ª. Dr^ª. Luciana Dalla Rosa
Universidade de Cruz Alta

Prof. Dr. Manuel Osório Binelo
Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Rafael Pivotto Bortolotto
Universidade de Cruz Alta

Cruz Alta, novembro de 2018.

AGRADECIMENTOS

Como não agradecer a Deus pela vida, pela família, pela força, por me levantar a cada tropeço, por me fazer aguentar estudar mais um pouco quando as vistas embaralhavam e a cabeça doía cada vez mais...tenho que agradecer sempre, e cada vez mais, pois sem a força Dele em mim, não chegaria tão longe, ou nem sequer sairia do lugar de onde vim.

A família...ah, a minha família! Meu porto seguro, cada um ao seu jeito, cada um ajudando de alguma forma: mamis Márcia com abraços, beijos, carinhos, atenção e AMIZADE (sim, com letras maiúsculas!); o pai com a sabedoria, a calma, o carinho demonstrado ao jeitinho “Nilson de ser”, mas que não deixa de ser amor de pai nem de longe; o Vitor, sempre querendo ajudar nos estudos, com ideias sensacionais e inovadoras, reflexões profundas até para questões de significado raso, minha inspiração, porque quando eu crescer quero ser “rural” igual ele; meus avós, meus amores, meu exemplos de vida e de pessoas, a Vó Alzira com seus cuidados de vó, suas comidas maravilhosas e preocupações exageradas, e sempre com o abraço mais aconchegante do mundo, e o Vô Carlos, meu ídolo, o melhor e mais lindo homem desse Universo. Meu bebê “Gordo” também me ajudou a não dormir com a cara no notebook, com seus latidos e batidas na porta, me manteve firme e acordada quando o cansaço bateu; sua companhia, mesmo que às vezes silenciosa, deu alegria a muitas horas de estudo. E meu William, meu marido, meu companheiro, que mesmo não estando em casa ou travando suas próprias batalhas, sempre me incentivou a continuar, com seus abraços, “cheirinhos” e muito amor me deu força pra seguir rumo ao meu objetivo.

Obrigada ao meu querido orientador Prof. João Fernando Zamberlan, que nunca mediu esforços para me apoiar, me incentivar, fazer eu ver meu potencial, me guiar até o final, sempre com muita alegria, boas risadas, compreensão, atenção e sabedoria. Desde a Graduação o Sr me inspirou para eu seguir o caminho que hoje sei que é o certo, e um dia quero ser 1% do profissional, amigo, professor e pessoa que és...grande monstro!

Agradeço também de forma muito especial aos meus amigos, que sempre acreditaram que eu seria capaz de chegar até o final, mesmo que fosse só pela festa (brincadeira!): Rafa, meu amigo-irmão de longa data e de TODAS as horas, que sempre xinga e faz voltar pra realidade quando caio no “poço das lamentações”, ele é o cara! Pati, a melhor, mais cuidadosa e linda cunhada do mundo, minha Fisio preferida; Sabrina, a melhor vizinha que alguém poderia ter, pois pode contar com ela nas horas boas, ruins e na falta de sal em casa; Andri, a arquiteta que me orgulha cada dia mais, além de ser uma ótima amiga pra tudo; Graci, a “best” que cuida da gente e escuta, além dos chororôs, música boa também! Á minha chefe-colega-amiga Rosane, obrigada por me escutar, me compreender nos dias em que não estava a melhor pessoa pra se conviver, por levantar meu estral com “o Santo do Dia”, as carapinhas e o elogio que sou “uma mulher à frente do meu tempo”! Para minha madrinha, Dinda Sandra, que mesmo longe sempre cuidou de mim, que me apoiou e foi minha 2ª mãe quando a 1ª não pôde e fisicamente presente, que me ama como se fosse sua “filha única”, obrigada pelas oraçõ conversas e Florais!

Um agradecimento especial também ao Professor Rafael Bortolotto, por todo o apoio e conhecimento passado nesta etapa de construção da Dissertação, pela paciência e sabedoria

com que brilhantemente me co-orientou. Ao Professor Manuel Binelo, orientador incansável e paciente da graduação, o qual me motivou a continuar a caminhada pela formação continuada, e até hoje serve de inspiração como profissional e como professor da área da Computação. Obrigada também à Prof Claudia Mera, grande incentivadora de mentes inovadoras no Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural, e de uma visão e didática que motivam até o aluno mais distante da área, como eu era quando ingressei no MPDR.

Enfim, mas não menos importante, agradeço à Universidade de Cruz Alta, pela oportunidade de concluir a Graduação e o Mestrado sendo colaboradora desta instituição, a qual me acolheu há 10 anos e me mostrou um mundo de oportunidades, incentivando meu crescimento como pessoa e como profissional, e mostrando que o conhecimento adquirido vamos levar para toda a vida, independente do caminho que escolhermos para seguir.

RESUMO

APLICATIVO MÓVEL PARA MANEJO DA IRRIGAÇÃO DE FORRAGEIRAS DE VERÃO NA AGRICULTURA FAMILIAR

Autor: Taísa Belzarena Monteiro

Orientador: Prof. Dr. João Fernando Zamberlan

Co-Orientador: Prof. Dr. Rafael Pivotto Bortolotto

O setor agropecuário conta com grande contribuição da agricultura familiar, entretanto, alguns desses produtores não tem acesso a ferramentas que subsidiam a tomada de decisões do manejo da irrigação das pastagens sob um olhar mais técnico. Diante disso e frente a crescente urgência do uso consciente dos recursos naturais, este estudo teve como objetivo desenvolver um aplicativo móvel para o manejo da irrigação por aspersão de pastagens na agricultura familiar. Desta forma, ao utilizar o software para dispositivo móvel o produtor terá subsídios para o correto manejo de irrigação, evitando assim, o desperdício hídrico, além de problemas no solo como compactação, escoamento superficial, redução na taxa de infiltração de água no solo e a aplicação de lâminas sub ou superestimadas. O software IrrigaGrass foi desenvolvido na plataforma livre e gratuita AppInventor 2 e, ao ser instalado em um dispositivo móvel com sistema operacional Android, utiliza dados obtidos da análise física do solo e da leitura de tensiômetros instalados na área em questão, para realizar os cálculos e mostrar ao usuário resultados numéricos específicos de lâmina bruta, turno de rega e tempo de irrigação total. Para auxiliar o usuário do aplicativo, foi desenvolvido o Tutorial do aplicativo, com conteúdo explicativo e de fácil entendimento, a fim de, juntamente com o aplicativo, aproximar o usuário da ferramenta desenvolvida. Após sua construção, testes e validação, pode-se dizer que o aplicativo para manejo da irrigação de pastagens baseado em tensiometria, é eficiente para dirimir o empirismo na atividade e responder os questionamentos de quando e quanto irrigar, otimizando assim a utilização hídrica da propriedade. Além disso, o aplicativo levou ao produtor uma nova alternativa para uma maior produtividade e rentabilidade da propriedade, bem como uma relevante contribuição no desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Tensiometria. Pastagens. Android.

ABSTRACT

MOBILE APPLICATION FOR THE MANAGEMENT OF IRRIGATION OF SUMMER FORESTS IN FAMILY FARMING

Author: Taísa Belzarena Monteiro
Advisor: Prof. Dr. João Fernando Zamberlan
Co-Advisor: Prof. Dr. Rafael Pivotto Bortolotto

The agricultural sector has a great contribution of family agriculture, however, some of these producers do not have access to tools that subsidize the decision making of the irrigation management of pastures under a more technical look. Given this and in view of the increasing urgency of the conscious use of natural resources, this study aimed to develop a mobile application for the management of irrigation by sprinkling of pastures in family agriculture. In this way, when using the software for mobile devices, the producer will have subsidies for the correct management of irrigation, thus avoiding water waste, besides soil problems such as compaction, runoff, reduction in the rate of infiltration of water in the soil, and the application of sub- or overestimated slides. The software IrrigaGrass was developed in the free AppInventor 2 platform, and when installed in a mobile device with Android operating system, uses data obtained from the physical analysis of the soil and the reading of tensiometers installed in the area in question, to perform calculations and to show to the user specific numerical results of gross blade, irrigation turn and total irrigation time. In order to assist the user in the use of the application, the application Tutorial has been developed, explanatory content and easy to understand, in order to, together with the application, to bring the user closer to the developed tool. After its construction, tests and validation, it was possible to say that the application for management of pasture irrigation based on tensiometry, is efficient to solve the empiricism in the activity and to answer the questions of when and how much to irrigate, as well as to optimize the water use of ownership and bring to the producer a new alternative for greater productivity and profitability of the property, as well as a relevant contribution to sustainable development.

Palavras-chave: Tensiometry. Pastures. Android.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Disponibilidade de água no solo	17
Figura 2: Tensiômetro	19
Figura 3: Diagrama de sequência do aplicativo.....	28
Figura 4: Tela de cadastro – posição 1.....	32
Figura 5: Tela de cadastro – posição 2.....	32
Figura 6: Tela de cadastro – posição 3.....	32
Figura 7: Tela de lista de talhões cadastrados	32
Figura 8: Tela de leitura do tensiômetro	33
Figura 9: Tela de resultados	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

atm	Medida de pressão atmosférica
CC	Capacidade de campo
cm	Centímetro
D	Densidade
Efic	Eficiência do sistema de irrigação
Espaço	Espaçamento dos aspersores
ETc	Evapotranspiração da cultura
ETo	Evapotranspiração de referência
GPS	Sistema de Posicionamento Global
Ia	Intensidade de aplicação
Kc	Coeficiente da cultura
Kpa	Potencial matricial
LB	Lâmina Bruta
LL	Lâmina Líquida
m	Metro
m ³ /h	Metros cúbicos por hora
MIT	Massachusetts Institute Technology
mm	Milímetro
PDA's	Assistente Pessoal Digital
PMP	Ponto de murcha permanente
T	Tensão de água no solo
Ti	Tempo total de irrigação
Tr	Turno de rega
U	Umidade do solo
UML	Linguagem de Modelagem Unificada

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. ARTIGO.....	14
2.1. Introdução.....	16
2.2. Referencial teórico	17
2.2.1. Solo e manejo da irrigação	17
2.2.2. Irrigação de forrageiras	20
2.2.3. Produção na agricultura familiar.....	21
2.2.4. Tecnologias aplicadas a produção rural	21
2.3. Materiais e Métodos.....	24
2.3.1. Coletas de dados	25
2.3.2. Desenvolvimento do Aplicativo	26
2.3.3. Layout do aplicativo	31
2.4. Resultados e Discussões.....	32
2.5. Conclusão	33
3. TUTORIAL DO APLICATIVO	38
3.1. Introdução.....	39
3.2. Conhecendo o aplicativo	39
3.3. O que é necessário para utilizar o aplicativo?	40
3.4. Primeiro uso do aplicativo.....	41
3.4.1. Instalar o aplicativo no celular com Android	41
3.4.2. Abrir o aplicativo	42
3.4.3. Cadastrar um novo talhão.....	43
3.4.4. Usando o aplicativo junto com o Tensiômetro	44
3.5. Considerações Finais	46
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47

1. INTRODUÇÃO

A irrigação talvez seja uma das técnicas mais viáveis para se verticalizar a produção, porém, também traz consigo uma responsabilidade bastante grande que é a de racionalizar o uso de água dentro dos sistemas agrícolas. A garantia, desde que se tenha água disponível, das colheitas e de maior produção em tempos de déficit hídrico tem atraído os produtores de diferentes atividades agrícolas para a referida técnica.

Dentre as atividades, a irrigação de pastagens tem crescido ao longo do tempo, sendo adotada por vários produtores buscando melhores índices produtivos. No caso específico das forrageiras as mesmas necessitam de aporte hídrico tanto quanto uma cultura de soja, milho, sorgo ou trigo. Porém, ainda carecem de maiores subsídios informacionais a fim de que a eficiência de uso da água seja alcançada. Inexistem ainda, para algumas espécies, informações sobre os coeficientes de cultura, tão necessários para se estimar as perdas por evapotranspiração. A atividade de pastagem irrigada ainda tem seu manejo basicamente realizado de forma empírica, sem critérios e parâmetros técnicos definidos a fim de que se consiga responder aos questionamentos de quando e quanto irrigar.

As tecnologias têm avançado muito ao longo destes últimos anos, porém algumas dessas ainda estão distantes, principalmente do pequeno produtor familiar, que possui menor capacidade de investimento, ou mesmo tendo condições, tal investimento torna-se inviável, pois a atividade não remunera o suficiente para justificá-lo. Um exemplo é a produção de leite a pasto, sendo a pastagem o alimento mais barato que o produtor possui, e se este for disponível em qualidade e quantidade, a rentabilidade aumentará conseqüentemente.

Com o uso de tecnologias simples e de baixo custo, pode-se contribuir para que o manejo das áreas irrigadas, tendo como base parâmetros técnicos para tomada de decisão em se tratando de responder os questionamentos de quando e quanto irrigar. Desta forma a irrigação se dará no momento certo e na quantidade adequada indo ao encontro da eficiência.

As lâminas de irrigação podem variar ao longo do desenvolvimento da cultura, da variação da umidade do solo e das condições climáticas, portanto definir a lâmina e o tempo de irrigação torna-se relevante no que tange a eficiência de uso da água, racionalizando a utilização deste recurso natural. Estas questões motivaram o desenvolvimento de uma tecnologia barata,

eficiente, que caiba na palma da mão e que contribua para o desenvolvimento rural da região voltada para a produção familiar.

2. ARTIGO

APLICATIVO MÓVEL PARA MANEJO DA IRRIGAÇÃO DE FORRAGEIRAS DE VERÃO NA AGRICULTURA FAMILIAR

Autora: Taísa Belzarena Monteiro

Orientador: Prof. Dr. João Fernando Zamberlan

Co-orientador: Prof. Dr. Rafael Pivotto Bortolotto

Resumo: A agricultura familiar apresenta enorme contribuição ao setor agropecuário no cenário nacional, porém, grande parte dessas propriedades não possuem ferramentas tecnológicas que auxiliem o produtor a tomar decisões mais técnicas no manejo da irrigação das pastagens. Aliado a isso, e frente a necessidade do uso consciente dos recursos naturais, este estudo objetivou criar um aplicativo móvel para o manejo da irrigação de pastagens na agricultura familiar. Para tanto se utilizou de um software para dispositivo móvel, com o qual o produtor terá subsídios para o correto manejo de irrigação, evitando assim, o desperdício hídrico e energético, problemas no solo como compactação, escoamento superficial, redução na taxa de infiltração de água no solo, e a aplicação de lâminas sub ou superestimadas. O software desenvolvido na plataforma livre e gratuita App Inventor 2, foi instalado em um dispositivo móvel com sistema operacional Android, onde utilizou dados obtidos da análise física do solo e da leitura de tensiômetros instalados na área em questão, para realizar os cálculos e mostrar ao usuário resultados numéricos específicos de lâmina bruta, turno de rega, tempo de irrigação total e intensidade da mesma. Após sua construção, testes e validação, pôde-se dizer que o aplicativo para manejo da irrigação de pastagens baseado em tensiometria, é eficiente para dirimir o empirismo na atividade e responder os questionamentos de quando e quanto irrigar, bem como em otimizar a utilização hídrica da propriedade e trazer ao produtor uma nova alternativa para uma maior produtividade e rentabilidade da propriedade.

Palavras-chave: Tensiometria. Pastagens. Android. Água.

ABSTRACT

MOBILE APPLICATION FOR IRRIGATION MANAGEMENT OF SUMMER FORAGES IN FAMILY FARMING

Author: Taísa Belzarena Monteiro
Advisor: Dr. João Fernando Zamberlan
Co-advisor: Prof. Dr. Rafael Pivotto Bortolotto

Abstract: Family farming has an enormous contribution to the agricultural sector in the national scenario, however, most of these properties do not have technological tools that help the producer to make more technical decisions on the management of pasture irrigation. Allied to this, and in view of the need for the conscious use of natural resources, this study aimed to create a mobile application for the management of pasture irrigation in family agriculture. For this, a software for mobile device was used, with which the producer will have subsidies for the correct management of irrigation, thus avoiding water and energy waste, soil problems such as compaction, surface runoff, reduction in water infiltration rate in the soil, and the application of sub- or overestimated slides. The software developed in the free and free App Inventor 2 platform was installed on a mobile device with Android operating system, where it used data obtained from the physical analysis of the soil and the reading of tensiometers installed in the area in question, to perform the calculations and show the user specific numerical results of gross blade, irrigation shift, total irrigation time and intensity of irrigation. After its construction, tests and validation, it was possible to say that the application for management of pasture irrigation based on tensiometry, is efficient to solve the empiricism in the activity and to answer the questions of when and how much to irrigate, as well as to optimize the water use of the property and bring to the producer a new alternative for greater productivity and profitability of the property.

Keywords: Tensiometry. Pastures. Android. Water.

2.1. Introdução

Há algumas décadas vem sendo discutidos os problemas locais e mundiais das nações, tanto de caráter ambiental quanto social, onde algumas das pautas giram acerca das mudanças climáticas, desastres ecológicos, consumismo desenfreado, má distribuição das riquezas naturais e degradação do meio ambiente. Em algumas dessas discussões se tornou crescente a consciência do quanto as ações e os sistemas humanos estão causando impacto sobre o equilíbrio ambiental, resultando em desastrosos e irreversíveis novos cenários. Assim, o modelo de desenvolvimento sustentável mundialmente procurado não seria apenas capaz de amenizar os problemas crescentes, mas também de garantir a vida humana na terra, e que esta não interfira prejudicialmente no meio em que habita e é dependente (JR e REIS, 2016).

Levando em conta que a agricultura consome 69% dos recursos hídricos do planeta, a preocupação com o manejo adequado e utilização consciente da água tornou-se de extrema importância, uma vez que seu uso precisa estar alinhado com a sustentabilidade. Para tanto, são feitos inúmeros estudos e planejamentos sobre a melhor forma de manejo adequado do solo e da água, tornando o entendimento e a medição de alguns fatores imprescindíveis, como a umidade do solo e a disponibilidade de água no solo, as quais são medidas através de fatores como capacidade de campo e ponto de murcha permanente (BERNARDO et al., 2006; RIGHES et al, 2003).

A Agricultura familiar tem como característica possuir uma grande diversificação de atividades dentro da propriedade. Uma destas de suma importância na região do Alto Jacuí é a produção de leite. Esta produção está calcada basicamente no oferecimento de forragens para a dieta dos animais. Estas forrageiras não têm suprido adequadamente a demanda dos animais para altas produções em função da sua baixa qualidade e em certos casos até sua completa escassez, devido principalmente a suprimento hídrico deficiente.

A fim de suprir esta deficiência os produtores têm investido em sistemas de irrigação, principalmente por aspersão, a fim de suprir esta deficiência. O problema é que os questionamentos de quando e quanto irrigar, se baseia totalmente no empirismo, ou seja, pela própria experiência do produtor, sem auxílio e sem uso de subsídios informacionais ou parâmetros que lhes dê a real situação na qual se encontram as condições hídricas do sistema.

Para tanto, a tomada de decisão dentro dos processos produtivos necessita estar pautada em parâmetros técnicos e claros. A determinação do momento e quantidade racional de água a ser aplicada nas pastagens contribuem para uma maior produção de massa seca

total e na qualidade nutricional das mesmas. Este fator vem ao encontro do que preconiza o desenvolvimento rural sustentável, com a utilização de ferramentas e estratégias que facilitem e deem subsídios para o manejo de sistemas irrigados além de facilitarem o trabalho e racionalizarem os recursos como água e energia.

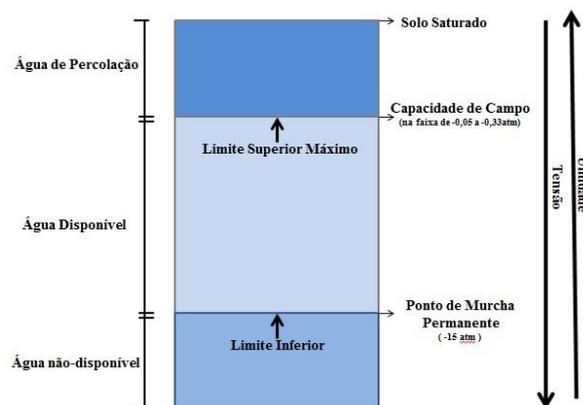
Desta forma, entende-se que o correto manejo da irrigação para as pastagens cultivadas na propriedade familiar, objeto deste estudo, traz contribuições importantes para o desenvolvimento da atividade e cumpre seu objetivo em economizar a utilização da água na propriedade, bem como garante um melhor rendimento da cultura. Portanto, o objetivo deste trabalho foi o de desenvolver um aplicativo móvel para manejo de irrigação de forrageiras de verão na produção leiteira.

2.2. Referencial teórico

2.2.1. Solo e manejo da irrigação

No manejo de sistemas irrigados é imprescindível o conhecimento da quantidade de água no solo disponível para as raízes das plantas. Para verificar a disponibilidade de água são utilizados alguns parâmetros, como Capacidade de Campo – CC (limite superior de água a ser absorvida, até quanto não afete o sistema) e Ponto de Murcha Permanente - PMP (limite inferior de armazenamento de água no solo, onde a água já não está mais disponível para as plantas, pois a força de retenção que o solo exerce sobre a água é maior que a capacidade da planta em absorvê-la.), ambos demonstrados na Figura 1; os quais servem como base para análise dos limites mínimo e máximo da água disponíveis (MANTOVANI et al., 2006).

Figura 1: Disponibilidade de água no solo



Fonte: MANTOVANI et al (2006).

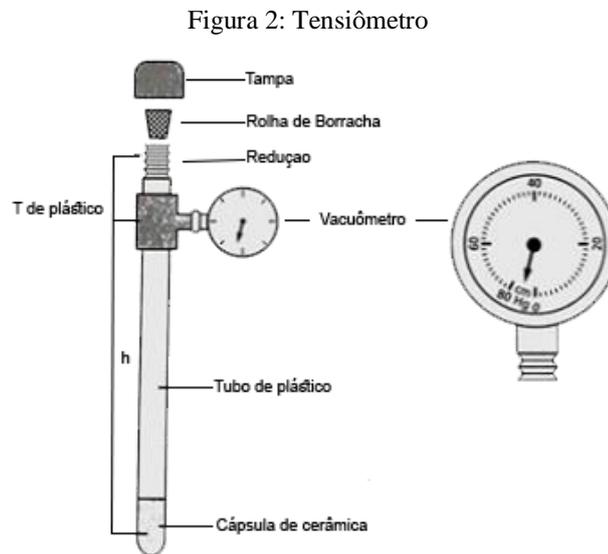
Para o melhor entendimento sobre a retenção de água no solo, é necessário salientar a importância da porosidade, uma das características do solo que auxilia na determinação da sua umidade. O solo é formado por um sistema trifásico: parte sólida, com minerais e matéria orgânica; parte líquida, como a solução do solo; e parte gasosa contendo o ar do solo. As duas últimas ocupam os espaços livres no solo – poros, que possuem tamanhos variados e se dividem em microporos (pequenos capilares contínuos com maior capacidade de resistir à perda de água) e macroporos (diâmetro maior, responsável pela infiltração, aeração e rápida distribuição de água no solo) (LIER, 2010). A proporção entre os micro e macroporos determina o armazenamento de água no solo, tanto por ação de chuva quanto da irrigação, sendo que quanto maior for a quantidade de microporos maior a capacidade de não perder água por ação da gravidade. Porém, a estrutura do solo também pode influenciar diretamente na proporção de micro e macro poros, e indiretamente na retenção de água pelo solo, pois este, se estruturados em blocos (solos argilosos) auxiliam na formação de microporosidade, mas um solo com alto índice de matéria orgânica favorece a formação de macroporosidade (CARNEIRO e DINIZ, 2014).

Utilizando a porosidade, a umidade do solo é um importante parâmetro para auxiliar na determinação da água no solo que a cultura necessita, que, conforme Bernardo et al. (2006),

“influencia diretamente o volume de água nele armazenado, bem como a sua resistência e a compactação, entre outros fatores. Logo, é de capital importância o conhecimento da umidade do solo para estudos do movimento da água no solo, disponibilidade de água, erosão, época e quantidade de água a ser aplicada em irrigação e muitos outros problemas.”

Para determinar a umidade do solo podem ser utilizados diversos métodos, os quais se diferem na forma e local de medição, instalação, preço, tempo de resposta e, principalmente, na operacionalidade no campo. Para se chegar ao valor correto da umidade disponível do solo, é necessário inicialmente traçar a curva de retenção de água no solo, a qual possui valores diferentes para cada tipo de solo, e deve ser construída através de resultados de análises laboratoriais. Para isso, coleta-se uma amostra de solo (deformada ou indeformada), a qual é submetida a diferentes tensões no aparelho chamado Membrana de Richards, o qual mostra a pressão exercida na amostra e sua umidade final. Esses resultados servem para traçar a curva de retenção de água no solo (geralmente contém valores entre 0,05 a 15 atm), mostrando a relação entre a umidade do solo e o potencial matricial (KPa) (LIER, 2010 e BERNARDO et al., 2006).

Juntamente com a curva de retenção de água no solo, e utilizando o tensiômetro (Figura 2) como ferramenta para determinar o ponto na curva em que aquele solo se encontra, naquela profundidade e momento, pode-se determinar o valor da umidade do solo (MANTOVANI et al., 2006).



Fonte: Carneiro e Diniz (2014), editado pelo autor.

O tensiômetro, segundo Carneiro e Diniz (2014), tem a capacidade de medir o potencial matricial do solo, o que pode ser facilmente convertido em umidade do solo. Para realizar tal medição, o tensiômetro deve ser instalado em área e profundidade correspondentes ao do sistema radicular da cultura, e antes de utilizá-lo, deve-se preencher todo o tubo com água. Ao entrar em contato com o solo, o mercúrio contido no espaguete se eleva se o solo estiver muito seco, pois o tubo perde água para o solo por meio da cápsula de cerâmica. Se o mercúrio reduzir sua altura, pode-se dizer que o solo está muito úmido, uma vez que entrou água no tubo pela cápsula de cerâmica. Assim, o tensiômetro determina sua importância na irrigação por disponibilizar respostas precisas, simples e de baixo custo em pouco tempo.

Além da preocupação com o manejo da cultura mais preciso e de baixo custo, o produtor se vê cada vez mais pressionado em aumentar a produção em quantidade e qualidade dos produtos. Visto também o contínuo crescimento da população mundial, o que exige uma agricultura competitiva e tecnificada, além do compromisso moral de adotar práticas de irrigação econômica, social e ambientalmente sustentáveis (MANTOVANI et al., 2006 e SILVA et al., 2017), e com o intuito de que o agricultor tenha maior segurança

na plantação e não dependa apenas das condições climáticas para determinar o sucesso da lavoura, utiliza-se a irrigação como ferramenta para controlar o índice de água no solo/planta.

Gomes et al (2017) destaca a importância do controle hídrico, pois

“a utilização de ferramentas que auxiliem no monitoramento do teor de água no solo é importante no manejo da irrigação, pois a condição hídrica deve atender a necessidade de água da cultura. Assim sendo, quando o solo se encontra com deficiência hídrica, a água presente no sistema solo está de forma restrita acarretando danos ao metabolismo dos vegetais.”

Visto tamanha proporção que a prática da irrigação tomou em todo o mundo, ficam cada vez mais evidentes suas vantagens, destacando a segurança contra secas, a maior produtividade das culturas pelo uso intensivo do solo, a possibilidade de um programa de rotação de culturas e a melhoria da eficiência no uso de fertilizante. Dependendo do local a ser irrigado, seu clima, o tipo de cultura a ser cultivada e os recursos hídricos disponíveis nas proximidades da propriedade, é que o agricultor irá escolher qual tipo de irrigação utilizar, sendo a por aspersão o foco deste estudo, a qual possui uma ampla aplicabilidade e uniformidade de aplicação de água (MANTOVANI et al., 2006).

Diante do cenário atual de mudanças na escassez de água e no clima, se faz essencial uma gestão adequada, pois sem esta, a agricultura irrigada pode ser prejudicial ao meio ambiente e colocar em risco a sustentabilidade. E para atender a esta demanda iminente, as alternativas podem ser encontradas na alteração da quantidade de terra irrigada, na adoção de tecnologias de redução de risco e no ajuste das taxas de aplicação de água para culturas específicas, garantindo o aumento da produção e rentabilidade da área, aliado a preservação do ambiente utilizado (HOWDEN, 2007; OLEN et al., 2015; MANTOVANI et al., 2006).

2.2.2. Irrigação de forrageiras

No caso das espécies forrageiras, os padrões de disponibilidade hídrica (precipitação) e de evapotranspiração são alguns dos fatores que determinam a adaptação e produtividade. Além disso, a quantidade de água disponível para as plantas depende da textura e profundidade do solo, além das características de profundidade do sistema radicular. Assim, a irrigação auxilia na aplicação da água no solo com objetivo de fornecer às espécies vegetais a umidade ideal para seu desenvolvimento (ALENCAR, 2000).

Qualquer exploração pecuária depende de pastagens, seja para manutenção, crescimento ou produção dos animais, em condições mais saudáveis e econômicas. Assim, as pastagens se constituem como uma base segura e indispensável para qualquer atividade que

exija a nutrição de animais, uma vez que nessas culturas o teor de caroteno ou pré-vitamina A é maior do que em qualquer outro alimento, o que melhora a conservação do estado sanitário e reprodutivo do animal (MORAES, 1995). Pode-se afirmar também que é notável a importância do bom manejo de forrageiras, visto que uma lâmina uniforme e a quantidade correta de água na cultura podem trazer um alimento de qualidade o ano todo para os animais, auxiliando no engorde e abate destes em um menor período de tempo, o que acarreta em aumento da rentabilidade da propriedade (KIRCHNER, 2016).

Outro fator que merece destaque no âmbito da forrageiras é a grande parcela de produção de pastagens para consumo animal utilizada na agricultura familiar, onde mesmo sem acesso as novas tecnologias, o agricultor procura gerenciar a pastagem em uma integração solo-planta-animal de forma equilibrada, pois conforme Primavesi (2004), “o pasto faz o gado, e o gado faz o pasto”.

2.2.3. Produção na agricultura familiar

Com a pressão nos dias atuais sobre os agricultores para que produzam alimentos suficientes para uma crescente população humana, bem como a produção de agrocombustíveis, o incentivo à agricultura familiar se torna uma saída para abastecer o mercado, visto suas grandes vantagens: representam a chave para a segurança alimentar mundial; são mais produtivas e conservam mais os recursos naturais do que as monoculturas; quando apresentam diversidade, são exemplos de modelos de sustentabilidade; representam um santuário de agrobiodiversidade livre de organismos geneticamente modificados; e auxiliam a resfriar o clima (ALTIERI, 2012).

Para reforçar ainda mais o papel altamente significativo que a agricultura familiar desempenha junto à sociedade mundial, López et al. (2016) afirmam que estes agricultores sobreviveram as mudanças geradas no sistema agroalimentar após o início do século XXI, onde precisaram se adaptar à globalização, cada vez mais como protagonistas da proteção do espaço rural, sendo um elo entre a natureza e a sociedade, entre a produção e o consumo, aumentando assim sua relação com o consumidor que exige produtos menos industrializados e que tragam mais a essência da natureza nos alimentos.

2.2.4. Tecnologias aplicadas a produção e desenvolvimento rural

Na agricultura, diversos fatores podem influenciar na produtividade média e no potencial produtivo das lavouras. E para dar suporte na busca de uma maior produtividade

dos cultivos, as informações tecnológicas avançam constantemente, mas nem todos os produtores têm acesso e/ou usam tais ferramentas. Mesmo com inúmeras tecnologias, o produtor necessita de parâmetros para definir qual ou quais utilizar, já que não há sistema que se ajuste a todas as condições, sendo necessário criar alternativas adequadas às condições de cada local (MARCHESAN e SENSEMAN, 2010).

Atualmente o campo tecnológico não está mais tão distante do mundo rural quanto em meados dos anos 90, onde ocorreu a explosão de novas tecnologias, trazendo para os ambientes familiares os dispositivos computacionais, focando em uma nova visão de mobilidade, mudando a forma como trabalhamos, nos comunicamos, estudamos, nos divertimos e fazemos diversas atividades em diversos lugares, pois foi quebrado o paradigma de ficarmos “presos” em uma infraestrutura de comunicação de dados (MATEUS e LOUREIRO, 2004).

Dentro desta “mobilidade” encontramos diversas ferramentas que se tornaram indispensáveis em nosso dia-a-dia, cada uma com suas particularidades: smartphones, tablets, PDA’s, notebook e netbook. Segundo Rodrigues (2016),

“a evolução tecnológica dos últimos tempos permitiu a miniaturização e encapsulamento dos microcomputadores em aparelhos portáteis (*mobile*). Atualmente os dispositivos móveis estão em ascensão no cotidiano das pessoas, independentemente da classe social, devido às inúmeras opções de aparelhos disponíveis no mercado.”

Dentro desta crescente demanda, o mercado de smartphones é o que mais se destaca, sendo que estudos mostram que em 2004 mais de 3 bilhões de pessoas possuíam o aparelho, o correspondente a aproximadamente metade da população mundial. E muito mais para os adultos trabalhadores do que para os jovens, é necessário que o smartphone possua diversos recursos como câmeras, músicas, bluetooth, ótima interface visual, jogos, GPS, acesso à internet e e-mails, visto a dependência desta ferramenta em nossas tarefas diárias (LECHETA, 2010).

Para atender as diferentes demandas do mundo moderno, onde as empresas e os desenvolvedores buscam aprimorar plataformas, tornando-as cada vez mais modernas e ágeis, ao mesmo tempo que os usuários comuns buscam um dispositivo que possa levar para onde for e que tenha um visual moderno e elegante, mas sem perder a praticidade e a facilidade de utilizar, o Google trouxe ao mercado o Android, que consiste em uma plataforma de desenvolvimento para aplicativos móveis, baseada em um sistema operacional Linux (livre), com diversas aplicações já instaladas e, ainda, um ambiente de desenvolvimento bastante poderoso, ousado e flexível, e o mais importante: totalmente

gratuito para o usuário (LECHETA, 2010). Por sua notável simplicidade, praticidade e fácil acesso, o sistema Android foi tão bem aceito pela comunidade mundial que se tornou o sistema operacional mais utilizado no mundo, segundo Rodrigues (2016) *apud* Emarketer (2016), conforme Tabela 1.

Tabela 1: Os diferentes sistemas operacionais e suas quotas no mercado nacional e mundial

	Android	OS	Windows Phone	BlackBerry OS	Outros
Mundial	82,8%	3,2%	2,6%	0,3%	0,4%
Nacional	89,6%	3,3%	6,3%	0,2%	0,7%

Fonte: Rodrigues (2016) *apud* Emarketer (2016).

Aliado à facilidade de se utilizar diversos aplicativos gratuitos no Sistema Android, a empresa Google e o Instituto Tecnológico de Massachusetts – MIT dos Estados Unidos da América, uniram suas equipes para disponibilizar a ferramenta MIT App Inventor ao mundo, um ambiente de programação que tenta aproximar os jovens do mundo real que veem todos os dias, com o objetivo de mostrar que muitos dos aplicativos que utilizamos diariamente não são coisas apenas para programadores de alto nível ou que demorariam anos para serem desenvolvidos. A ferramenta baseia-se na lógica de programação transformada em blocos, onde, por meio de um ambiente totalmente visual e intuitivo, inspira o fortalecimento intelectual e criativo do usuário, que pode ser capaz de criar um aplicativo simples e funcional em apenas 30 minutos (WOLBER et al., 2014).

A história do App Inventor começou há pelo menos 40 anos, onde diversas pesquisas de diferentes programadores do MIT foram aperfeiçoando a ferramenta. Inicialmente, esta foi desenvolvida para demonstrar um ambiente de simulação - StarLogo, e posteriormente foi transformada em uma nova linguagem de programação simples, voltada para a fácil compreensão de crianças sobre os princípios de programação – Logo. Mesmo sem o apoio da comunidade acadêmica no projeto e sem a credibilidade que gostariam, um professor do MIT Media Lab, começou a desenvolver um sistema, a partir da linguagem Logo, que permitia às crianças programar robôs construídos com peças de Lego e peças móveis ativadas eletromecanicamente – kits Mindstorms da Lego. Ao trazer para o mundo da tecnologia a ferramenta App Inventor, seus criadores movimentaram o núcleo de desenvolvedores de softwares, incentivando diversas pesquisas sobre o impacto que o viés

educacional que o aplicativo propunha, e que estava se alcançando, transformando consumidores de tecnologia em criadores delas (HARDESTY, 2010).

Em pouco tempo o sistema operacional para dispositivos móveis ultrapassou as barreiras da área tecnológica, e alcançou todos os setores das cadeias produtivas, seja no intuito de controlar o transporte de uma carga de soja pelo tablete em tempo real, seja para um agrônomo prestar consultoria via email acessado do celular ou para realizar uma discussão de negócios via WhatsApp. Assim, os dispositivos móveis ganharam espaço significativo também no meio rural, e se tornaram indispensáveis para a aplicação de novas tecnologias que auxiliem na agricultura e pecuária.

2.3. Materiais e Métodos

A presente pesquisa caracteriza-se, quanto ao método de pesquisa, como método dedutivo, onde se utilizam enunciados e premissas para se chegar em uma conclusão necessária, levando em consideração a aplicação correta de regras lógicas através de uma cadeia de raciocínios (MARCONI E LAKATOS, 2003). Tem como método auxiliar o experimental, sendo este fundamentado na experiência, onde se utiliza um ambiente totalmente controlado para a verificação dos atributos do objetivos da pesquisa (MEZZARROBA e MONTEIRO, 2005), e o método estatísticos, onde será tratado um conjunto de elementos matemáticos pertinentes ao foco da pesquisa (MEZZARROBA e MONTEIRO, 2005). Quanto a natureza da pesquisa, pode-se caracterizá-la como aplicada, uma vez que através da aplicação de conceitos básicos serão geradas novas tecnologias e conhecimentos que poderão resultar em produtos, processos e patentes (OLIVEIRA NETO E MELO, 2006); quanto aos seus objetivos é exploratória, visando a descoberta e o achado e oportunizando a obtenção de patentes e geração de riqueza (OLIVEIRA NETO e MELO, 2006) e de campo. Quanto aos procedimentos mostra-se experimental, visando a descoberta de novos materiais, métodos e técnicas, e podendo ser empregados em micro ou macrossistemas (OLIVEIRA NETO e MELO, 2006); e quanto a técnica utilizada é quantitativa, pois trabalha com poucas variáveis observadas, porém estas são objetivas e medidas em escalas numéricas, pois mesmo observadas por diferentes pesquisadores, sempre chegarão ao mesmo resultado (WAINER, 2007), bem como qualitativa, uma vez caracterizado por ser um estudo aprofundado de um sistema no ambiente onde ele está sendo usado, conforme Wainer (2007), e prática, caracterizando-se por sua experimentalidade, podendo ser uma pesquisa de campo (MEZZARROBA e MONTEIRO, 2005).

Este estudo foi desenvolvido inicialmente através de um delineamento de pesquisa, onde foram estudados diversos temas pertinentes a esta, como solo, irrigação, plantas forrageiras, agricultura familiar e aplicativos para dispositivos móveis, bem como os subtemas influentes no campo de abordagem do mesmo. Após, foi realizada a coleta de dados, utilizando análise de solo das parcelas de diferentes culturas plantadas na Área Experimental da Universidade de Cruz Alta, RS, tendo como solo da região o LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico (EMBRAPA, 1997), com predominância de caulinita e óxido de ferro e teor de 60% de argila. Como subsídios para a análise de solo, foi conduzido um experimento com as culturas do 1) Sorgo Forrageiro AG 2501 (*Sorghum bicolor*); 2) Sorgo Forrageiro ADV 2800 (*S. bicolor*); 3) Milheto ADRF 6010 (*Pennisetum glaucum*); 4) Milheto Campeiro (*P. glaucum*); 5) Capim Sudão BRS Estribo (*Sorghum sudanense*). O experimento em questão serviu para que as condições de simulação e dos dados da curva fossem de áreas com cultivo de forrageiras, com a finalidade de se aproximar da realidade.

2.3.1. Coletas de dados

A fim de obter a curva e a fórmula de retenção de água no solo, procedeu-se as coletas do mesmo utilizando-se anéis volumétricos nas profundidades de 0-15cm e de 15-30cm, pois no campo foram instalados Tensiômetros nas profundidades de 15cm e 30cm. Cabe salientar que a opção de se obter uma curva nas duas profundidades deveu-se basicamente a caracterização do perfil do solo. Posteriormente os anéis foram enviados para o Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal de Santa Maria, onde delineou-se a curva de retenção obtendo, desta forma, os valores da Capacidade de Campos e Ponto de Murcha Permanente. Também foram determinados os valores da porosidade total, macro e microporosidade, e os valores de densidade do solo. Com estes dados obtêm-se a equação da curva de retenção de água no solo, como a Equação 01 proveniente dos dados do solo utilizado neste estudo, e será utilizado para definir o manejo da irrigação do experimento.

$$U = x |T^{-y}| \quad (1)$$

Sendo:

U = umidade do solo;

T = tensão de água no solo, em *atm*

x = valor 1 da curva

y= valor 2 da curva

As variáveis x e y devem ser preenchidas na hora do cadastro do talhão, já a tensão de água no solo deverá ser preenchida pelo usuário por meio da leitura do tensiômetro instalado no solo, em unidade de *atm*.

2.3.2. Desenvolvimento do Aplicativo

O software desenvolvido tem por objetivo, após ser calibrado com os dados do solo em questão, realizar automaticamente os cálculos para definir e mostrar ao usuário qual o melhor manejo de irrigação que deve ser aplicado na área utilizada para o cultivo de forrageiras.

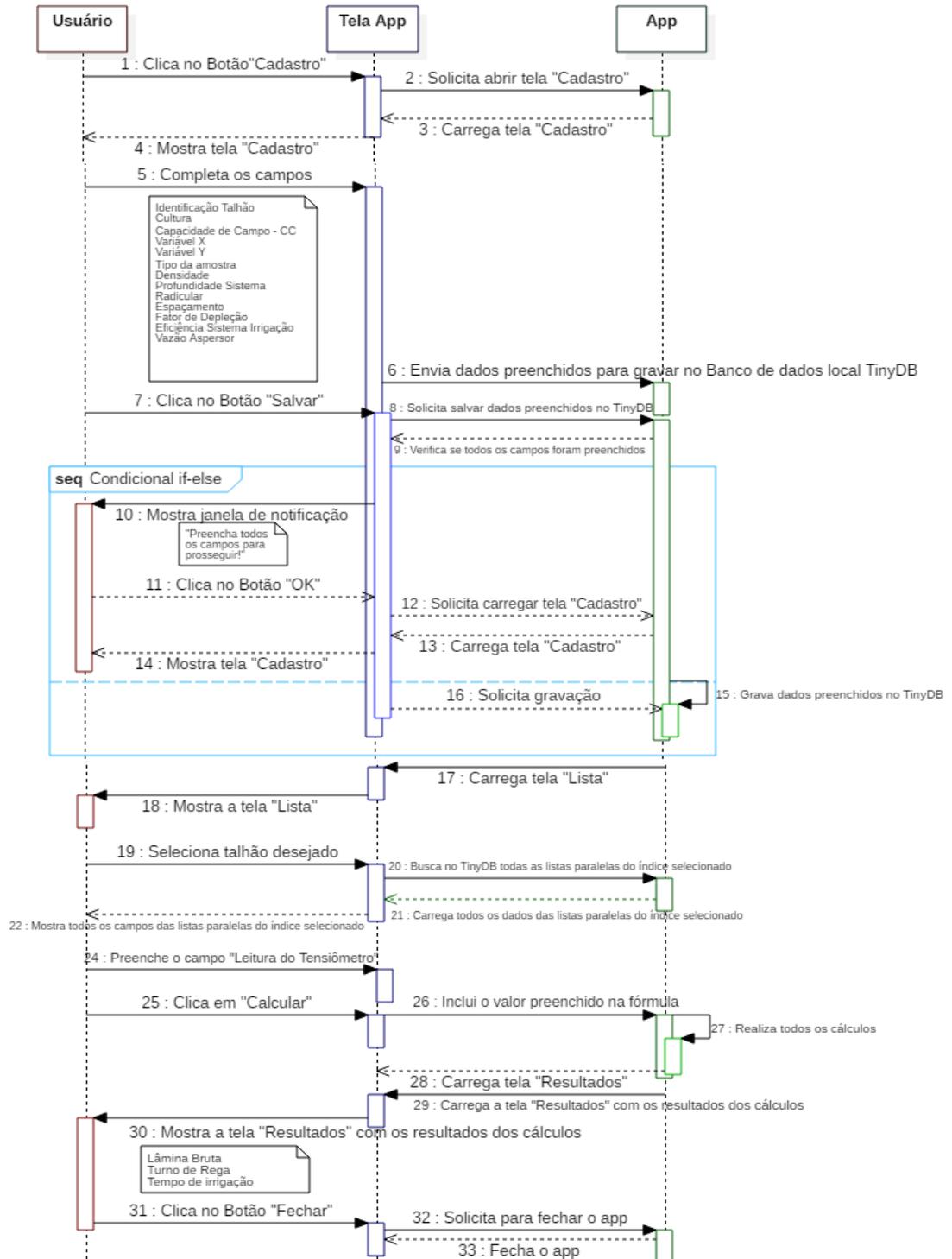
O aplicativo foi desenvolvido online utilizando a plataforma App Inventor 2, a qual traz de forma gratuita, todas as ferramentas necessárias para a criação de softwares para dispositivos móveis que utilizam o sistema operacional Android, independentemente de sua versão.

Ao desenvolver o aplicativo, buscou-se atender requisitos funcionais e não-funcionais da engenharia de software, onde este trata de padrões que definem se o sistema construído será eficiente no cumprimento da tarefa a que se propôs, e o que realmente faz em termo de tarefas e serviços; e mostra os requisitos que descrevem como o software se comporta, suas funcionalidades e suas ações diante de cada entrada de informações do usuário. Como requisitos não-funcionais trabalhou-se principalmente os de produto, onde desempenho, confiabilidade, eficiência e facilidade de uso foram levados em conta, para que o desenvolvimento do aplicativo se desse de forma a torna-lo simples, porém eficaz, para que o usuário utilize sem dificuldades e seu suporte por parte do desenvolvedor seja dispensável, a fim de trazer ao usuário uma maior autonomia no manejo correto da irrigação de sua propriedade (MACHADO, 2016).

Buscando uma organização focada nos resultados esperados do aplicativo, utilizou-se a linguagem UML (Unified Modeling Language) para demonstrar o funcionamento do software diante da interação do usuário com a inserção de informações, ou seja, foi criado um modelo abstrato de processo para a melhor visualização do comportamento dos

elementos a cada etapa da entrada de dados. Neste caso, foi construído um Diagrama de Sequência utilizando a linguagem UML, o qual retrata a interação em formato sequencial temporal de mensagens sendo enviadas entre instâncias, neste caso, o usuário, a tela do aplicativo e o sistema do mesmo, conforme Figura 3 (GUDWIN, 2015).

Figura 3: Diagrama de Sequência do aplicativo



Fonte: desenvolvido pelo autor.

Para que o usuário receba de forma precisa a indicação do melhor manejo da irrigação em questão, foram utilizadas fórmulas contendo variáveis que estarão pré-definidas no sistema ou que deverão ser informadas pelo usuário, conforme resultado na análise física do solo em que a cultura foi semeada; como Lâmina Líquida (Equação 2), Lâmina Bruta (Equação 3), Evapotranspiração da cultura (Equação 4), Turno de Rega (Equação 5), Intensidade de Aplicação (Equação 6), e Tempo de Irrigação (Equação 7).

$$LL = \frac{CC - PMP}{10} \times D \times Z \times \gamma \quad (2)$$

Sendo:

LL = Lâmina líquida;

CC = Capacidade de campo;

PMP = Ponto de murcha permanente;

D = Densidade;

Z = Profundidade radicular;

γ = Fator de depleção.

Cabe salientar que, na Equação da Lâmina Líquida (Equação 2) só será utilizada a variável de Densidade caso a análise física do solo for feita de forma gravimétrica, ou seja, por peso. Assim, para definir se o software irá utilizar esta variável ao realizar os cálculos, o usuário irá escolher, ao inserir os dados da cultura, se a análise foi feita por peso ou por volume.

Assim que o usuário definir a eficiência do sistema de irrigação por meio de uma porcentagem (por exemplo, 85% de eficiência), o software irá convertê-lo em número racional não inteiro (por exemplo 0,85), para que o mesmo seja utilizado na Equação 3.

$$LB = \frac{LL}{Efic} \quad (3)$$

Sendo:

LB = Lâmina bruta;

LL = Lâmina líquida;

Efic = Eficiência do sistema de irrigação.

Os dados para que o aplicativo resolva esta equação não necessitam de informações preenchidas pelo usuário, uma vez que a ET_o utilizada para este software será a média da região e solo onde o aplicativo está sendo desenvolvido e validado, obtido por meio do Método do Tanque Classe A realizado com os dados da estação meteorológica da Universidade de Cruz Alta. O K_c utilizado será igual a 1, pois, ele é difícil de ser mensurado e segundo Bortolotto et al. (2013), o K_c depende da arquitetura do sistema solo-planta-atmosfera, sendo que os dados das culturas no geral, são bastante variáveis de pendendo da metodologia, estágio fenológico, arranjo de plantas, etc.

$$ET_c = ET_o * K_c \quad (4)$$

Sendo: ET_c = evapotranspiração da cultura;

ET_o = evapotranspiração de referência;

K_c = coeficiente da cultura.

$$T_R = \frac{LL}{ET_c} \quad (5)$$

Sendo:

T_R = Turno de rega;

LL = Lâmina líquida;

ET_c = Evapotranspiração da cultura.

$$Ia = \frac{q_{asp}}{espaç} \quad (6)$$

Sendo:

Ia = Intensidade de aplicação;

q_{asp} = Vazão do aspersor;

espaç = Espaçamento dos aspersores.

$$Ti = \frac{LB}{Ia} \quad (7)$$

Sendo:

Ti = Tempo de irrigação;

LB = Lâmina bruta;

Ia = Intensidade de aplicação.

Após a realização dos cálculos por meio das equações supracitadas, o software mostra ao usuário dados que o mesmo utilizará para o correto manejo da irrigação, como Lâmina Bruta – em mm, Turno de rega – em dias, Tempo de irrigação total – em horas.

2.3.3. Layout do aplicativo

Buscando um layout simples e de fácil visualização, o aplicativo traz ao usuário caixas para inserção de texto sem formato específico ou apenas de números, sequência de botões liga/desliga para escolha única e botões de resposta rápida (salvar, trocar de página, fechar o aplicativo, calcular), totalizando apenas cinco telas de orientação vertical e barra de rolagem (quando necessário pelo número de informações mostradas), que mudam de uma para outra de forma leve, conforme o botão/ação que o usuário escolhe. Foram utilizadas cores padrão, como preto e branco, conforme a tela, e a imagem de plano de fundo de todas as telas é uma foto tirada pelo autor.

2.4. Resultados e Discussões

O aplicativo construído na plataforma do AppInventor 2 utiliza, para chegar aos resultados finais, as informações inseridas nele pelo usuário, através de cinco telas de fácil compreensão e navegação.

Na primeira vez que abrir o aplicativo ou sempre que quiser calcular o manejo de irrigação para uma nova área, o usuário precisar realizar o cadastro das informações obtidas na análise física de solo, em uma única tela, conforme mostram as Figuras 4, 5 e 6.

Figura 4: Tela de cadastro – posição 1



Fonte: o autor.

Figura 5: Tela de cadastro – posição 2



Fonte: o autor.

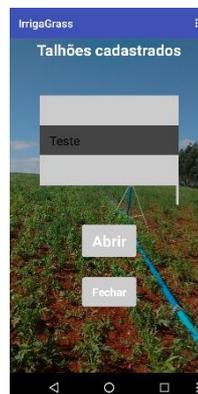
Figura 6: Tela de cadastro – posição 3



Fonte: o autor.

Após cada cadastro de uma nova área, esta será inserida na Lista de Talhões, que poderá ser acessada, sempre que o usuário quiser, em outra tela acessada pela Tela Inicial ou após o cadastro do novo Talhão (Figura 7).

Figura 7: Tela de Lista de Talhões Cadastrados



Fonte: o autor.

Ao cadastrar o talhão, assim que o usuário desejar obter o manejo correto da irrigação de sua plantação, é necessário apenas que insira na Tela de Leitura do Tensiômetro (Figura 8) o valor deste, e na Tela de Resultado será mostrado o valor que ele deve empregar de Lâmina bruta em “mm”, o Turno de rega em “dias” e o Tempo total de irrigação em “horas” (Figura 9).

Figura 8: Tela de
Leitura do Tensiômetro



Fonte: o autor.

Figura 9: Tela de Resultados



Fonte: o autor.

A fim de auxiliar na utilização do aplicativo IrrigaGrass, foi criado um Tutorial do Usuário, onde, de forma simples e clara, é mostrado passo a passo como são feitos os cadastros dos talhões e suas variáveis, como é inserido o valor da leitura do tensiômetro para obter o resultado correto do manejo, e as particularidades do software.

2.5. Conclusão

Ao realizar a pesquisa bibliográfica, pôde-se ter o embasamento dos conteúdos necessários para o delineamento do estudo, quais variáveis e fórmulas são necessárias para os cálculos garantiram um resultado seguro, no qual o usuário possa confiar o manejo de suas forrageiras. Além disso, após a construção do aplicativo IrrigaGrass e os testes de caixa preta com dados reais, ficou claro que o mesmo traz resultados corretos, como quando feitos “a mão”, porém, de forma rápida e simples, sem a necessidade de perder tempo calculando as variáveis em cada fórmula.

O IrrigaGrass, ao calcular a lâmina de irrigação nas diferentes tensões de água no solo, mostrou-se eficiente ao apresentar dados suficientes para o melhor manejo de irrigação de forrageiras de verão, a fim de trazer ao produtor uma maior rentabilidade e qualidade, agregadas

a sustentabilidade, pois o mesmo irá utilizar a irrigação apenas quando realmente necessário e na quantidade certa, evitando o encharcamento ou déficit hídrico da plantação, bem como o desperdício hídrico.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, Carlos Augusto Brasileiro de. **Pastagem E Cana-De-Açúcar, Irrigados Por Aspersão De Baixa Pressão**. II Simpósio de Produção de Gado de Corte. Minas Gerais, 2000. Disponível em <www.researchgate.net/profile/Carlos_Alencar3/publication/228462827_Pastagem_e_cana-de>.

ALTIERI, Miguel. **Agroecologia: Bases Científicas Para Uma Agricultura Sustentável**. Editora Expressão Popular. São Paulo, 2012.

BERNARDO, Salassier, SOARES, Antonio Alves, MANTOVANI, Everardo Chartuni. **Manual De Irrigação**. 8ª edição. Viçosa: UFV, 2006.

BORTOLOTTO, Rafael Pivotto. BRUNO, Isabeli Pereira., DOURADO-NETO, Durval, TIMM, Luis Carlos, SILVA, Adilson Nunes da, REICHARDT, Klaus. **Nitrate leaching through climatologic water balance in a fertigated coffe plantation**. Revista Ceres, Vol. 60, nº 06. Viçosa, 2013.

CARNEIRO, Gracielly Cristina., DINIZ, Noris Costa. **Agricultura irrigada no foco da Geotecnologia**. Editora UnB. Brasília, 2014.

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Vol. 2, 1997.

GOMES, Edilson Ramos., COSCOLIN, Renata Bruna dos Santos., LIMA, Jéssica de., ZUÑIGA, Enrique Alonso., MACHUCA, Luz Maria Ruíz., BROETTO, Fernando. **Utilização de sensor e tensiômetro no monitoramento da umidade do solo na cultura do feijoeiro sob deficiência hídrica**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.11, nº.7, p. 2076 – 2083. Fortaleza, 2017. Disponível em <web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=a8393dc2-cd70-4c09-87aa-77b0f2d0bc1d%40sessionmgr102>.

GUDWIN, Ricardo R. **Engenharia de Software: Uma Visão Prática**. 2ª ed. DCA – FFEC – UNICAMP. Campinas, 2015. Disponível em

<<http://faculty.dca.fee.unicamp.br/gudwin/sites/faculty.dca.fee.unicamp.br.gudwin/files/ea975/ESUVP2.pdf>>.

HARDESTY, Larry. **The MIT roots of Google's new software.** MIT News Office. California – EUA, 2010. Disponível em <<http://news.mit.edu/2010/android-abelson-0819>>.

HOWDEN, S. Mark., SOUSSANA, Jean-François., TUBIELLO, Francesco N., CHHETRI, Netra., DUNLOP, Michael., MEINKE, Holger. **Adapting agriculture to climate change.** Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America – PNAS. Vol. 104, nº 50. EUA, 2007. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/5771975_Adapting_Agriculture_to_Climate_Change>.

JR, Arlindo Philippi., REIS, Lineu Belico dos. **Energia e sustentabilidade.** Editora Manole. Barueri, 2016.

KIRCHNER, Jardel Henrique. **Influência de diferentes lâminas de irrigação na produção de sorgo forrageiro.** Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2016. Disponível em <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7616/KIRCHNER%2c%20JARDEL%20HENRIQUE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>.

LECHETA, Ricardo L. **Google Android – aprenda a criar aplicações para dispositivos móveis com o Android sdk.** Editora Novatec, 2010.

LIER, Quirijn de Jong van. **Física do Solo.** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, Minas Gerais, 2010.

LÓPEZ-SANTANA, E.; ESPEJO-DÍAZ, J.; MÉNDEZ-GIRALDO, G. **Modelo de programación entera mixta para programación y ruteo en cuidado a la salud domiciliaria considerando la promesa de servicio.** In: III Congreso Internacional de Industria y Organizaciones–“Gestión de Cadenas de Abastecimiento en un Mundo Cambiante”, Cali. 2016. p. 1-8.

MACHADO, Felipe Nery Rodrigues. **Análise e gestão de requisitos de software: onde nascem os sistemas.** Editora Ética, 3ª ed. São Paulo, 2016. Disponível em <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=MYdiDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=requisitos+funcionais+e+n%C3%A3o-funcionais+software&ots=DjYemEd3N5&sig=EEg9eVJqr8VMtxB34_uHJi41vFE#v=onepage&q=requisitos%20funcionais%20e%20n%C3%A3o-funcionais%20software&f=false>.

MANTOVANI, Everardo Chartuni, BERNARDO, Salassier, PALARETTI, Luiz Fabiano. **Irrigação – Princípios e Métodos**. Viçosa: Ed. UFV, 2006.

MARCHESAN, Enio., SENSEMAN, Scott Allen. **Brazilian university technology transfer to rural areas**. Revista Ciência Rural, Vol. 10, nº 10. Santa Maria, 2010.
Disponível em
<<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=1c369be4-5aa3-400f-9697-bcf2e6d95709%40pdc-v-sessmgr02>>.

MARCONI, Marina de Andrade, LAKATOS, Eva Maria;. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5.Ed. Editora Atlas. São Paulo, 2003.

MATEUS, Geraldo Robson. LOUREIRO, Antonio Alfredo Ferreira. **Introdução à computação móvel**. Departamento de Ciência da Computação da UFMG, 2004.

MEZZAROBBA, Orides, MONTEIRO, Claudia Servilha. **Manual de Metodologia da Pesquisa do Direito**. 2. Ed. Revisada. 2. Tiragem. Editora Saraiva. São Paulo, 2005.

MORAES, Ytamar J. B. **FORAGEIRAS – Conceitos, Formação E Manejo**. Livraria e Editora Agropecuária. Guaíba, 1995.

OLEN, Beau., WU, Junjie., LANGPAP, Christian. **Irrigation decisions for major west coast crops: water scarcity and climatic determinants**. Oxford University Press on behalf of the Agricultural and Applied Economics Association. EUA, 2015.

OLIVEIRA NETO, Alvim Antonio de; MELO, Carina de. **Metodologia da Pesquisa Científica: Guia Prático para Apresentação de Trabalhos Acadêmicos**. 2. Ed. Revisada e atualizada. Visual Books. Florianópolis, 2006.

PRIMAVESI, Ana. **Manejo ecológico de pastagens: em regiões tropicais e subtropicais**. Editora Nobel. São Paulo, 2004.

RIGHES, Afranio Almir., AMARAL, Luís Gustavo Henriques do., COSTA, Rafael Dalla., ROSA, Genésio Mario da., WILLES, Jorge Alex., GOMES, Ana Carla dos Santos. **Determinação da Água do Solo e na Planta para Irrigação**. Editora Imprensa Universitária. Santa Maria, 2003.

RODRIGUES, Amnon Amoglia. **IrrigBlue: módulo de controle e aplicativo android para manejo da irrigação**. Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará. Ceará, 2016

SILVA, Nelmício Furtado da., CUNHA, Fernando Nobre., TEIXEIRA, Marconi Batista., SOARES, Frederico Antonio Loureiro., SOUZA, Camylla Vieira de. **Temporal variation of the matric potential of a latosol monitored by tensiometry.** Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.11, nº.3, p. 1468 – 1475. Fortaleza, 2017. Disponível em <<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=42727117-359f-4e30-a138-c2a2976ffbeb%40pdc-v-sessmgr01>>.

WAINER, Jacques. **Métodos de pesquisa quantitativa e qualitativa para a ciência da Computação.** Universidade Estadual de Campinas. São Paulo: 2007.

WOLBER, David., ABELSON, Hal., SPERTUS, Ellen., LOONEY, Liz. **App Inventor 2 – Create your own Android Apps.** Editora O’Reilly Media. California - EUA, 2014.

3. TUTORIAL DO APLICATIVO

IrrigaGrass: aplicativo para manejo de irrigação de forrageiras

Autora: Taísa Belzarena Monteiro
Orientador: Prof. Dr. João Fernando Zamberlan
Co-Orientador: Prof. Dr. Rafael Pivotto Bortolotto

3.1 Introdução

Um dos setores que mais utiliza grandes volumes de água é o da agricultura, trazendo mais segurança aos produtores, prevenindo contra secas e instabilidades climáticas, e garantindo um cultivo de qualidade e uma safra que compense todo o cuidado, tempo e investimento depositado na lavoura. Porém, é necessária racionalização ao utilizar os recursos hídricos, principalmente quando manejados sem limites, pois a utilização descontrolada pode resultar em danos ao solo, a produção e ao meio ambiente. Nesse sentido, e buscando utilizar os avanços da tecnologia para auxiliar no desenvolvimento das atividades rurais, o aplicativo IrrigaGrass para dispositivos móveis, foi desenvolvido para que o agricultor familiar tenha recursos concretos e corretos na hora de irrigar sua plantação de forrageira, utilizando dados gerados especialmente para as condições físicas da sua propriedade, e indicando o melhor manejo de irrigação por aspersão que utilize apenas a água necessária para o bom desenvolvimento da cultura.

O aplicativo tem como foco o agricultor familiar, buscando auxiliá-lo na tomada de decisão de quando e quanto irrigar, de maneira simples, rápida e clara, sendo de fácil execução e interpretação.

3.2 Conhecendo o aplicativo

O aplicativo IrrigaGrass, o qual significa “Irriga Pasto”, foi desenvolvido para smartphones com o sistema Android (qualquer versão), é de fácil uso e não necessita de treinamento para ser utilizado, pois este Manual mostra todos os passos a serem seguidos para que o resultado seja mostrado da forma correta para o usuário.

O IrrigaGrass é dividido em apenas cinco telas, onde o usuário avança de uma tela para a outra apertando em botões, sem precisar estar conectado na Internet. Inicialmente o usuário precisa colocar o arquivo do aplicativo no celular e instalar, procedimento rápido e sem complicação. Antes de começar a utilizar o aplicativo, o usuário deve instalar um tensiômetro no solo que deseja irrigar, e ter em mãos os resultados de uma análise física desse solo, pois essas informações deverão ser colocadas no aplicativo para fazer os cálculos do manejo da irrigação.

3.3 O que é necessário para utilizar o aplicativo?

Pelo IrrigaGrass ser um aplicativo para dispositivos móveis, inicialmente é preciso ter um smartphone com sistema Android, mas não é necessário ter acesso à Internet.

Para alimentar o sistema, será necessário o resultado de uma amostra física do solo utilizado, onde serão colocados no aplicativo alguns valores: capacidade de campo – cc, variáveis 1 e 2 da curva de retenção de água no solo e densidade do solo. É preciso também que seja colocado no solo um tensiômetro, enterrado na mesma profundidade média dos sistemas radiculares das culturas forrageiras utilizadas.

Algumas informações que serão necessárias já devem ser de conhecimento do usuário/ produtor: tipo da cultura forrageira utilizada – leguminosas, gramíneas ou consórcio, profundidade do sistema radicular da cultura (de 15 a 30cm), fator de depleção (20%, 30% ou 40%), eficiência do sistema de irrigação por aspersão, espaçamento dos aspersores e a vazão do aspersor.

A fim de auxiliar na melhor identificação das variáveis necessárias para o funcionamento do aplicativo, tanto na análise física do solo quanto as de conhecimento do produtor, seguem algumas definições das mesmas:

- Capacidade de Campo – CC: capacidade máxima que o solo tem de guardar água nos poros, pode se dizer que quando “o solo está em capacidade de campo” ele não precisa mais de água; valor aparece na análise física do solo; mostrado em porcentagem;
- Variável 1: valor 1 da curva de retenção de água no solo obtida pela análise física do solo;
- Variável 2: valor 2 da curva de retenção de água no solo obtida pela análise física do solo;
- Método utilizado na amostra de solo – Volumétrico ou Gravimétrico: se a amostra de solo levada no laboratório for retirada por um anel de volume, pode-se utilizar o método volumétrico, mas se a amostra foi deformada por outra forma de retirada do solo, o método utilizado será o gravimétrico ou por peso, e que precisa da densidade para os cálculos do aplicativo;
- Densidade do solo: representa a relação de massa do solo sobre o volume ocupado total; obtida na análise física do solo; em g/cm³;

- Profundidade do sistema radicular: profundidade média que a raiz da cultura plantada atinge; em cm;
- Fator de depleção: quantidade de água consumida do total da capacidade de água disponível; em %;
- Eficiência do sistema de irrigação: quantidade de água aplicada no solo pela irrigação que ficará disponível para a planta, descontando as perdas inerentes do sistema; em %;
- Espaçamento dos aspersores: espaço alcançado por cada aspersor, geralmente é um número múltiplo de “6” em função do comprimento comercial da tubulação; em “valor” X “valor”; em metros; por exemplo: 18 x 18m, 12 x 24m
- Vazão do aspersor: vazão de água que sai de cada aspersor; produtor deve ter essa informação, que geralmente consta no manual do aspersor; m³/h;
- Tipo de cultura – leguminosa, gramínea ou consórcio: se a cultura plantada é uma forrageira do tipo leguminosa, gramínea ou uma combinação de várias; produtor deve ter essa informação.

3.4 Primeiro uso do aplicativo

Ao fazer o primeiro contato com o aplicativo, é recomendável que o produtor tenha para auxiliá-lo um engenheiro agrônomo, para que não haja dúvidas na interpretação do resultado da análise física do solo e que as informações dela sejam colocadas no campo certo no aplicativo.

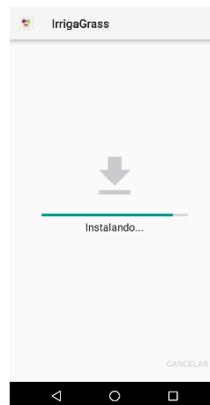
Segue abaixo descrição, passo-a-passo, da primeira utilização do aplicativo:

3.4.1 Instalar o aplicativo no celular com Android

Ao colocar o arquivo “IrrigaGrass.apk” no celular, e clicar para abrir, ele irá perguntar se quer instalar:



Após, será iniciada a instalação, a qual é rápida e sem complicações:



Quando o aplicativo terminar sua instalação, ele perguntará se quer apenas "concluir" a instalação ou "abrir" o aplicativo:



Pronto! Seu aplicativo IrrigaGrass está instalado e pronto para ser usado.

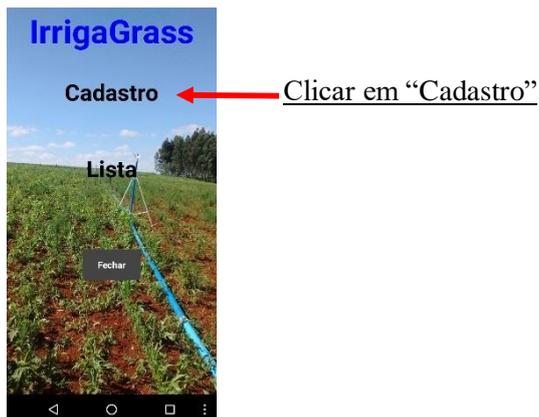
3.4.2 Abrir o aplicativo

Ao abrir o IrrigaGrass, será mostrada a Tela inicial, com as opções de “Cadastro” onde pode ser realizado o cadastro dos talhões da propriedade, “Lista” onde os talhões cadastrados aparecem e “Fechar” para encerrar o aplicativo.

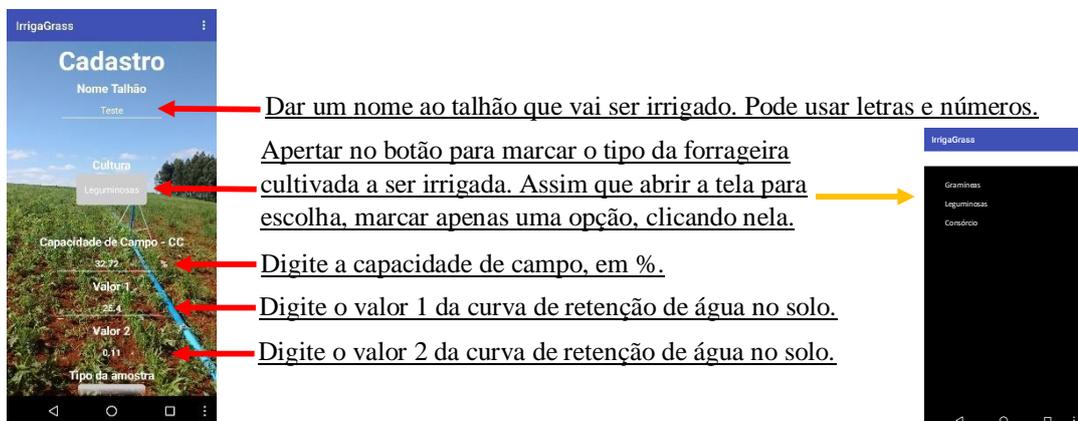


3.4.3 Cadastrar um novo talhão

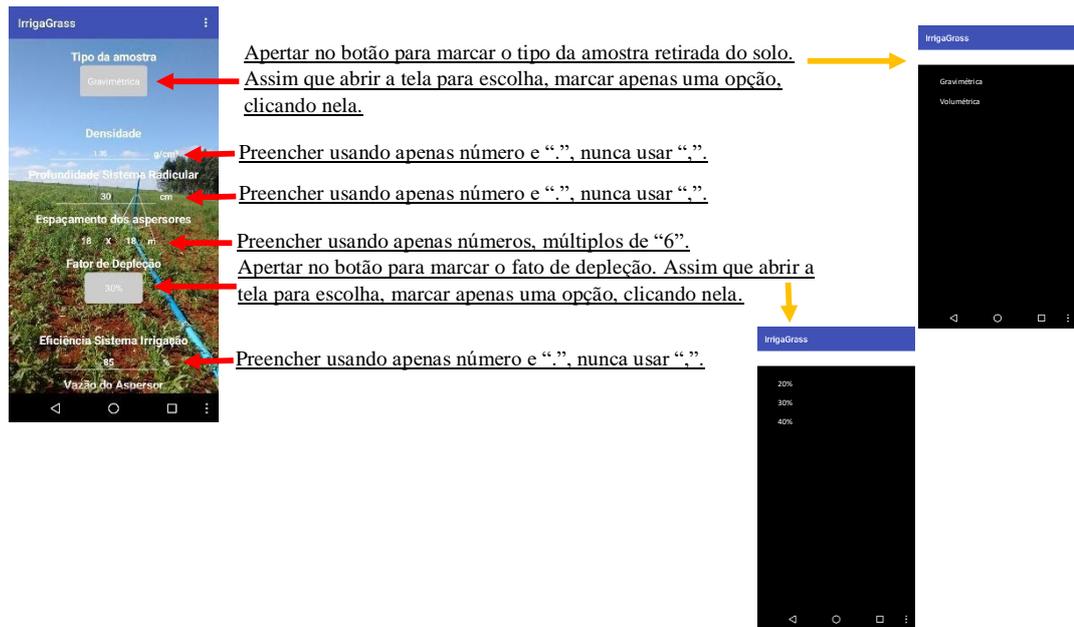
Para cadastrar um novo talhão, clicar no botão “Cadastro” na tela inicial do aplicativo:



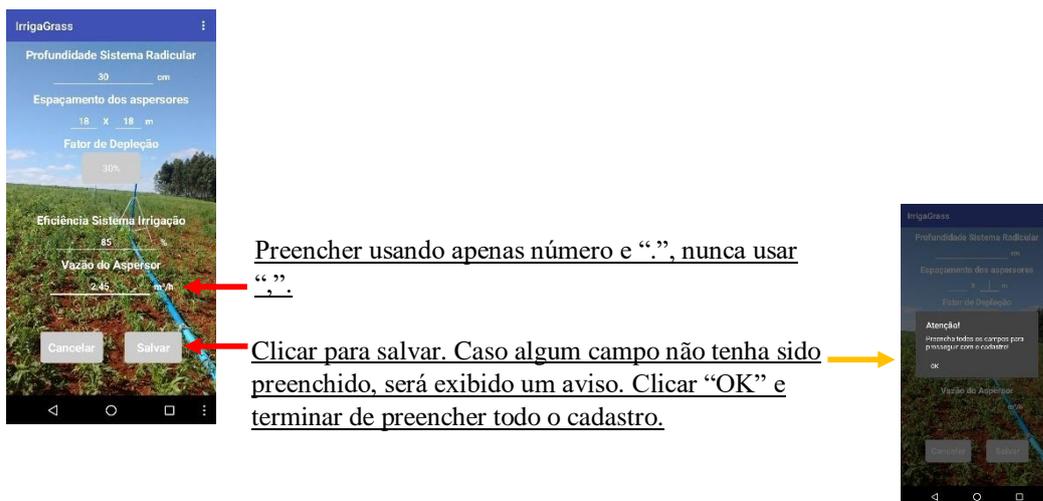
Ao abrir a nova tela de “Cadastro”, completar ou escolher todos os campos da tela, rolando a mesma para baixo para terminar o cadastro:



Rolar a tela para baixo, na barra de rolagem no canto direito, para continuar o cadastro:



Rolar a tela para baixo, na barra de rolagem no canto direito, para completar o(s) campo(s) que falta(m), e clique em “Salvar”:

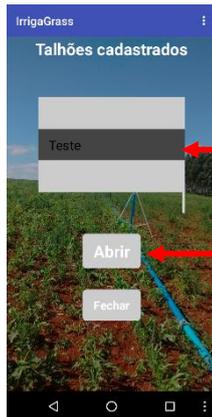


Ao salvar o novo cadastro, abrirá a tela de Lista de Talhões Cadastrados.

3.4.4 Usando o aplicativo junto com o Tensiômetro

Assim que um ou mais talhões e suas variáveis forem cadastrados, já é possível utilizar o valor da leitura do tensiômetro instalado no solo para obter os resultados do manejo de irrigação.

Para tal, é necessário escolher o nome do talhão cadastrado necessário:



Clicar no nome do talhão desejado. Ao selecionado, ele ficará cinza escuro. Selecionar apenas um talhão por vez.

Clicar em “Abrir”.

Ao selecionar o nome do talhão e clicar no botão “Abrir”, será aberta a tela “Leitura do Tensiômetro”, onde serão mostradas as informações daquele talhão, já cadastradas pelo usuário anteriormente. O usuário deverá preencher o campo “Leitura do tensiômetro” com o valor lido pelo aparelho instalado no solo, e clicar no botão “Calcular”:



Preencher com o valor da leitura do tensiômetro. Usar apenas números e “.”, não usar “,”.

Clicar no botão “Calcular”.

Ao preencher o valor da leitura do tensiômetro e escolher “Calcular”, o aplicativo fará todos os cálculos necessário para mostrar os resultados, os quais aparecerão na tela “Resultado” que abrirá em seguida, mostrando os valores de “Lâmina bruta” em “mm”, “Turno de Rega” em “dias” e “Tempo total de irrigação” em “horas”.



Mesmo após o usuário solicitar ao aplicativo que faça os cálculos do correto manejo de irrigação de sua forrageira, os talhões e suas informações cadastradas estarão sempre a disposição, para que o usuário faça uma nova leitura do tensiômetro e obtenha novo resultado sempre que quiser.

3.5 Considerações Finais

Ao utilizar o IrrigaGrass, o usuário terá uma ferramenta precisa e que traz o resultado do melhor manejo de irrigação de sua forrageira de verão, sem precisar fazer grande cálculos na calculadora ou à mão, e principalmente, tendo informações corretas para a tomada de decisão de quando e quanto irrigar, o que aliado ao seu conhecimento, poderá trazer a sua propriedade uma maior rentabilidade, qualidade da cultura e uma economia hídrica que beneficia a planta, a propriedade, o “bolso” do produtor e principalmente o meio ambiente.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao estudar o cenário da agricultura familiar como produtora de forrageiras, sendo este o principal alimento para sustentar a produção leiteira da mesma propriedade, pôde-se verificar que muitas vezes o manejo da irrigação, quando esta se dá mais especificamente por aspersão, é feito de forma empírica, seja pelo baixo nível de condições de investimento tecnológico ou pela possível falta de intimidade com as tecnologias que estão ao alcance desta classe rural. Assim, este produtor utiliza como parâmetro sua experiência, a qual irá direcionar a forma como realizar o manejo da cultura plantada, a quantidade de água utilizada na irrigação, quando ligar e quando desligar os aspersores, mesmo sem a certeza de se o solo/planta realmente necessitam de água no momento.

No intuito de oferecer uma possibilidade para sanar tais fragilidades da irrigação de propriedades de agricultores familiares que tem como atividade secundária a forragicultura para alimentação de gado produtor de leite, este estudo cumpre com seu objetivo, de desenvolver um aplicativo gratuito para dispositivos móveis, o qual traz ao produtor informações que servem como subsídio para a tomada de decisão do melhor manejo de irrigação por aspersão para sua propriedade, utilizando os recursos hídricos que realmente são necessário, sem desperdício, contribuindo para o crescimento saudável da forrageira e para uma maior rentabilidade da cultura.

Oferecendo um aplicativo de fácil utilização, com uma linguagem informal e de entendimento rápido e intuitivo, este estudo, por meio do IrrigaGrass, pode se tornar um aliado do produtor, o qual terá na mão uma ferramenta simples e eficaz, pois quando utilizado juntamente com o tensiômetro, aparelho barato e preciso quando a quantidade de água não for muito reduzida, o aplicativo trará informações diretas e que auxiliarão de forma correta o manejo da irrigação, aproximando o produtor das tecnologias que estão sendo aliadas ao homem do campo, e devem ser utilizadas sempre que possível, para o bem do desenvolvimento rural.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, Carlos Augusto Brasileiro de. **Pastagem E Cana-De-Açúcar, Irrigados Por Aspersão De Baixa Pressão**. II Simpósio de Produção de Gado de Corte. Minas Gerais, 2000. Disponível em <www.researchgate.net/profile/Carlos_Alencar3/publication/228462827_Pastagem_e_cana-de>.

ALTIERI, Miguel. **Agroecologia: Bases Científicas Para Uma Agricultura Sustentável**. Editora Expressão Popular. São Paulo, 2012.

BERNARDO, Salassier, SOARES, Antonio Alves, MANTOVANI, Everardo Chartuni. **Manual De Irrigação**. 8ª edição. Viçosa: UFV, 2006.

BORTOLOTTO, Rafael Pivotto. BRUNO, Isabeli Pereira., DOURADO-NETO, Durval, TIMM, Luis Carlos, SILVA, Adilson Nunes da, REICHARDT, Klaus. **Nitrate leaching through climatologic water balance in a fertigated coffe plantation**. Revista Ceres, Vol. 60, nº 06. Viçosa, 2013.

CARNEIRO, Gracielly Cristina., DINIZ, Noris Costa. **Agricultura irrigada no foco da Geotecnologia**. Editora UnB. Brasília, 2014.

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Vol. 2, 1997.

GOMES, Edilson Ramos., COSCOLIN, Renata Bruna dos Santos., LIMA, Jéssica de., ZUÑIGA, Enrique Alonso., MACHUCA, Luz Maria Ruíz., BROETTO, Fernando. **Utilização de sensor e tensiômetro no monitoramento da umidade do solo na cultura do feijoeiro sob deficiência hídrica**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.11, nº.7, p. 2076 – 2083. Fortaleza, 2017. Disponível em <web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=a8393dc2-cd70-4c09-87aa-77b0f2d0bc1d%40sessionmgr102>.

GUDWIN, Ricardo R. **Engenharia de Software: Uma Visão Prática**. 2ª ed. DCA – FFEC – UNICAMP. Campinas, 2015. Disponível em <<http://faculty.dca.fee.unicamp.br/gudwin/sites/faculty.dca.fee.unicamp.br/gudwin/files/ea975/ESUVP2.pdf>>.

HARDESTY, Larry. **The MIT roots of Google's new software**. MIT News Office. California – EUA, 2010. Disponível em <<http://news.mit.edu/2010/android-abelson-0819>>.

HOWDEN, S. Mark., SOUSSANA, Jean-François., TUBIELLO, Francesco N., CHHETRI, Netra., DUNLOP, Michael., MEINKE, Holger. **Adapting agriculture to climate change.** Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America – PNAS. Vol. 104, nº 50. EUA, 2007. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/5771975_Adapting_Agriculture_to_Climate_Change>.

JR, Arlindo Philippi., REIS, Lineu Belico dos. **Energia e sustentabilidade.** Editora Manole. Barueri, 2016.

KIRCHNER, Jardel Henrique. **Influência de diferentes lâminas de irrigação na produção de sorgo forrageiro.** Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2016. Disponível em <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7616/KIRCHNER%2c%20JARDEL%20HENRIQUE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>.

LECHETA, Ricardo L. **Google Android – aprenda a criar aplicações para dispositivos móveis com o Android sdk.** Editora Novatec, 2010.

LIER, Quirijn de Jong van. **Física do Solo.** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, Minas Gerais, 2010.

LÓPEZ-SANTANA, E.; ESPEJO-DÍAZ, J.; MÉNDEZ-GIRALDO, G. **Modelo de programación entera mixta para programación y ruteo en cuidado a la salud domiciliaria considerando la promesa de servicio.** In: III Congreso Internacional de Industria y Organizaciones–“Gestión de Cadenas de Abastecimiento en un Mundo Cambiante”, Cali. 2016. p. 1-8.

MACHADO, Felipe Nery Rodrigues. **Análise e gestão de requisitos de software: onde nascem os sistemas.** Editora Ética, 3ª ed. São Paulo, 2016. Disponível em <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=MYdiDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=requisitos+funcionais+e+n%C3%A3o-funcionais+software&ots=DjYemEd3N5&sig=EEg9eVJqr8VMtxB34_uHJi41vFE#v=onepage&q=requisitos%20funcionais%20e%20n%C3%A3o-funcionais%20software&f=false>.

MANTOVANI, Everardo Chartuni, BERNARDO, Salassier, PALARETTI, Luiz Fabiano. **Irrigação – Princípios e Métodos.** Viçosa: Ed. UFV, 2006.

MARCHESAN, Enio., SENSEMAN, Scott Allen. **Brazilian university technology transfer to rural areas.** Revista Ciência Rural, Vol. 10, nº 10. Santa Maria, 2010.

Disponível em

<<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=1c369be4-5aa3-400f-9697-bcf2e6d95709%40pdc-v-sessmgr02>>.

MARCONI, Marina de Andrade, LAKATOS, Eva Maria;. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5.Ed. Editora Atlas. São Paulo, 2003.

MATEUS, Geraldo Robson. LOUREIRO, Antonio Alfredo Ferreira. **Introdução à computação móvel**. Departamento de Ciência da Computação da UFMG, 2004.

MEZZAROBA, Orides, MONTEIRO, Claudia Servilha. **Manual de Metodologia da Pesquisa do Direito**. 2. Ed. Revisada. 2. Tiragem. Editora Saraiva. São Paulo, 2005.

MORAES, Ytamar J. B. **Forrageiras – Conceitos, Formação E Manejo**. Livraria e Editora Agropecuária. Guaíba, 1995.

OLEN, Beau., WU, Junjie., LANGPAP, Christian. **Irrigation decisions for major west coast crops: water scarcity and climatic determinants**. Oxford University Press on behalf of the Agricultural and Applied Economics Association. EUA, 2015.

OLIVEIRA NETO, Alvim Antonio de; MELO, Carina de. **Metodologia da Pesquisa Científica: Guia Prático para Apresentação de Trabalhos Acadêmicos**. 2. Ed. Revisada e atualizada. Visual Books. Florianópolis, 2006.

PRIMAVESI, Ana. **Manejo ecológico de pastagens: em regiões tropicais e subtropicais**. Editora Nobel. São Paulo, 2004.

RIGHES, Afranio Almir., AMARAL, Luís Gustavo Henriques do., COSTA, Rafael Dalla., ROSA, Genésio Mario da., WILLES, Jorge Alex., GOMES, Ana Carla dos Santos. **Determinação da Água do Solo e na Planta para Irrigação**. Editora Imprensa Universitária. Santa Maria, 2003.

RODRIGUES, Amnon Amoglia. **IrrigBlue: módulo de controle e aplicativo android para manejo da irrigação**. Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará. Ceará, 2016

SILVA, Nelmício Furtado da., CUNHA, Fernando Nobre., TEIXEIRA, Marconi Batista., SOARES, Frederico Antonio Loureiro., SOUZA, Camylla Vieira de. **Temporal variation of the matric potential of a latosol monitored by tensiometry**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.11, nº.3, p. 1468 – 1475. Fortaleza, 2017. Disponível em

<<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=42727117-359f-4e30-a138-c2a2976ffbeb%40pdc-v-sessmgr01>>.

WAINER, Jacques. **Métodos de pesquisa quantitativa e qualitativa para a ciência da Computação**. Universidade Estadual de Campinas. São Paulo: 2007.

WOLBER, David., ABELSON, Hal., SPERTUS, Ellen., LOONEY, Liz. **App Inventor 2 – Create your own Android Apps**. Editora O'Reilly Media. California - EUA, 2014.