

**Utilização da plataforma Android no desenvolvimento  
de um aplicativo para o cálculo do Balanço Hídrico  
Climatológico**

**Luciano Édipo Pereira da Silva**

Prof. Msc. Evandro Cesar Bracht(Orientador)

Novembro de 2009

# Utilização da plataforma Android no desenvolvimento de um aplicativo para o cálculo do Balanço Hídrico Climatológico

Luciano Édipo Pereira da Silva

Este exemplar corresponde à redação final da monografia da disciplina Projeto Final de Curso II devidamente corrigida e defendida por Luciano Édipo Pereira da Silva e aprovada pela Banca Examinadora, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Dourados, 25 de Novembro de 2009.

Prof. Msc. Evandro Cesar Bracht  
(Orientador)

# Utilização da plataforma Android no desenvolvimento de um aplicativo para o cálculo do Balanço Hídrico Climatológico

Luciano Édipo Pereira da Silva

Novembro de 2009

## **Banca Examinadora:**

- Prof. Msc. Evandro Cesar Bracht (Orientador)
- Prof. Msc. Delair Osvaldo Martinelli Júnior
- Prof. Msc. Ricardo Luís Lachi

# Resumo

O Balanço Hídrico Climatológico (BHC), possibilita aos produtores rurais a obtenção de informações sobre a disponibilidade hídrica do solo, tal informação tem sua utilização principalmente no campo, regiões normalmente com difícil acesso a internet de banda larga. Visando solucionar esse problema, desenvolvemos o aplicativo para celulares denominado BHCMóvel. Tal aplicativo possibilita a coleta de dados climatológico, realiza o cálculo do BHC de uma determinada região e, por meio desses resultados, os produtores rurais ou outros interessados podem saber qual a quantidade de água presente no solo, definir se esta quantidade está dentro de um intervalo de segurança determinado para as culturas, decidir se é necessário irrigar e qual a quantidade de água necessária nesta irrigação. Tal aplicativo foi desenvolvido para a plataforma Android, que possui código aberto e gratuito, composto por um sistema operacional, *runtime*, bibliotecas e *framework* de aplicativos.

# Abstract

According to climatological water balance (BHC), farmers are able to obtain information about soil water availability, such information are mainly used regions usually with restrict access to broadband Internet. To overcome this problem, we developed the application for mobile phones called BHCMóvel. With this application is possible to collect climatological data, performs the calculation of BHC in a given region, and through these results, the farmers or other stakeholders can see how much water is in the soil, determine whether this amount is within a security range for the given cultures, and decide whether to irrigate and how much water is needed. This application was developed for the Android platform, which has a free and open source, and has an operating system, runtime, libraries and application framework.

# Agradecimentos

A minha família, pelos ensinamentos, pelo apoio, amor, carinho e alegrias que me proporcionaram durante a minha vida. Agradeço em especial aos meus tios, José Ivair e Ivani que contribuíram de forma significativa durante toda minha vida, aos quais devo muitos agradecimentos.

Aos amigos, que sempre estiveram ao meu lado e me deram forças para continuar essa caminhada, e que incentivaram e apoiaram durante toda esta etapa de minha vida.

Aos amigos de turma, Jurandir, Dione, Aguinaldo, Fátima e Luiz Paulo pelo companheirismo ao longo dos quatro anos de curso e pela grande amizade que foi surgindo.

Ao meu orientador o professor Evandro César Bracht, pelo seus ensinamentos, conselhos e atenção que proporcionaram o desenvolvimento deste trabalho, pela amizade e dedicação oferecido.

Aos meus professores do curso, em especial professor Ricardo, Nielsen, Mercedes e Fatinha pelo empenho durante o curso e por todo conhecimento que puderam proporcionar, pela amizade criada, estando sempre dispostos e ajudando nas realizações de todas as atividades do curso.

Ao pessoal da Embrapa, em especial o Dr. Carlos Ricardo Fietz que deu apoio e me ajudou muito tanto no desenvolvimento deste trabalho como durante o estágio desenvolvido. Ao Pablo, Thiago, e José Jovair que me ajudaram durante o desenvolvimento do estágio e auxiliaram também na realização do trabalho.

# Sumário

Resumo	iv
Abstract	v
Agradecimentos	vi
Tabela de Siglas e Símbolos	xi
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Viabilidade e Importância do BHCMóvel . . . . .	2
<b>2 O BHC</b>	<b>4</b>
2.1 Aplicações do BHC . . . . .	5
2.2 BHC Seqüencial . . . . .	6
2.2.1 Aplicações do BHC Seqüencial . . . . .	6
2.3 BHC de Cultivos . . . . .	6
2.4 BHC para Controle de Irrigação . . . . .	8
<b>3 Android</b>	<b>11</b>
3.1 Arquitetura . . . . .	11
3.1.1 <i>Kernel</i> . . . . .	12
3.1.2 Bibliotecas . . . . .	13
3.1.3 <i>RunTime</i> . . . . .	14
3.1.4 <i>Framework</i> de Aplicativo . . . . .	15
3.2 Desenvolvimento . . . . .	15
3.2.1 SDK . . . . .	16
3.3 Fundamentos de Aplicação . . . . .	17
3.3.1 Componentes . . . . .	18
<b>4 Aplicativo BHCMóvel</b>	<b>20</b>
4.1 Administração . . . . .	22
4.2 Coleta dos Dados . . . . .	23
4.2.1 Pela Internet . . . . .	24

4.2.2	Inserção Manual . . . . .	25
4.3	Cálculo . . . . .	25
<b>5</b>	<b>Validação</b>	<b>30</b>
5.1	Aplicativo . . . . .	31
5.2	Quantidade de Chuva . . . . .	32
<b>6</b>	<b>Considerações Finais</b>	<b>34</b>
6.1	Contribuições e Trabalhos Futuros . . . . .	34
<b>A</b>	<b>Requisitos de Software</b>	<b>36</b>



# Lista de Tabelas

2.1 exemplo de Balanço Hídrico Sequencial Diário. . . . . 7

# Lista de Figuras

2.1	meios de entrada e saída de água do solo (Galvani, 2008). . . . .	5
2.2	gráfico da umidade do solo para cultura com uso de irrigação. . . . .	8
2.3	gráfico da umidade do solo para pastagem sem uso de irrigação. . . . .	9
3.1	arquitetura do Android. . . . .	12
3.2	emulador Android. . . . .	16
3.3	<i>plugin</i> Android para IDE Eclipse. . . . .	17
3.4	<i>Debugger Manager</i> para IDE Eclipse. . . . .	18
4.1	tela inicial da aplicação. . . . .	20
4.2	diagrama de casos de uso para aplicativo de BHC . . . . .	21
4.3	(A) tela de cadastro de solo, (B) tela de cadastro de cultura. . . . .	22
4.4	telas do Aplicativo para coleta de dados, (A) pela internet e (B) pela inserção manual de chuva. . . . .	23
4.5	tela de seleção de solo e de cultura. . . . .	25
4.6	tela de execução dos cálculos e do gráfico da deficiência hídrica do solo . . .	27
4.7	telas de Resultado de uma Simulação. . . . .	28
5.1	comparação da água disponível para milho. . . . .	30
5.2	comparação da água disponível para soja. . . . .	31
5.3	comparação do resultado do BHC com dados intercalados. . . . .	32

# Tabela de Siglas e Símbolos

ADSL	<i>Asymetric Digital Subscriber Line</i>
ARM	Varição do Armazenamento de Água
BH	Balanço Hídrico
BHC	Balanço Hídrico Climatológico
$ET_C$	Evapotranspiração de Cultura
$ET_O$	Evapotranspiração de Referência
$ET_R$	Evapotranspiração Real
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IAF	Índice de Área Foliar
Kc	Coeficiente de Cultura
IDE	Ambiente Integrado de Desenvolvimento
MVD	Máquina Virtual Dalvik
OHA	<i>Open Handset Alliance</i>
SDK	Kit de Desenvolvimento de Software
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados

# Capítulo 1

## Introdução

Balanço Hídrico é a contabilização de água no solo, levando em consideração o *Princípio de Conservação de Massa*, em um volume de solo vegetado, ou seja, é a contabilização da entrada e saída de água no solo (Pereira et al., 2002; Sedyama, 1996).

Atualmente, no Brasil, apesar de haver uma grande rede de estações meteorológicas, que podem fornecer dados para a realização do cálculo de Balanço Hídrico Climatológico (BHC), existe pouca oferta de aplicativos e serviços que façam o cálculo do BHC.

A realização do BHC é extremamente útil, e geralmente realizado para propriedades rurais, podendo contribuir nas tomadas de decisões do planejamento e manejo do sistema agrícola, permitindo determinar a demanda de mão-de-obra, tratores e implementos agrícolas; definir a época de preparo do solo, semeadura ou plantio; na aplicação de inseticidas, herbicidas, fertilizantes e corretivos; verificar a necessidade de irrigação; estimar o rendimento agrícola, eliminar ou minimizar o risco de poluição ambiental, dentre outras atividades necessárias na produção agrícolas (Dourado Neto, 1996).

Em áreas rurais, o acesso a tecnologias como internet à cabo e *adsl* é restrito, mas geralmente possuem sinal de telefonia móvel, que juntamente com o avanço na capacidade de processamento dos celulares, possibilitam a criação de *software* que realize acesso a dados da internet e processe equações complexas, como as que é necessário para se realizar os cálculos do BHC.

Dado o fator mobilidade e conectividade oferecido por um celular, pode-se utilizar ferramentas de desenvolvimento, criadas para suportar e facilitar o uso dos recursos de *hardware*, como as que o Android disponibiliza, para a construção de um aplicativo que possa acessar, armazenar e processar as informações meteorológicas de qualquer estação.

Baseado no sistema operacional Linux e com um ambiente de desenvolvimento flexível e poderoso, o Android é uma plataforma para dispositivos móveis, que fornece ferramentas necessárias para a criação de aplicativos e utiliza a linguagem Java, com suporte a diversos serviços e *hardware*, além de possuir um sistema de código aberto e livre (Lecheta, 2009).

Visando fornecer aos produtores rurais um aplicativo que realize os cálculos de BHC, em celulares, foi desenvolvido o BHCMóvel utilizando a plataforma Android. Tal aplicativo acessa a internet através da rede de telefonia móvel, recupera dados fornecidos por estações

meteorológicas<sup>1</sup>, armazena os dados em banco de dados, e executa os cálculos necessários para realização do BHC seqüencial diário.

Este aplicativo se diferencia dos demais disponíveis no mercado em dois fatores:

1. Mobilidade e conectividade, fornecidas pelo uso de celulares;
2. Possibilidade de realizar o cálculo do Balanço Hídrico, utilizando os dados pluviométricos informados pelo usuário obtendo, assim, informações mais precisas sobre a quantidade de chuva e a localidade em questão (sítio, fazenda, etc). Esta funcionalidade permite que seja executado manejo de irrigação quando o usuário insere a quantidade água utilizada na irrigação, podendo continuar executando o BHC normalmente com outros dados.

## 1.1 Viabilidade e Importância do BHCMóvel

Com o desenvolvimento e o aperfeiçoamento das tecnologias para dispositivos móveis, ocorreu um barateamento dos celulares, tendo como consequência uma massificação no seu uso. Além disso, como dito anteriormente, os celulares possuem atualmente alto poder de processamento se comparado à alguns anos. Devido a esses fatores, há um intenso investimento na criação de plataformas que tornem o desenvolvimento de “*softwares* móveis” mais simples e economicamente viáveis (Lecheta, 2009), o que possibilita aos usuários uma diversidade maior de aplicativos que podem ser utilizados em seus aparelhos.

Uma destas plataformas é o Android (Lecheta, 2009), que fornece as ferramentas necessárias para o desenvolvimento dos aplicativos e também um suporte adequado e moderno para a execução dos aplicativos, e integração transparente com os recursos de hardware modernos, que podem estar presentes em determinados modelos de *smartphones*, como o GPS<sup>2</sup> por exemplo. As ferramentas de desenvolvimento do aplicativo são gratuitas e disponibilizadas sem nenhum custo.

O BHC tem ganhado muita importância, principalmente pelo fato de ser utilizado para definir épocas de plantio e para a determinação do zoneamento agroclimático. No caso mais específico do produtor rural, pode ser utilizado para realização do manejo de irrigação. Tais condições oferecidas pelo BHC facilitam o manejo agrícolas e diminuem os gastos de produção. Portanto esta ferramenta pode auxiliar o produtor no aumento da produtividade e no melhor manejo de sua safra.

O BHCMóvel foi desenvolvido para realizar todas as funcionalidades descritas no Capítulo 4, como coleta de dados, cadastro e gerenciamento de cultura e solo, e a realização do cálculo do BHC e outros, além de um *webservice*<sup>3</sup> que recebe a requisição dos dados e retorna as

<sup>1</sup>Desde que estas estações estejam ligadas à internet e possuam métodos para a recuperação de seus dados

<sup>2</sup>Sistema de Posicionamento Global, (do inglês *Global Positioning System*) serviço gratuito que permite saber qual posicionamento atual de um receptor no globo terrestre.

<sup>3</sup>Este *webservice* fica hospedado na Embrapa Agropecuária Oeste em Dourados/MS, <http://www.cpao.embrapa.br/clima/android/index2.php?ini={DataInicial}&fim={DataFinal}>

informações resultante para o dispositivo, como mostrado no Código 4.1. O BHCMóvel possui uma interface de fácil manipulação para os usuários finais, e retorna o resultado de forma que facilite seu entendimento além de oferecer o máximo de informações sobre o ciclo da cultura, dia por dia.

O trabalho mostra como é o processo de desenvolvimento para a plataforma Android, utilizando um caso aplicado à agricultura. Foi possível mostrar os requisitos necessários para a implementação dos métodos indicados para a realização com sucesso de uma simulação de BHC e possíveis pontos de dificuldade de tal abordagem.

Foi escrito e apresentado um artigo relacionado com este trabalho, denominado, “**Uma Nova Abordagem para o Cálculo do Balanço Hídrico Climatológico**”, no I Simpósio de Computação Aplicada em Passo Fundo - RS em Setembro de 2009, sendo classificado como o quarto melhor do evento e convidado para ser publicado no segundo número da **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, prevista para Março de 2010.

No Capítulo 2 são abordados assuntos gerais sobre o BHC, nele é apresentado a definição de BHC, quais as suas aplicações e quais os tipos mais comuns de BHC. Na sequência, no Capítulo 3, é apresentada a plataforma Android, sua arquitetura, as ferramentas para desenvolvimento e fundamentos de aplicações. No Capítulo 4 é mostrado as funcionalidades e o roteiro de cálculo do aplicativo. Em seguida, no Capítulo 5 são validados os resultados obtidos, e algumas funções do BHCMóvel. Finalizando no Capítulo 6 com as considerações finais.

# Capítulo 2

## O BHC

O balanço hídrico climatológico (BHC) é usado para identificar áreas onde as culturas podem se adaptar e serem exploradas com melhor eficácia, para tanto, é necessário ter acesso as variáveis climatológicas da região e as características do solo da área que se deseja calcular o balanço.

Segundo Pereira et al. (2002) e Sedyama (1996) balanço hídrico é a contabilização de água no solo, levando em consideração o Princípio de Conservação de Massa<sup>1</sup> em um volume de solo vegetado. Com este volume calcula-se a variação de armazenamento de água no volume de solo, por intervalo de tempo, denominado  $\Delta ARM$ , essa variação representa o que entrou e saiu de água no volume de solo.

Para o cálculo deste BHC, é necessário conhecer vários fatores, sendo os principais a chuva, o solo e a evapotranspiração ( $ET_0$ )<sup>2</sup>. Todas essas informações podem ser obtidas por meio de dados fornecidos pela maioria das estações meteorológicas.

A evapotranspiração pode ser estimada através de dados meteorológicos como radiação, temperatura, velocidade do vento e umidade. Neste trabalho, a estimativa é realizada pelo método de *Penman-Monteith FAO* (Allen et al., 1998).

A entrada de água no solo ocorre, principalmente através de chuva (precipitação) e irrigação. Tais valores podem ser obtidos através dos dados disponibilizados por estações meteorológicas ou pluviométricas. No caso da irrigação, considera-se a quantidade de água utilizada.

A saída de água ocorre, principalmente, através da evapotranspiração ( $ET_O$ ), que, no balanço hídrico, é ajustada de acordo com a cultura e o solo obtendo, assim, a *Evapotranspiração Real* ( $ET_R$ ), como mostrado na **Figura 2.1**, há outros fatores de entrada e saída que no caso específico deste trabalho não é relevante (Lima et al., 2001).

Há diversos tipos de Balanço Hídrico que serão vistos com mais detalhes nas **Seções 2.2**,

---

<sup>1</sup>Após muitos estudos e testes Lavoisier, Antoine Laurent (1743-1794) concluiu que a massa das substâncias que entram numa reação química é sempre igual à das substâncias que resultam do processo. Nada se perde e nada se cria.

<sup>2</sup>Evapotranspiração é o processo de transporte de água na forma de vapor para a atmosfera, de uma superfície vegetada padrão, ou seja, gramado de 8 a 15cm.

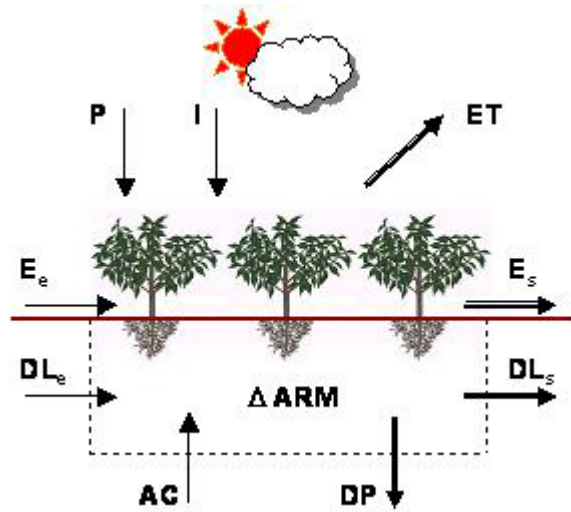


Figura 2.1: meios de entrada e saída de água do solo (Galvani, 2008).

**2.3 e 2.4.** Foi utilizado neste trabalho alguns conjuntos de dados para realização dos cálculos e testes. Para a região de Dourados/MS são usados os dados do *Sistema Agroclimático da Região de Dourados*, desenvolvido pela *Embrapa Agropecuária Oeste* em Dourados/MS (Fietz et al., 2009).

## 2.1 Aplicações do BHC

Considerando o alto custo do plantio, as informações disponibilizadas por um balanço hídrico são úteis nas tomadas de decisões relativas ao planejamento e manejo de sistemas agrícolas. A consulta a essas informações, é recomendada para otimizar o planejamento agrícola em todas as fases que compõem um processo produtivo (Mota, 1986).

Para Pereira et al. (2002) e Dourado Neto (1996), o BHC possui várias aplicações, que se destacam:

- **Disponibilidade hídrica regional:** caracterizar e comparar disponibilidade hídrica média do solo;
- **Caracterização de secas:** caracterizar períodos de seca e seus efeitos na agricultura;
- **Zoneamento agroclimático:** disponibilizar bases para estudo climático regional, podendo a região ser considerada como apta, marginal ou inapta a um determinado cultivo;
- **Determinação de melhores épocas de plantio:** indicar, por meio de simulações de um grande período, qual época do ano o cultivo estará menos sujeito à restrições hídricas;



- **Irrigação:** gerenciar a prática de irrigação com mais economia e melhora na sua eficácia.

## 2.2 BHC Seqüencial

O BHC seqüencial ou seriado, é aquele em que se realiza acompanhamento de água no solo em tempo real. A escala de tempo para realização da simulação pode ser diária, semanal, decêndial (10 dias) ou mensal, de acordo com o objetivo da utilização do balanço hídrico. Por exemplo, para o acompanhamento da quantidade de água disponível para uma cultura de trigo e verificação da necessidade de irrigação, a escala de tempo utilizada deve ser diária (Pereira et al., 2002).

### 2.2.1 Aplicações do BHC Seqüencial

Este tipo de balanço hídrico possibilita o acompanhamento em tempo real da disponibilidade de água no solo, como mostrado na **Tabela 2.1**, onde é possível observar um exemplo de balanço hídrico diário. Esse balanço foi realizado utilizando o *IrriPlus 2.10*<sup>3</sup> com dados das estações meteorológicas da Embrapa Agropecuária Oeste em Dourados, MS - Lat. 22° 16'S - Long. 54° 49'W - Alt. 408m.

Para realizar este balanço hídrico utiliza-se como entrada a quantidade de água e a evapotranspiração de cultura  $ET_C$  e, como resultado obtem-se o déficit, que corresponde à quantidade de água que falta no solo; o excesso, que é a quantidade de água que o solo não pode armazenar; e a umidade do solo.

Observando essa **Tabela 2.1**, pode-se notar um exemplo de balanço hídrico seqüencial, e dele pode-se obter a informação de que no dia 10 de janeiro de 2008, por exemplo, não ocorreu chuva por 6 dias, fato este que levou o solo desta localidade a ficar com a menor umidade do mês de janeiro de 2008.

Informações deste tipo possibilitam as tomadas de decisões quanto às práticas de manejo do solo e semeadura, permitindo também a quantificação dos danos provocados às culturas ao longo do período.

## 2.3 BHC de Cultivos

O BHC de cultivos é uma adaptação do balanço hídrico climático. No balanço hídrico climatológico (normal) é levado em consideração uma área com grama plantada e com altura de entre 8 e 15cm.

---

<sup>3</sup>*Software* de gerenciamento de irrigação, desenvolvido pela Empresa do Sistema de Incubadora de Base Tecnológica da UFV, disponível no endereço: <http://www.irriplus.com.br/software.php?idG=1> Acessado em 30/10/2008.

Data	Chuva (mm)	ETc (mm)	Déficit (mm)	Excesso (mm)	Umidade (%)
1/1/2008	0.4	4.7	4.44	0	31.84
2/1/2008	9.2	4.54	0	0.08	32.2
3/1/2008	0.2	4.1	4.02	0	31.88
4/1/2008	51	3.33	0	22.85	32.2
5/1/2008	0	4.5	4.63	0	31.83
6/1/2008	0	5.47	10.27	0	31.39
7/1/2008	0	4.98	15.39	0	30.98
8/1/2008	0	4.21	19.73	0	30.63
9/1/2008	0	3.78	23.63	0	30.32
10/1/2008	0	3.68	27.42	0	30.01
11/1/2008	39.4	1.99	0	0.28	32.2
12/1/2008	9.2	1.6	0	7.55	32.2
13/1/2008	0	3.7	3.81	0	31.9
14/1/2008	0	4.67	8.62	0	31.52
15/1/2008	0	3.93	12.67	0	31.19
16/1/2008	3	3.54	13.32	0	31.11
17/1/2008	0.6	2.93	15.74	0	30.91
18/1/2008	0	4.45	20.32	0	30.55
19/1/2008	6.6	1.73	15.5	0	30.88
20/1/2008	21	0.98	0	4.49	32.2
21/1/2008	3.4	2.7	0	0.62	32.2
22/1/2008	0.6	4.1	3.62	0	31.91
23/1/2008	0	3.44	7.17	0	31.63
24/1/2008	0	3.1	10.36	0	31.37
25/1/2008	9.4	2.53	3.57	0	31.88
26/1/2008	24.8	1.53	0	19.65	32.2
27/1/2008	31.8	1	0	24.36	32.2
28/1/2008	1.2	2	0.86	0	32.12
29/1/2008	0	2.77	3.71	0	31.9
30/1/2008	2.4	4.01	5.44	0	31.74
31/1/2008	0.4	4.3	9.47	0	31.42

Tabela 2.1: exemplo de Balanço Hídrico Sequencial Diário.

Entretanto em um balanço hídrico por cultivo é levado em consideração tanto o tipo da vegetação, como também suas fases de crescimento e desenvolvimento, visando o cálculo da disponibilidade de água para uma cultura, por exemplo, do trigo, soja, milho e outras.

Nesse balanço hídrico é considerado a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ), segundo Pereira et al. (2002) apud Jensen (1968), pela dificuldade de se mensurar a  $ET_c$ , é possível calculá-la em função de  $ET_o$ , sendo:

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

Onde  $K_c$  é um coeficiente de ajuste, denominado coeficiente de cultura, esse coeficiente pode ser obtido por meio de cálculos que levam em consideração o índice de área foliar (IAF).

## 2.4 BHC para Controle de Irrigação

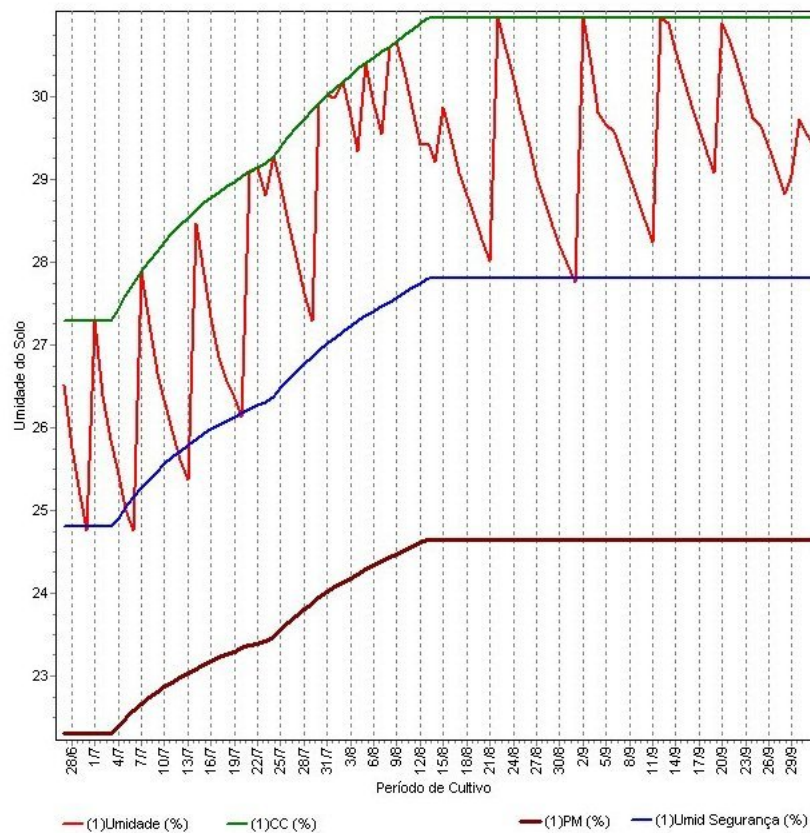


Figura 2.2: gráfico da umidade do solo para cultura com uso de irrigação.

A irrigação é uma prática que consiste em fornecer água ao solo de forma artificial, tornando-o apto ao cultivo, sendo seu uso recomendado para regiões com ocorrências de seca

regulares. Portanto, a irrigação é de fundamental importância, pois permite minimizar as adversidades causadas pelo clima (Pereira et al., 2002).

A possibilidade de calcular corretamente a evapotranspiração e as necessidades de água do solo são de grande importância, pois permite que gastos desnecessários possam ser reduzidos e controlados, podendo-se então calcular e estimar a quantidade exata que se deve irrigar, e quando fazer a irrigação. O balanço hídrico para controle de irrigação é uma adaptação do balanço hídrico seqüencial.

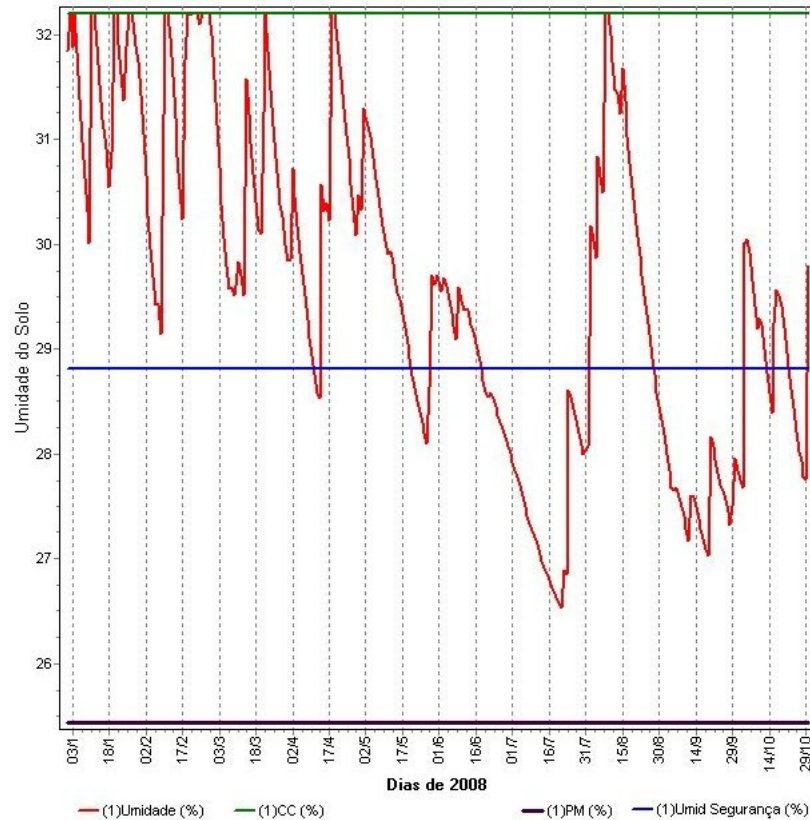


Figura 2.3: gráfico da umidade do solo para pastagem sem uso de irrigação.

As **Figuras 2.2 e 2.3**, mostram exemplos de gráficos da disponibilidade de água no solo (umidade do solo), de como pode ser usado o balanço hídrico para monitoramento de irrigação e a análise de disponibilidade hídrica de um período.

A **Figura 2.2** mostra um exemplo de balanço hídrico da cultura do *Nabo Forrageiro*, em que é praticado irrigação. Nos períodos em que a umidade se aproxima da umidade de segurança estabelecida, é realizada a irrigação. O balanço hídrico permite dinamizar e modernizar o sistema de irrigação, economizando água e energia na sua aplicação e melhorando a produtividade da cultura.

Na **Figura 2.3** é mostrado um exemplo de Balanço Hídrico de um gramado. Por meio deste gráfico, pode ser visualizado as épocas de baixa disponibilidade hídrica do solo, nos

meses de junho e julho, e no mês de setembro. Sem o uso da irrigação, a umidade fica em alguns momentos abaixo da linha de segurança, podendo ocorrer perdas de produtividade.

# Capítulo 3

## Android

O Android é uma plataforma para *smartphones*, baseada no sistema operacional Linux, possui diversos componentes, com uma variada disponibilidade de bibliotecas e interface gráfica, além de disponibilizar ferramentas para a criação de aplicativos (Lecheta, 2009).

A plataforma inclui desde Sistema Operacional (Android SO), *Middleware*<sup>1</sup>, Aplicativos chaves<sup>2</sup>, além de fornecer uma interface de desenvolvimento e ferramentas para criação de aplicativos.

Criação da *Open Handset Alliance*, um consórcio de mais com 40 empresas do setor de tecnologia e comunicação e liderada pelo Google Inc., o Android tem como objetivos principais (Project, 2008; Lecheta, 2009):

1. a oportunidade de personalização das aplicações e componentes presentes em seu sistema, por ser de código aberto e gratuito, e
2. a possibilidade de desenvolvimento rápido e moderno de aplicações corporativas, uma vez que sua plataforma é moderna e flexível

Quando há a possibilidade de integração menos complicada, modificação e desenvolvimento, do sistema para dispositivos móveis, caso do Android, abre-se um leque de opções para desenvolvedores, e empresas que produzem software para celulares, permitindo que essas ferramentas, que o Android possui, sejam usadas para criar aplicativos que estejam mais presente no cotidiano, e dependendo da configuração de hardware, realizar operações tão comuns quanto as que um computador realiza.

### 3.1 Arquitetura

É importante conhecer a arquitetura da plataforma, seus principais componentes, bibliotecas e subsistema, para poder identificar as limitações e dependências na criação de um aplicativo para dispositivo móvel.

---

<sup>1</sup>É o que permite a troca de informações entre programas, independente de um protocolo de comunicação, plataforma ou sistema operacional

<sup>2</sup>São aplicativos comuns em aparelhos celulares como, *navegador*, agenda de contatos, etc.

O Android é uma plataforma que inclui: Sistema operacional, *middleware*, e aplicativos. Sua arquitetura é dividida em *Kernel*, Bibliotecas, *runtime*, *framework* e aplicativos, como mostrado na **Figura 3.1** e melhor detalhado nas próximas subseções.

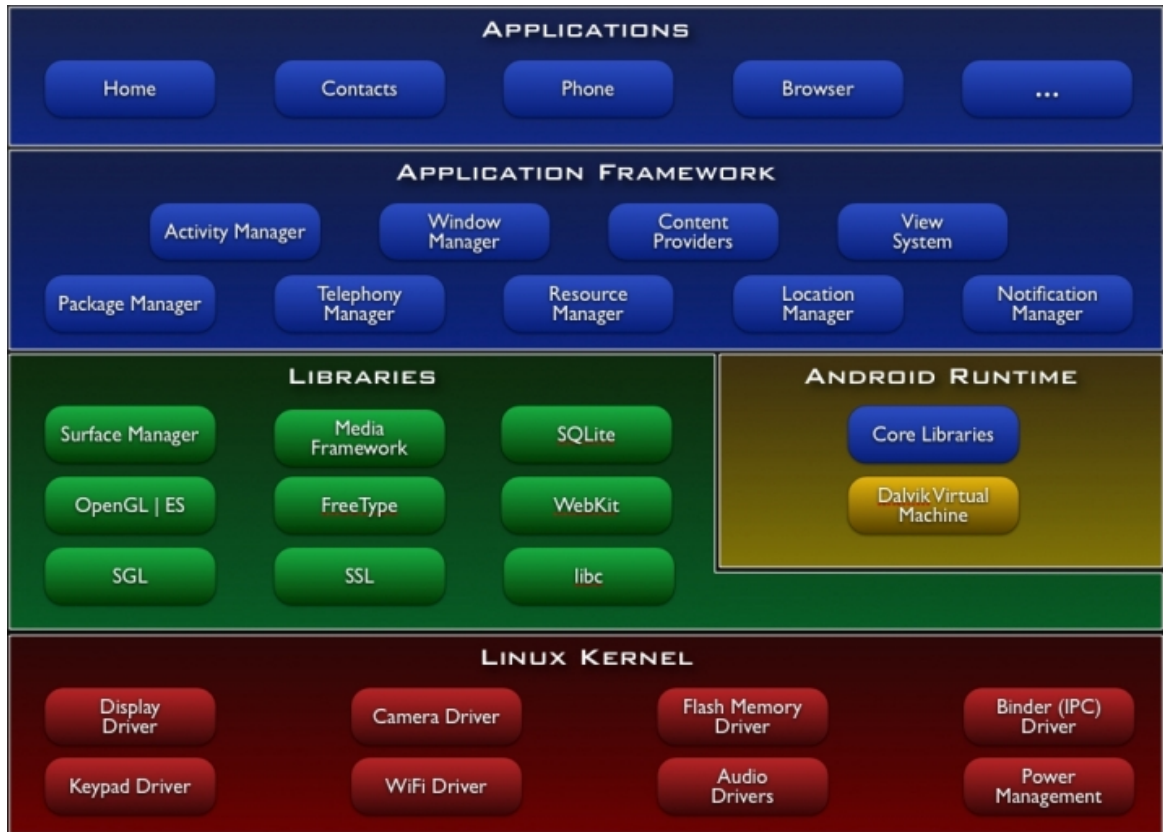


Figura 3.1: arquitetura do Android.

### 3.1.1 *Kernel*

Os dispositivos móveis, assim como os computadores e outros dispositivos eletrônicos, possuem arquiteturas distintas entre si. Para que um sistema consiga operar com diferentes tipos de *hardware*, se fazem necessários os sistemas operacionais.

Segundo Tanenbaum (2003), um sistema operacional deve ser capaz de gerenciar o processador, memória e outros dispositivos de entrada e saída, além de fornecer, aos programas de usuário, uma interface mais simplificada com o *hardware*.

Nos casos dos dispositivos móveis, a tendência de criação de sistemas operacionais, é crescente, justamente pela necessidade do gerenciamento dos recursos que os *smartphones* disponibilizam, como processamento e memória.

Além disso, é necessário que a criação de *software* não seja apenas para um único modelo de celular, mas para um determinado sistema operacional, ficando este responsável por gerenciar as particularidades de cada dispositivo.

O Android utiliza o *kernel* do Linux 2.6, que é responsável pelos serviços de segurança, gerenciamento de memória, processos, rede e *drivers*, este último componente é muito importante, pois garante que o desenvolvedor não precisará se preocupar em como acessar ou gerenciar dispositivos específicos do celular, produzindo assim uma abstração entre o *hardware* e o *software*.

### 3.1.2 Bibliotecas

Durante o desenvolvimento de programas, existem rotinas básicas que muitas vezes são comuns em muitos *softwares*, como abrir arquivos, realizar cálculos aritméticos, que não são o foco principal do desenvolvedor.

Para se evitar a reescrita dos códigos de funções e rotinas que se repetem ou possuem altas complexidades, existem as bibliotecas. As bibliotecas possuem códigos e dados que auxiliam na execução de serviços e permite a separação de partes do programa (modularização).

O Android possui um conjunto de bibliotecas, disponíveis para a criação de seus aplicativos como a *System C Library*, *Media Libraries*, *Surface Manager*, *Lib Webcore*, *SGL*, *3D libraries*, *Freetype* e *SQLite*. Tais bibliotecas permitem a manipulação de vídeos, imagens, sons animações, banco de dados, etc.

#### *System C Library*

Por ser baseada em Linux é necessário que o Android possua uma biblioteca que defina as chamadas ao sistema. Essa biblioteca suporta padrões ISO C e POSIX, com apoio as variantes do *Unix* como *BSD* e *System V*, no Android a biblioteca é uma *BSD (Berkeley Software Distribution)* do padrão C (Foundation, 2007).

#### *Media Libraries*

A *media libraries* é baseada em *OpenCORE*, que garante a reprodução e gravação dos formatos populares de áudio e vídeo, e arquivos de imagens estáticas. Incluem os formatos MPEG4, H.264, MP3, AAC, AMR, JPG e PNG. Esta biblioteca é desenvolvida pela *PacketVideo's*, (PacketVideo, 2007).

#### *Surface Manager*

Biblioteca que gerencia o acesso ao subsistema de *display* do dispositivo, é capaz de compor gráficos em 2D e 3D a partir de aplicações de camada múltiplas.

#### *Lib WebCore*

É um motor de navegação Web (Nokia, 2004), que possui seu código aberto sendo utilizado no *Safari*, navegador da Apple, e em outras aplicações do sistema operacional MAC OS X,



o *Webcore* nasceu como uma ramificação do KHTML e KJS do KDE<sup>3</sup>, (Apple Computer, 2006).

### Bibliotecas 3D

Baseada em *OpenGL ES 1.0* as bibliotecas usam, tanto aceleração por *hardware* na medida do possível, quanto renderização 3D por *software*, sendo neste caso altamente otimizado, (Project, 2009).

### *FreeType*

Gerenciador de fontes, que facilita a renderização de fontes *TrueType*, é de código aberto e otimizado para diversos tipos de plataformas, principalmente nos casos sistemas incorporado ou portáteis (Turner et al., 2006).

### *SQLite*

*SQLite* é um sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) embutido no Android, de código aberto, que não possui servidor de processos separado.

O *SQLite* é um gerenciador compacto e disponível para várias plataformas, foi desenvolvido para ocupar o mínimo de memória possível, mas com grande quantidade de recursos, permite criação de várias tabelas, *triggers*, índices e *views*, tudo em apenas um arquivo. É indicado para dispositivos que possuem limitações de memória e processamento, como os celulares por exemplo (Hipp, 2008).

### 3.1.3 *RunTime*

Uma aplicação Android é interpretada de maneira análoga ao *byte-code* Java, com a diferença que o Android gera códigos Dalvik Executáveis (.dex), e não os *byte-code* (.class) do Java, tais códigos são interpretados pela Máquina Virtual Dalvik (MVD) (Project, 2009).

Criada por Dan Bornstein, a MVD é uma alteração da Máquina Virtual Java (JVM), a qual é otimizada para os objetivos que o Android visa suprir (Bornstein, 2008).

Após a compilação, todos os arquivos .dex e outros recursos utilizados pela aplicação (exemplo: imagens, sons, etc.), são compactados em um arquivo do tipo .apk (*Android Package File*), sendo este arquivo, a aplicação finalizada e pronta para ser distribuída e instalada em qualquer dispositivo com Android, (Lecheta, 2009).

A MVD também é incluída no SDK<sup>4</sup> do Android, onde transformam os códigos das classes Java (.class) em códigos Dalvik executáveis (.dex), que posteriormente serão executado pelo emulador Android (Bornstein, 2008).

---

<sup>3</sup>K Desktop Environment, que é ao mesmo tempo ambiente gráfico e plataforma de desenvolvimento baseado na biblioteca Qt.

<sup>4</sup>Software Development Kit - Kit de Desenvolvimento de Software

### 3.1.4 *Framework* de Aplicativo

Além das bibliotecas, os desenvolvedores têm a sua disposição diversos outros componentes que o Android disponibiliza como, o provedor de conteúdo, gerenciador de janela, telefone, recursos, atividades e muitos outros.

A possibilidade de acesso e modificação dos componentes do Android é um diferencial, em relação a outras plataformas para dispositivos móveis. Tais componentes permitem que as aplicações criadas possam interagir com todo o sistema do celular, podendo o usuário/desenvolvedor, alterar qualquer componente que faça parte do sistema para que esse se adeque às suas necessidades ou as do aplicativo que se está desenvolvendo.

Os componentes permitem a interoperabilidade entre os vários subsistemas do celular. Por exemplo, um aplicativo pode acessar a agenda de contatos e realizar uma chamada, capturar uma imagem pela câmera, descobrir qual a localização do celular, etc. No endereço do site *Android Open Project*, (<http://www.source.android.com>), pode-se obter toda a documentação e se ter acesso aos códigos da plataforma Android (Google Inc., 2008b).

O *framework* de aplicativo fornece componentes que auxiliam na implementação dos programas, permitindo a criação de listas, grades, caixas de texto, botões, etc. Alguns componentes se destacam (Google Inc., 2008a), tais como:

- O provedor de conteúdo, que gerencia o acesso aos dados realizados pelos aplicativos;
- O gerenciador de notificações, que habilita os aplicativos a exibirem informações e avisos na barra de status do aparelho, assim como a reagirem às notificações recebidas;
- O gerenciador de atividades, que gerencia o ciclo de vida das aplicações e permite sua execução em segundo plano.

## 3.2 Desenvolvimento

*Framework* de desenvolvimento é uma estrutura que utiliza um conjunto de códigos, classes, funções e métodos, construída para dar suporte à criação de aplicativos de uma determinada plataforma ou linguagem.

A construção de aplicativos Android pode ser realizada com as mesmas ferramentas utilizadas no desenvolvimento de aplicativos Java. O *framework* de desenvolvimento do Android oferece bibliotecas e funcionalidades específicas da plataforma para criação de aplicações móveis e algumas das principais bibliotecas já conhecidas e utilizadas no desenvolvimento de aplicativos Java.

O ambiente de desenvolvimento oferece vários subsistemas e aplicativos que auxiliam na construção dos aplicativos Android, como o emulador, **Figura 3.2**, o *debugger* **Figura 3.4**, o *plugin* para IDE Eclipse **Figura 3.3**, que serão melhor detalhado na próxima subseção.



Figura 3.2: emulador Android.

### 3.2.1 SDK

O Google inc. disponibilizou o Kit de Desenvolvimento do Android em Novembro de 2007, ainda como versão de teste, e a versão *Android SDK 1.0 Release 1* em Setembro de 2008, esse kit de desenvolvimento possui ferramentas que forem usadas para a criação dos aplicativos Android.

Atualmente (outubro de 2009), o Google inc. já disponibilizou o *Android SDK 1.6 Release 1* e o *Android SDK 2.0 Release 1*, no entanto a versão utilizada para o desenvolvimento do BHCMóvel foi a versão 1.5.

Neste trabalho foi utilizado o *plugin* para IDE Eclipse<sup>5</sup>, que é disponibilizado junto com SKD do Android na página de desenvolvedores do Android ([http://code.google.com/android/download\\_list.html](http://code.google.com/android/download_list.html)), para a criação dos aplicativos. O *plugin* facilita a criação dos códigos, pois nos fornece recursos como interface gráfica; adiciona o suporte integrado com o projeto e ferramentas Android; permite a construção de extensões; execução de depuração; e a execução do aplicativo de forma mais rápida e fácil (Google Inc., 2008a).

<sup>5</sup>É um ambiente integrado de desenvolvimento (IDE), de código aberto e um dos mais utilizados para programação utilizando linguagem Java. Criado pela IBM e um conjunto de empresas de computação em 2001 (Eclipse Foundation, 2008).

O emulador Android foi utilizado para testar e executar as aplicações sem a necessidade de um dispositivo físico. O emulador consegue simular tanto o *hardware* quanto o *software* de um dispositivo móvel, inclusive simulando o recebimento e realização de chamadas. Pode também invocar outros aplicativos dentro do sistema Android, acessar a rede do computador, executar vídeos e músicas, armazenar e recuperar dados.

O *debugger* (DDMS) é utilizado em conjunto ao Emulador, e é através de sua interface, **Figura 3.4**, que se pode manipular os arquivos do sistema Android. Por exemplo o banco de dados criado pela aplicação deste trabalho, simula as interrupções típicas de dispositivos móveis e disponibiliza uma interface de manipulação que auxilia no desenvolvimento de qualquer tipo de aplicativo para Android.

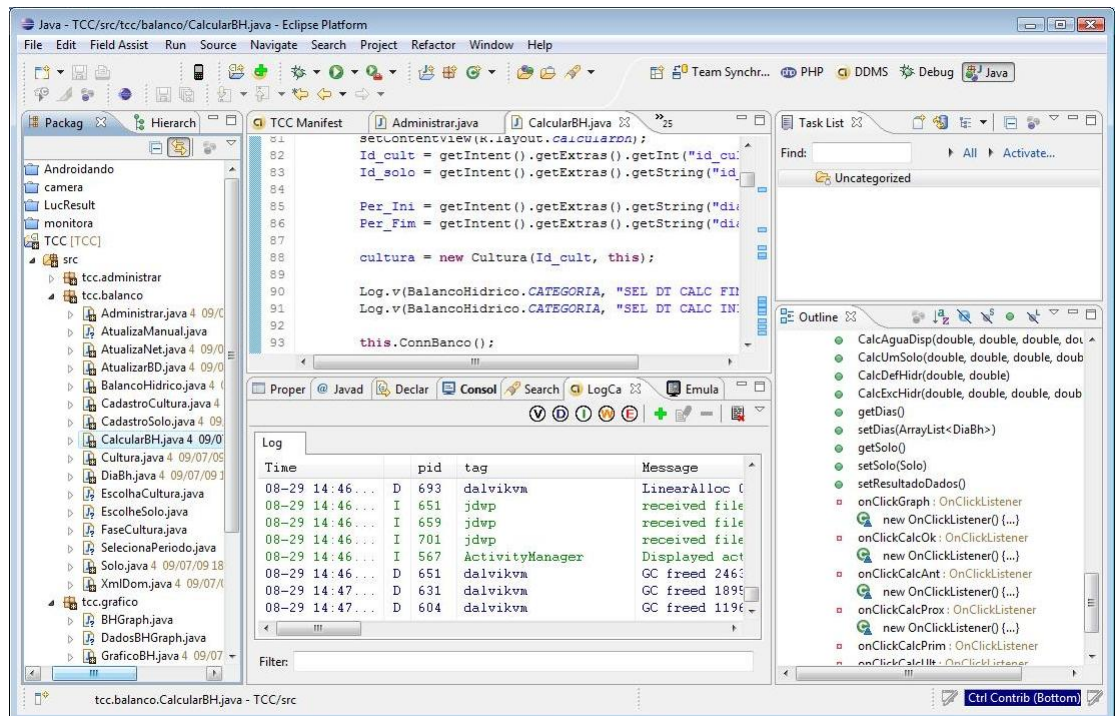


Figura 3.3: *plugin* Android para IDE Eclipse.

### 3.3 Fundamentos de Aplicação

Como dito na Subseção 3.1.3, os aplicativos Android são escritos na linguagem Java, os códigos são compilados com os arquivos de recursos e configuração gerando um arquivo do tipo .apk, este arquivo pode ser instalado através da ferramenta chamada AAPT (*Android Asset Packaging Tool*), que faz o gerenciamento dos pacotes e instala os arquivos .apk no sistema (Google Inc., 2009).

Cada aplicativo Android é executado em seu próprio processo Linux, e cada um tem sua própria máquina virtual. Um aplicativo recebe por padrão uma ID exclusiva, como os

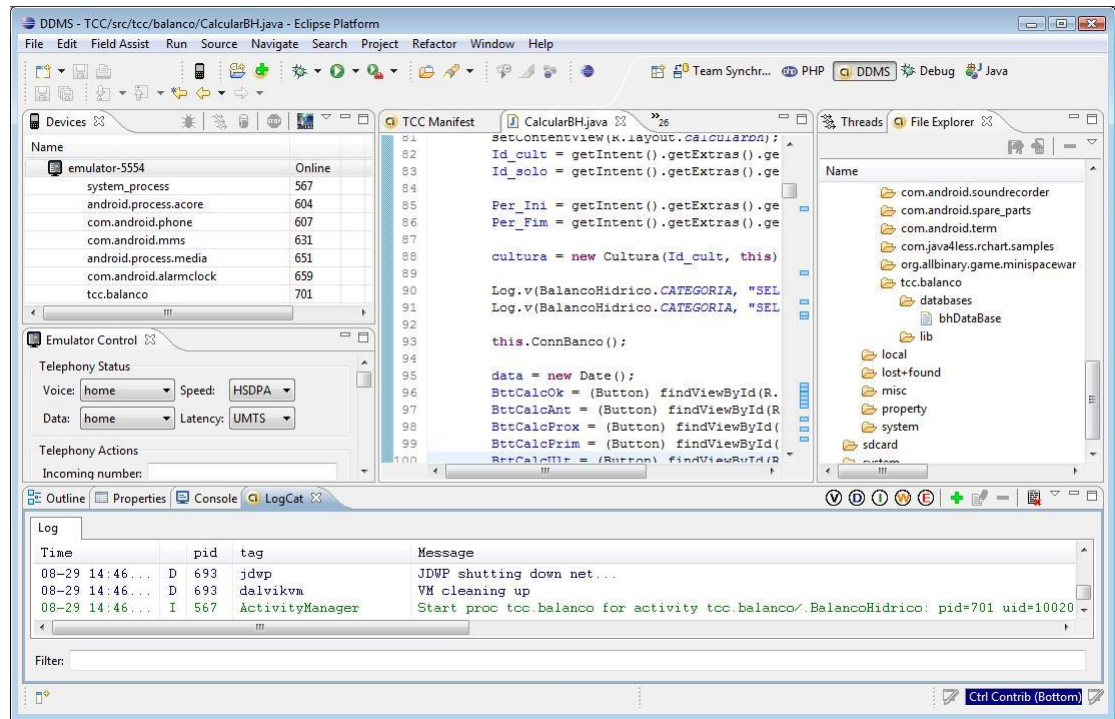


Figura 3.4: *Debugger Manager* para IDE Eclipse.

aplicativos Linux, sendo assim cada processo é invisível a outro. É possível que mais de uma aplicação compartilhe o mesmo ID, permitindo assim o compartilhamento dos mesmos recursos, arquivos e máquina virtual.

### 3.3.1 Componentes

Segundo Google Inc. (2009), os aplicativos Android se diferenciam dos outros sistemas, na medida em que cada aplicação pode realizar chamadas para outras a qualquer momento durante sua execução. Para que isso seja possível os aplicativos podem requerer a abertura de outro processo não só em qualquer momento como também em diversos pontos de partida diferentes. Portanto um aplicativo Android não possui a função “main()”<sup>6</sup>, e cada chamada pode ser realizada para quaisquer dos quatro componentes, sendo:

**Activity** - pode ser traduzido como (Atividade), é um componente do tipo visual, como uma tela ou janela por exemplo. A *activity* é quem realiza os tratamentos dos eventos da tela e é quem define qual *View* será desenhada na tela (Lecheta, 2009). As *Views* são os botões, menus, campos de texto, barras de rolagem, caixas de seleção e vários outros elementos que podem ser desenhados e usado numa tela. Esses elementos podem ser agrupados hierarquicamente formando uma tela mais complexa.

Uma *activity* possui dois métodos que são essenciais para sua execução, é o “*onCreate(bundle)*” que é responsável pela inicialização da tela, e o “*setContentView(view)*” que

<sup>6</sup>Na linguagem c, e em outras de alto nível, a função *main* é considerado o ponto de partida do programa.

desenha a interface na tela do aplicativo. Cada aplicação que possuir alguma *activity* deve marcar alguma delas como a tela inicial;

**Serviços** - Componente executado em segundo plano, por uma quantidade de tempo indefinida, e que não possui uma interface visual. Como qualquer outro processo Android, um serviço é executado na *thread* principal do processo que a criou, não interferindo ou bloqueando outros componentes;

**Receptores de *Broadcast*** - São os componentes que recebem e reagem a difusão de anúncios. Esses anúncios podem ser emitidos pelo próprio sistema, como bateria fraca por exemplo. Os aplicativos podem criar vários receptores e podem emitir anúncios, o receptores não possuem interface visual, porém podem iniciar uma *activity* em resposta, ou usar qualquer outro recurso de alerta para o usuário;

**Provedores de Conteúdo** - Componentes que tornam um conjunto de dados disponível para uma aplicação, sendo esses dados nas formas de arquivos, banco de dados do SQLite. Com os provedores de conteúdos, os aplicativos podem abstrair a parte de gerenciamento e armazenamento de informações e dados. Para isso os métodos de manipulação dos dados devem ser criados e são manipulados pelo objeto do tipo *ContentResolver*.

Os componentes possuem diversas maneiras de serem iniciados, no caso específico dos provedores de conteúdo eles são iniciados apenas quando um aplicação o requisitar. Os outros componentes são iniciados através de mensagens assíncronas denominado *Intent* (intenções), para cada um deles a requisição é realizada de forma diferente.

No caso da *activity*, o *intent* é lançado pelos métodos *Context.startActivity()* ou *Activity.startActivityForResult()*. Geralmente um objeto *activity* é quem chama os outros objetos *activitys* sendo através destes objetos que os parâmetros são enviados e os resultados recebidos.

Os serviços e receptores de *broadcast* possuem métodos semelhantes aos descritos acima, o diferencial é que nestes casos o lançamento de um *intent* é realizado quando se deseja conectar ou iniciar um serviço, ou quando algum evento é executado.

Um provedor de conteúdo executa somente durante a sua chamada, e os receptores de *broadcast* quando receberem um evento, estes dois componentes não possuem métodos que terminam sua execução. A *Activity* possui o método "*finish()*" e o serviço o método "*stopService()*" ambos finalizam a execução de seus respectivos componentes durante a execução de um aplicativo.

## Capítulo 4

# Aplicativo BHCMóvel

O BHCMóvel é um aplicativo que realiza o cálculo do Balanço Hídrico Climatológico Seqüencial, com escala de tempo diária. Tal aplicativo estima a água disponível no solo, retornando para o usuário informações como a umidade do solo, água disponível para planta, deficiência hídrica e excesso hídrico. Informações que podem subsidiar as tomadas de decisões na agricultura.

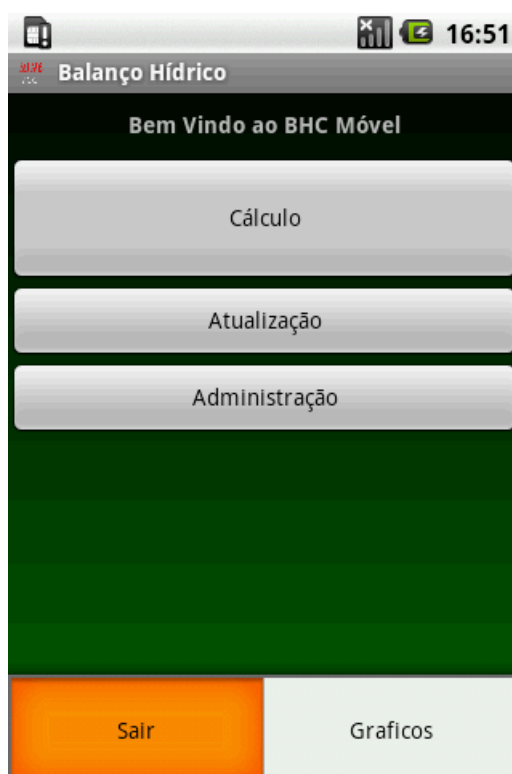


Figura 4.1: tela inicial da aplicação.

Há procedimentos que devem ser executados para a obtenção e organização dos dados necessários para a realização do cálculo do BHC. Tais procedimentos são descritos na **Seção 4.3** juntamente com as condições que devem ser satisfeitas para que não ocorram falhas ou

dados incorretos. Deve-se garantir que os dados disponíveis possuam uma sequência de dias sem intervalos. Caso ocorra impossibilidade de obtenção dos dados de algum dia específico a simulação só deve ser feita com as partes que contem os dados diário sem falhas.

Neste trabalho foram considerados três elementos principais: **clima**, **solo** e **cultura**. Os dados de clima, importados das estações, devem conter as informações que satisfaçam todas as necessidades dos métodos utilizados na **Seção 4.3**. Desse modo, há a necessidade de ter acesso a todos os dados descritos na Seção 4.2. Os dados de solo e cultura são inseridos pelo usuário do aplicativo, e as informações necessárias estão descritas na Seção 4.1.

Os dados meteorológicos<sup>1</sup>, necessários para a realização dos cálculos e utilizados nos testes do protótipo do BHC Móvel, desenvolvido neste trabalho, são da região de Dourados/MS, disponibilizados pelo *Sistema Agroclimático da Região de Dourados*<sup>2</sup>, desenvolvido pela *Embrapa Agropecuária Oeste* (Fietz et al., 2009).

O aplicativo pode executar os cálculos a partir de dados de qualquer estação meteorológica de qualquer região, desde que estes estejam disponíveis para alimentação da aplicação. A **Seção 4.2** mostra a forma como os dados devem ser apresentados, para que seja possível a leitura pela aplicação.

Todas as informações dos dados são armazenados utilizando a interface de banco de dados, no Android utilizamos o *SQLite*, (ver **Seção 3.1.2**) e é através desta biblioteca que é criado o banco de dados e são realizadas as consultas, inserções e remoções. O *SQLite* disponibiliza todos os métodos que o aplicativo necessita para seu funcionamento e gerenciamento dos dados armazenados.

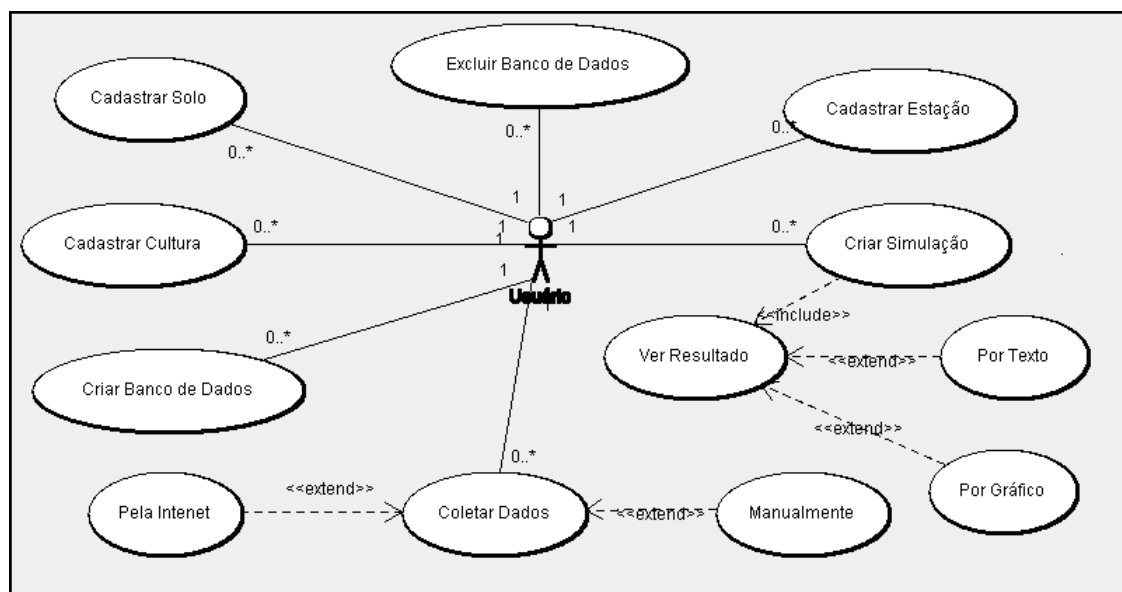


Figura 4.2: diagrama de casos de uso para aplicativo de BHC

<sup>1</sup>Temperatura média do dia, umidade média do dia, velocidade média do vento à dois metros de altura, e saldo de radiação líquida.

<sup>2</sup>Disponível no endereço: [http://www.cpa0.embrapa.br/clima/index.php?pg=base\\_dados](http://www.cpa0.embrapa.br/clima/index.php?pg=base_dados).



O Aplicativo possui diversas funcionalidades para gerenciamento e realização dos cálculos. Estas opções estão disponíveis já na tela inicial do aplicativo (ver **Figura 4.1**) sendo:

1. Administração;
2. Coleta/Atualização;
3. Cálculo.

Existem diversas outras ações que o usuário pode realizar. A figura 4.2 representa cada uma dessas ações, através de um diagrama de casos de uso simplificado.

A seguir, na **Seção 4.1**, são apresentadas as funcionalidades de administração do BHCMóvel. Na Sequência, na **Seção 4.2** é mostrada a funcionalidade de coleta e atualização dos dados climáticos. E por fim, na **Seção 4.3**, encontra-se o roteiro dos cálculos e cada uma das equações utilizadas neste roteiro.

Figure 4.3 displays two screenshots of the BHCMóvel application interface. Screenshot (A) shows the 'Cadastro de Solo' (Soil Registration) screen. It includes a title bar with 'Balço Hídrico' and a status bar with '17:02'. The main form has a 'Nome:' field with 'Dourados Argiloso', an 'Espessura(cm):' field with '100', a 'CC:' field with '32.2', a 'PM:' field with '25.44', and a 'DS:' field with '1.23'. A 'Cadastrar' button is at the bottom. Screenshot (B) shows the 'Cadastro de Cultura' (Cultural Registration) screen. It includes a title bar with '2' and a status bar with '17:03'. The main form has a 'Nome:' field with 'Milho Safrinha', a 'Fase:' field with a table of values, a 'Duração(Dias):' field with '30', and a 'KC:' field with '0.57'. A 'Cadastrar' button is at the bottom.

Fase:	Duração(Dias):	KC:
1	30	0.57
2	35	1.13
3	30	1.59
4	40	1
5		

Figura 4.3: (A) tela de cadastro de solo, (B) tela de cadastro de cultura.

## 4.1 Administração

A administração é a parte do aplicativo em que se define configurações, tais como:

- Cadastro/exclusão e alteração do solo;
- Cadastro/exclusão e alteração de cultura;

- Criação do banco de dados;

A opção de cadastro, de alterações e exclusão de solo são disponibilizadas realizado nessa parte do aplicativo. No cadastro, possui os campos para inserção dos dados de solo, como nome, espessura, capacidade de campo, ponto de murcha e densidade (ver **Figura 4.3A**). Quando cadastrado, o solo é inserido no banco de dados, que se encontra selecionado no início do aplicativo.

O cadastramento das culturas (ver **Figura 4.3B**), é executado da mesma forma que o cadastro de solo: existe uma tela para a inserção das informações de nome de cultura, fases e suas durações, e qual o Coeficiente de Cultura  $K_C$  na fase.

## 4.2 Coleta dos Dados

Nesta função, é realizada a coleta dos dados de clima. Para o cálculo faz-se necessário inserir os dados de temperatura média diária, umidade média relativa do ar, velocidade média do vento a 2 metros, radiação líquida e precipitação. Todos esses dados, excluindo a quantidade de precipitação, que é usada em outra parte do cálculo, são necessários para calcular a evapotranspiração usando o método de *Penman-Monteith-FAO* (Conceição, 2006).

Além desses dados, é preciso ter informações de solo e cultura, que foram armazenados no banco de dados do aplicativo, na função de administração.

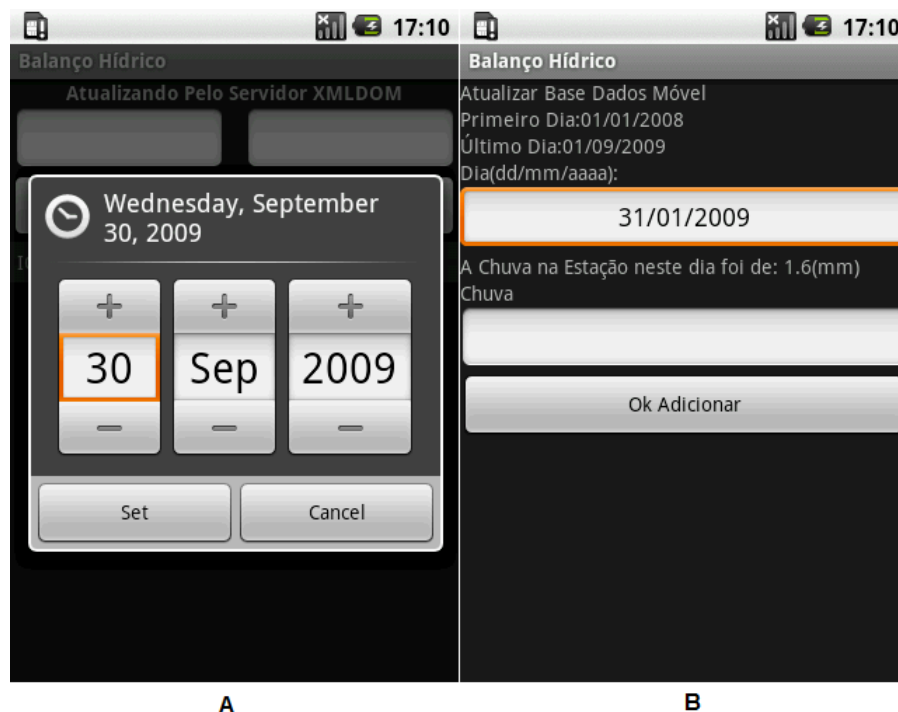


Figura 4.4: telas do Aplicativo para coleta de dados, (A) pela internet e (B) pela inserção manual de chuva.

Os dados de chuva de uma estação podem não representar a ocorrência real de precipitação em áreas específicas. Visando aproximar-se da quantidade real de chuva na área em que se deseja realizar o cálculo, foram desenvolvidas duas opções de captação dos dados de chuva: a primeira opção é a coleta através da Internet, onde a quantidade de chuva, juntamente com todos os outros dados climáticos são transferidos; na segunda opção, apenas a quantidade de chuva local é inserida manualmente.

A inserção manual de quantidade de chuva só poderá ser realizada se o dia em questão já estiver cadastrado, já possuir as outras informações climáticas necessárias (que devem ser obtidas da estação). Entretanto independente da opção de atualização dos dados de chuva, ambos são armazenados no banco de dados e podem ser usados durante a realização dos cálculos, tendo prioridade o dado de chuva inserido manualmente.

### 4.2.1 Pela Internet

Na atualização pela internet, ver **Figura 4.4A**, são disponibilizados dois parâmetros opcionais: as datas iniciais e finais. Se o período for determinado, busca-se o endereço *web* da estação meteorológica, previamente cadastrado no banco de dados e que está selecionado para a obtenção dos dados. Em seguida, é construído o *link* de busca, com os parâmetros adicionados. Sendo os parâmetros nulos, o *link* é construído com a data inicial, igual a última data encontrada nos dados já armazenados, e a data final a do dia atual.

Para alimentação do banco de dados, utiliza-se os recursos que a plataforma Android disponibiliza para a importação dos dados, por meio da API XML/DOM, que busca os dados, no endereço `http://www.cpa0.embrapa.br/clima/android/index2.php?ini={DataInicial}&fim={DataFinal}`, onde *DataInicial* corresponde ao dia de início da coleta de dados, e *DataFinal* ao dia final para coleta de dados, as informações climáticas são coletadas para cada dia do intervalo estipulado. O arquivo disponibilizado pela estação meteorológica deve ter o formato, conforme o exemplo a seguir:

Código 4.1: exemplo de arquivo XML de dados climático

---

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <CLIMA>
3 <dia id="2009-06-25" temp="17.0" urel="89" vento2="1.04" radia ="5.6" chuva="
  0.0"/>
4 <dia id="2009-06-24" temp="16.2" urel="95" vento2="1.74" radia ="2.5" chuva="
  0.4"/>
5 <dia id="2009-06-23" temp="21.8" urel="74" vento2="2.22" radia ="4.8" chuva="
  1.4"/>
6 <dia id="2009-06-22" temp="22.3" urel="63" vento2="1.10" radia ="6.8" chuva="
  0.0"/>
7 <dia id="2009-06-21" temp="21.5" urel="64" vento2="1.21" radia ="7.1" chuva="
  0.0"/>
8 </CLIMA>
```

---

O aplicativo “lê” os dados, utilizando um *parser* da classe *org.w3c.dom.Document*, retor-

nados pelo servidor. A busca retorna os dias e os dados climáticos e o aplicativo percorre cada dia, validando e inserindo na tabela climática do banco de dados da aplicação.

### 4.2.2 Inserção Manual

A inserção manual, ver **Figura 4.4B**, é realizada através de uma tela que possui apenas dois campos de entrada, dia e chuva. Os dados locais são inseridos na mesma tabela climática onde se encontram os outros dados baixados pela internet.

Isso é necessário, porque o usuário pode optar por fazer um cálculo utilizando os dados inseridos manualmente, caso estes estejam disponíveis, ou usando os dados obtidos da estação meteorológica.

Esta funcionalidade pode ser utilizada para manejo de irrigação, pois o usuário pode informar no dia da irrigação a quantidade de água utilizada. Posteriormente, ao efetuar o balanço com os dados inseridos manualmente, obtém-se como resultado da água disponível os valores corrigidos de acordo com a irrigação efetuada.

## 4.3 Cálculo

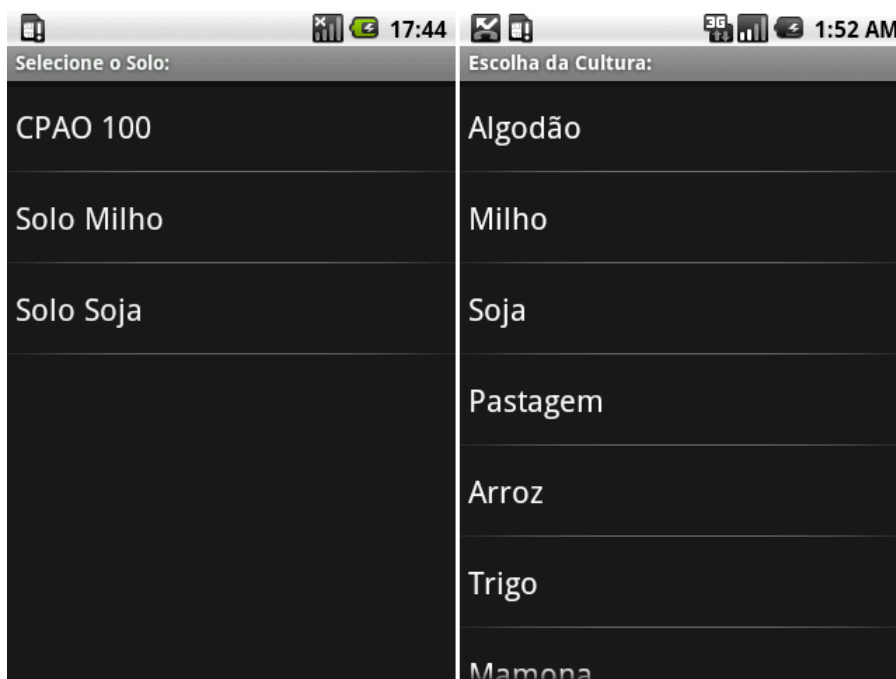


Figura 4.5: tela de seleção de solo e de cultura.

Para calcular o BHC, o aplicativo prepara os dados e realiza os cálculos de acordo com o roteiro que será descrito nesta subseção. Existem diversos métodos para elaboração do BHC conforme (Allen et al., 1998; Pereira et al., 2002; Sedyama, 1996), no entanto foi optado por utilizar do método *Penman-Monteith FAO* para cálculo de evapotranspiração e *Escorrimento*

*Superficial* são métodos os quais os dados de entrada estão facilmente disponíveis nas estações, a utilização de qualquer outro método pode ser complicado devido a necessidade de dados mais complexos.

Na primeira tela, (ver **Figura 4.5**), são listadas todas as culturas inseridas no banco de dados do aplicativo. Após a cultura ser selecionada, é apresentada uma tela, onde o usuário escolhe o período, a data inicial obrigatória, e a data final opcional. Para facilitar na escolha das datas, apresentamos o período de dados climáticos cadastrado no banco de dados.

Em seguida deve-se escolher o solo, (ver **Figura 4.5**). Tais dados são necessários para calcular o *cta* (capacidade total de água no solo em *mm* de água), a qual é calculada apenas uma vez para cada simulação e utiliza apenas dados de solo, sendo realizada de acordo com a seguinte equação:

$$CTA = \frac{cc - pm}{10} \times Ds \times Z \quad (4.1)$$

em que:

*cc* - capacidade de campo (*mm*),

*pm* - ponto de murcha (*mm*),

*Ds* - densidade do solo,

*Z* - espessura (*cm*).

Após essas seleções e o cálculo do *CTA*, os demais cálculos, apresentados abaixo, são executados em sequência, do primeiro ao último dia, para todos os dias do intervalo selecionado.

O primeiro cálculo a ser realizado é o da Evapotranspiração de Referência *ET<sub>0</sub>*, realizado de acordo com a equação Allen et al. (1998):

$$Et_0 = \frac{0.408\Delta R_n + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (4.2)$$

onde:

*ET<sub>0</sub>* evapotranspiração de referência (*mm dia<sup>-1</sup>*),

*R<sub>n</sub>* saldo de radiação líquida (*MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>*),

*T* temperatura média do dia (*°C*),

*u<sub>2</sub>* velocidade do vento a 2 metros de altura (*m s<sup>-1</sup>*),

*e<sub>s</sub>* pressão do vapor de saturação (*kPa*),

*e<sub>a</sub>* pressão atual de vapor (*kPa*),

$\Delta$  curva do vapor de pressão (*kPa °C<sup>-1</sup>*),

$\gamma$  constante psicrométrica<sup>3</sup> (*kPa °C<sup>-1</sup>*).

Nem toda chuva ocorrida em um único dia é totalmente absorvida pelo solo. Para se calcular a chuva efetiva, é realizado o cálculo da precipitação efetiva (*Pe*). Tal operação somente é necessária nos dias em que a quantidade de chuva diária exceder 25 milímetros, significando que apenas um percentual da quantidade de chuva foi absorvida pelo solo. Existe

---

<sup>3</sup>Representa o balanço entre o calor sensível ganho pela passagem de fluxo de ar no termômetro de bulbo úmido e o calor sensível transformado em calor latente.

dois métodos principais para se calcular o  $Pe$ : estimada pelo método *Número Curva* e *Escorrimento Superficial*. Este aplicativo utiliza o método *Escorrimento Superficial*.

O cálculo do Coeficiente de ajuste do solo  $K_{si}$  do dia, será usado para o ajuste da  $ET_R$  em função do teor de umidade atual do solo, sendo realizado de acordo com:

$$K_{si} = \frac{U_{i-1} - PM}{CC - PM} \quad (4.3)$$

em que:

$U_{i-1}$  é a umidade do solo no dia anterior,

$PM$  ponto de murcha do solo,

$CC$  capacidade de campo do solo.

Como dito no **Capítulo 2**, a evapotranspiração de referência é estimada para uma superfície vegetada padrão (gramado), mas cada cultura possui a sua necessidade de água, podendo também interferir na evapotranspiração. Dada essa situação, existe um fator de correção, chamado coeficiente de cultura  $K_C$ , que é diferente em cada fase de evolução da cultura.



Figura 4.6: tela de execução dos cálculos e do gráfico da deficiência hídrica do solo

Os dados de cultura serão necessários, portanto, para saber quantas fases e quais os coeficientes de ajuste serão aplicados nas fases. No caso do Balanço Hídrico Normal (gramado), o  $K_C$  sempre será 1, existindo apenas 1 fase.

Até esse ponto tem-se definido o  $ET_0$ ,  $K_s$  e o  $K_C$  e pode-se então, estimar a evapotranspiração real  $ET_r$ , fazendo:

$$ET_r = ET_0 \times K_s \times K_C \quad (4.4)$$

Com o valor de  $ET_r$  será calculado, em seguida, a quantidade de água disponível no dia ( $AD_i$ ), que é a soma da água disponível do dia anterior ( $AD_{i-1}$ ), com a precipitação efetiva ( $Pe$ ) menos a evapotranspiração real do dia ( $ET_{Ri}$ ), expresso por:

$$AD_i = AD_{i-1} + Pe_i - ET_{Ri} \quad (4.5)$$

A umidade do solo é calculada de acordo com a relação entre a quantidade de água disponível e a quantidade de água que o solo poderia armazenar. A equação da umidade do solo é descrita por:

$$U_i = 10 \frac{AD_i}{D_s \times Z} + PM \quad (4.6)$$

A deficiência hídrica do solo no dia ( $DH_i$ ), apresentada pelo BHCMóvel em forma de gráfico, (ver **Figura 4.6**), é a quantidade de água que falta no solo. Para que esta atinja sua capacidade máxima de armazenamento, a deficiência é calculada por:

$$DH_i = CTA_{solo} - AD_i \quad (4.7)$$

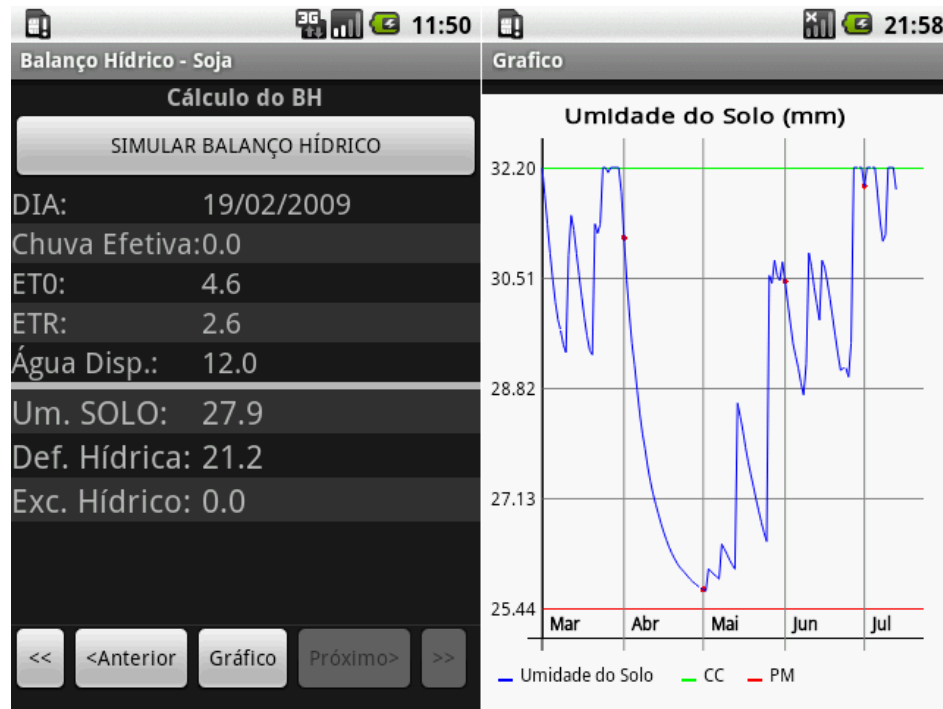


Figura 4.7: telas de Resultado de uma Simulação.

Finalmente o último cálculo do balanço hídrico é o do Excesso Hídrico do dia ( $EH_i$ ). O excesso é a quantidade de água que o solo não pode absorver, por já estar em sua capacidade máxima, sendo o excedente hídrico definido por:

$$EH_i = Pe - ET_r + \Delta AD \quad (4.8)$$

onde:

$\Delta AD$  é a variação de água disponível no solo ( $AD_i - AD_{i-1}$ ).

Após executar todos os cálculos, o resultado é apresentado em uma tela, com o detalhamento dos valores do último dia do cálculo, com destaque para os elementos mais importantes: a quantidade de água disponível, a umidade do solo, a deficiência e o excedente hídrico.

O usuário pode percorrer os resultados para cada dia, através dos botões de *Anterior* e *Próximo*. Quando selecionados, estes atualizam os valores dos elementos na mesma tela, conforme exemplo apresentado na Figura 4.7. O usuário possui a possibilidade de verificar os resultados de cada um dos três elementos (umidade do solo, água disponível e deficiência hídrica), de forma gráfica.



# Capítulo 5

## Validação

Com o objetivo de validar os resultados obtidos no BHCMóvel, foram realizadas duas etapas:

- Na primeira etapa realizou-se uma comparação dos valores obtidos no BHCMóvel, com os resultados de um segundo aplicativo, (Seção 5.1);
- Em uma segunda etapa verificou-se a validade de calcular o BHC utilizando a quantidade de chuva informada pelo usuário, ao invés de utilizar a quantidade disponibilizada na estação.

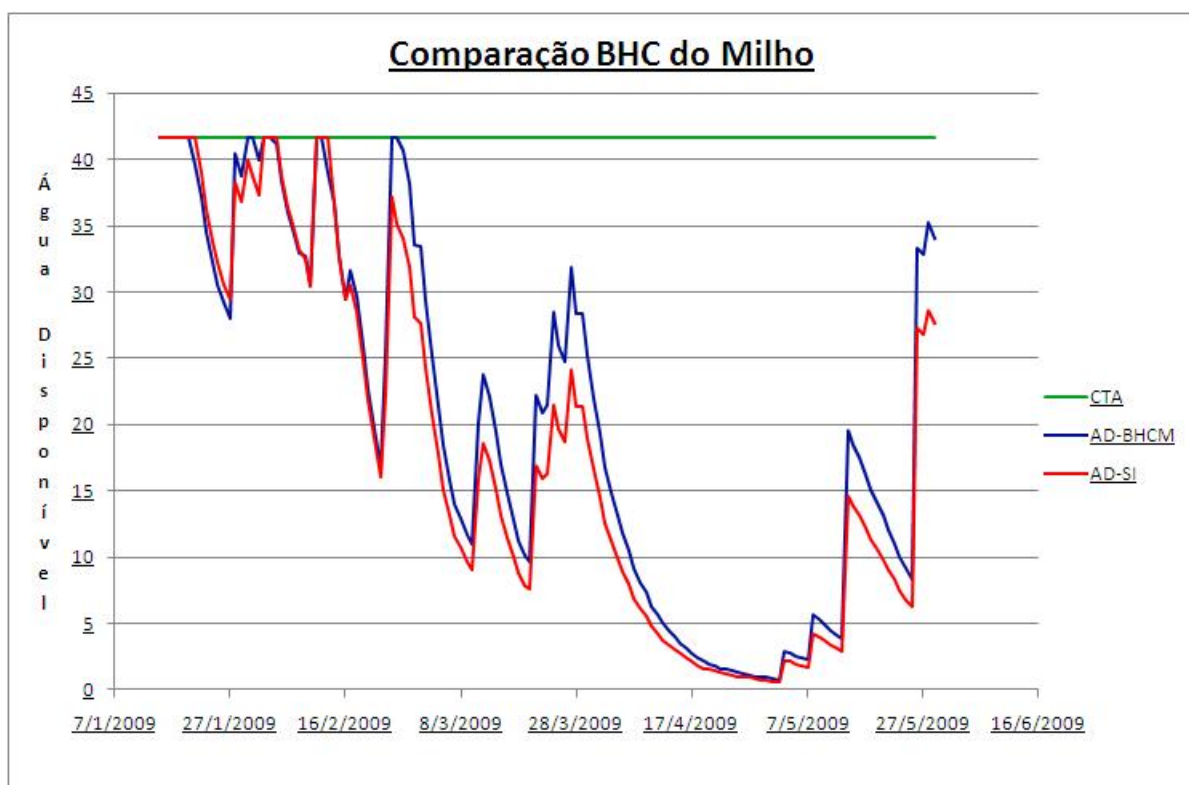


Figura 5.1: comparação da água disponível para milho.

## 5.1 Aplicativo

Com objetivo de validar os resultados do BHCMóvel, realizamos o cálculo do BHC utilizando o *Sistema de Informação Agroclimático de Dourados/MS* (SIA Dourados)<sup>1</sup>, que tem como principais diferenças do BHCMóvel:

1. Para o cálculo de precipitação efetiva o SIA Dourados utiliza o método *Número Curva*, (Pruski et al., 2001), enquanto que o BHCMóvel utiliza o *Escorrimento Superficial*, citado na Seção 4.3;
2. O SIA Dourados mantém os valores de água disponível ao máximo, durante dois dias, sempre que estes chegam na capacidade total de armazenamento (CTA).

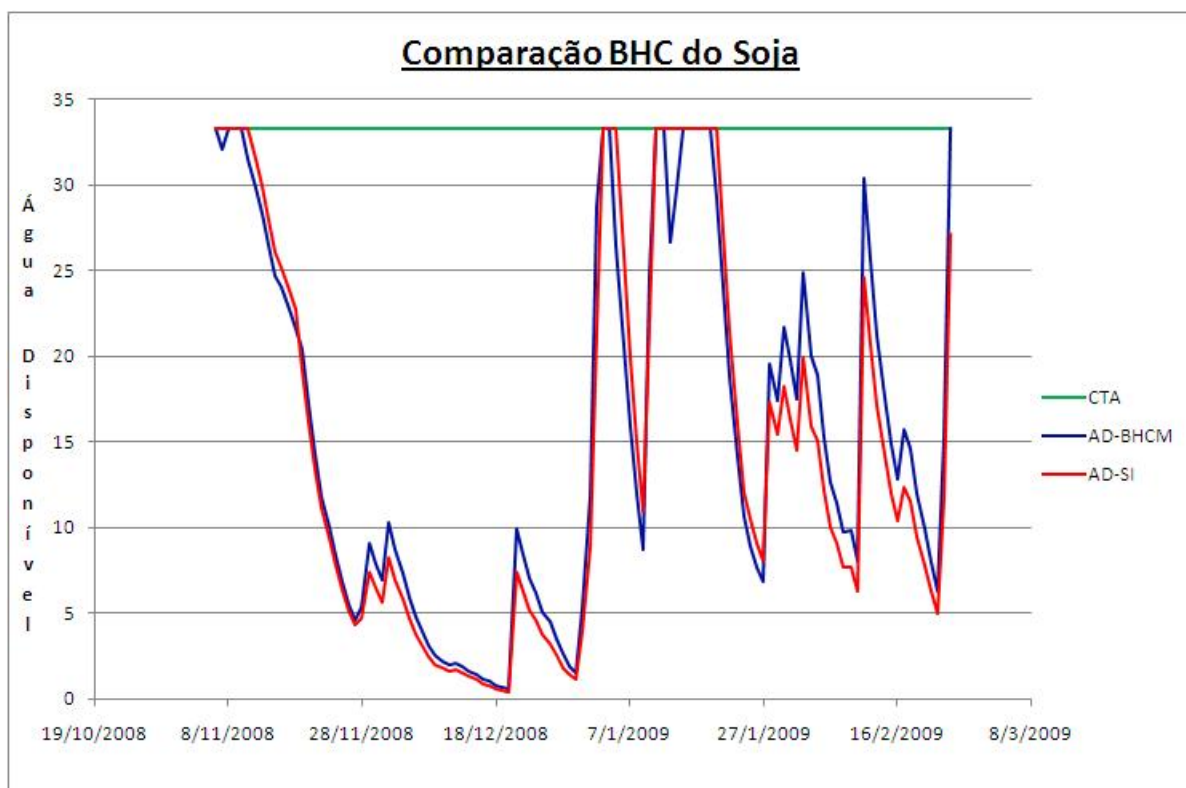


Figura 5.2: comparação da água disponível para soja.

Os resultados obtidos pelo SIA Dourados (AD-SI), e BHCMóvel (AD-BHCM) podem ser vistos nos gráficos das **Figuras 5.1 e 5.2**, onde no gráfico da **Figura 5.1** é realizado o cálculo usando os dados do período de 15/01/2009 à 29/05/2009 para uma cultura de milho; já o gráfico da **Figura 5.2** considera os dados de 6/11/2008 à 24/02/2009 para uma cultura de soja.

<sup>1</sup>[http://www.cpa0.embrapa.br/clima/index.php?pg=balanco\\_hidrico](http://www.cpa0.embrapa.br/clima/index.php?pg=balanco_hidrico).

Note que, para ambos os sistemas, os valores da quantidade de água disponível no solo seguem a mesma tendência, contudo, existem valores divergentes, que são resultados das diferenças citadas anteriormente.

## 5.2 Quantidade de Chuva

Um dos diferenciais do BHCMóvel é a possibilidade do usuário informar manualmente a quantidade de chuva para uma determinada região. Com o objetivo de verificar se tal abordagem é válida, realizou-se cálculos com os dados de duas estações distintas, distantes 13Km uma da outra:

1. Estação Embrapa (estação localizada na Embrapa Agropecuária Oeste, Posição Lat.  $22^{\circ}16'30S$ , Long.  $54^{\circ}49'00W$  e altitude 408m);
2. Estação INMET (estação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Lat.  $22^{\circ}19,39S$ , Long.  $54^{\circ}91'14W$  e altitude de 469m).

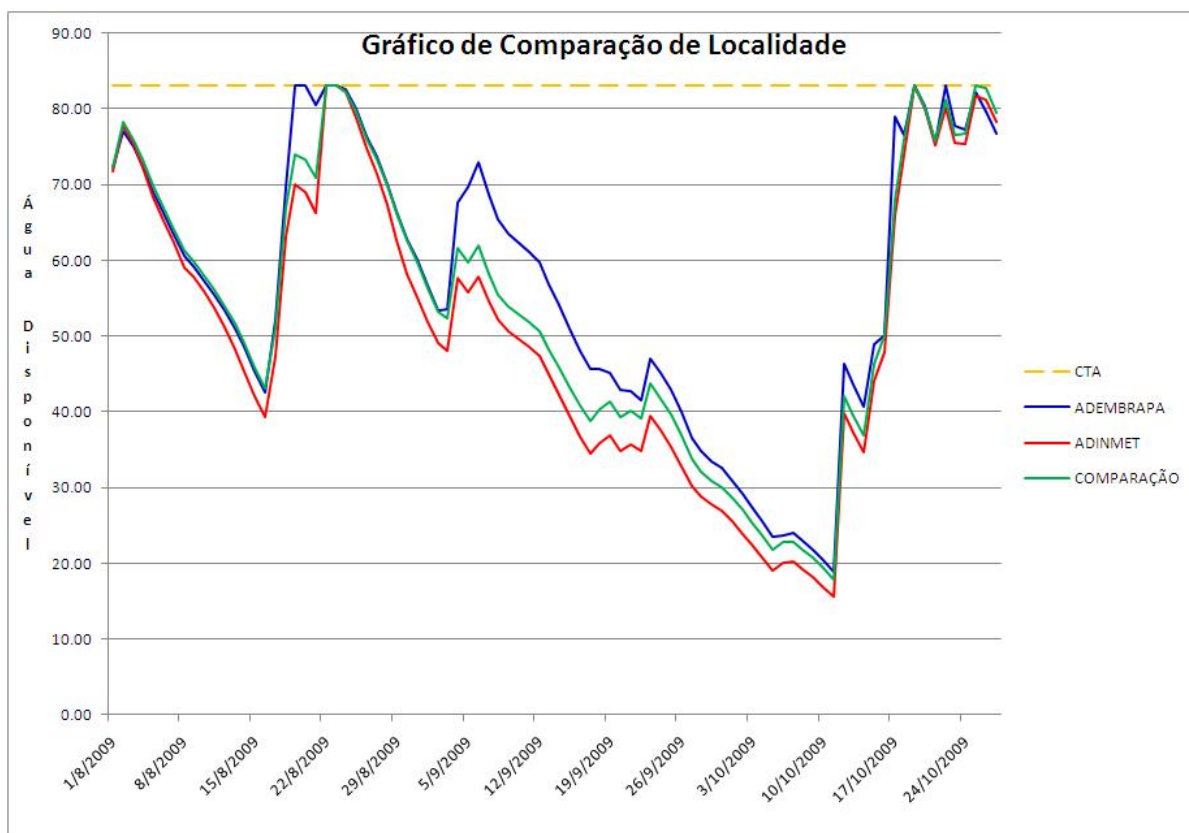


Figura 5.3: comparação do resultado do BHC com dados intercalados.

Tais cálculos, apresentados no gráfico da **Figura 5.3**, possuem as seguintes características:

- ADEMBRAPA: Cálculo do BHC utilizando apenas dados da estação Embrapa;
- ADINMET: Cálculo do BHC utilizando apenas dados da estação INMET;
- COMPARACAO: Cálculo do BHC utilizando todos os dados da estação Embrapa, exceto a quantidade de chuva a qual é utilizada da estação INMET.

O gráfico da **Figura 5.3**, mostra que utilizando a quantidade de chuva de uma determinada região, próxima a estação meteorológica principal<sup>2</sup>, chega-se a um resultado mais condizente com a realidade, do que utilizando apenas a quantidade de chuva disponibilizada pela estação principal.

---

<sup>2</sup>Estação cadastrada no BHCMóvel, a qual é usada para se obter os dados.

# Capítulo 6

## Considerações Finais

Em geral, os produtores rurais estão distantes das áreas urbanas, sendo difícil ter acesso à informações atualizadas sobre a quantidade de água disponível no solo, a qual permite um melhor planejamento e organização da propriedade rural.

Este trabalho apresenta uma nova abordagem para a realização do cálculo do Balanço Hídrico Climatológico. Tal abordagem, desenvolvida para a plataforma Android, faz uso da mobilidade e conectividade disponíveis em celulares, para permitir que os usuários realizem o cálculos do Balanço Hídrico Climatológico em qualquer lugar, além de possibilitar a entrada de dados pluviométricos específicos para uma localidade (fazenda, sitio, etc).

A plataforma Android possibilitou com sucesso o desenvolvimento da aplicação de acordo com os requisitos, (ver Apêndice A). O BHCMóvel consegue utilizar com rapidez e sucesso os componentes, bibliotecas e subsistemas do Android, obtendo o resultado da simulação desejada e possibilitando acompanhamento em tempo real da água disponível para culturas e outras informações importante para o produtor rural.

### 6.1 Contribuições e Trabalhos Futuros

Dentre as principais contribuições, destaca-se ainda que este trabalho pode servir como modelo para a implementação de outros métodos de cálculo de BHC, bastando apenas alterar o roteiro dos cálculos.

Assim como este roteiro, pode ser reutilizado em qualquer outra plataforma, principalmente as que utilizem a linguagem Java. Uma possível plataforma para implementação do BHCMóvel é a *Java Micro Edition - J2ME*, muitos celulares atualmente possuem suporte para esta plataforma.

O BHCMóvel ainda pode possuir muitas funcionalidade, que podem ser incorporadas em trabalhos futuros, tais funcionalidade podem ser úteis para o aperfeiçoamento dos cálculos e da interação entre o usuário e o aplicativo, e estão descritos a seguir:

- Implementação de um manejo e gerenciamento de irrigação independente da inserção manual de chuva do usuário;

- Cadastro de mais de uma estação no mesmo aplicativo, podendo o usuário realizar simulações de BHC, utilizando dados de várias estações diferentes;
- Implementar função que recupere automaticamente os dados climáticos, execute o cálculo do BHC e alerte o usuário caso a umidade esteja abaixo de um limite pré-fixado;
- Implementar roteiro em que o  $ET_0$ , possa ser recuperado automaticamente ou inserido manualmente;
- Possibilidade de cálculo de acordo com camadas diferentes do solo;
- Acrescentar, no servidor de origem de dados, informações locais que o usuário tenha inserido, como a cultura, o solo e sua localização quando permitido;
- Identificar, por meio do GPS, qual estação que disponibiliza os dados, está mais próxima.

# Apêndice A

## Requisitos de Software

**Projeto:** Balanço Hídrico Móvel (BHCMOVE)

**Visão Geral:**

Aplicativo que realiza a estimativa da quantidade de água disponível no solo em determinado momento.

**Objetivo:**

Criação de aplicativo para dispositivos móveis que faça a busca e armazenamento de dados climáticos, que faça a gerência e tratamento de dados, que realize os cálculos de estimativa de balanço hídrico e que retorne esta informação para o usuário com detalhes para cada dia em forma de texto e para o ciclo de cultura em forma de gráficos.

**Requisitos Funcionais:**

- Criação dos bancos de dados;
- Inclusão de dados de solo e cultura;
- Gerenciamento dos dados de solo e cultura;
- Exclusão dos dados de solo e cultura;
- Busca e inserção de dados de clima de uma estação meteorológica;
- Alteração da quantidade de chuva para um dia em específico (chuva local);
- Executar o Balanço Hídrico para o solo e cultura selecionado, utilizando os dados climáticos da localidade, dando preferência a chuva local quando houver;
- Mostrar resultados dos cálculos de modo texto para cada dia da estimativa;
- Criar gráfico mostrando o período de desenvolvimento da cultura.

**Requisitos Não Funcionais:**

- O Aplicativo deve realizar as estimativas de forma rápida;
- O Aplicativo deve realizar a validação dos dados de solo e de cultura inseridos pelo usuário, indicando sempre que possível a solução para o problema em questão;
- Todas as funções executadas por botões da tela do aplicativo devem estar disponíveis nos menus de cada tela específica;
- O usuário poderá a qualquer momento voltar a tela inicial da aplicação;
- Na tentativa de se executar alguma estimativa não havendo dados de solo e/ou cultura, o aplicativo mostrará a tela de cadastramento do que faltar;
- O aplicativo deve emitir aviso quando o usuário selecionar períodos que não constam no banco de dados de clima.



# Referências Bibliográficas

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., and Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration - guidelines for computing crop water requirements - FAO irrigation and drainage paper 56. Technical report, FAO - Food and Agriculture Organization of united Nations.
- Apple Computer, I. (2006). The webkit open source project. Disponível em: <<http://webkit.org/projects/>>. Acessado em 11/10/2008.
- Bornstein, D. (2008). Dalvik virtual machine. Disponível em: <<http://www.dalvikvm.com/>>. Acessado em 11/10/2008.
- Conceição, M. A. F. (2006). *Roteiro de cálculo da evapotranspiração de referência pelo método de Penman- Monteith-FAO*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <<http://www.repdigital.cnptia.embrapa.br/handle/CNPUV/8815>> Acessado em 20/06/2009.
- Dourado Neto, D. (1996). Balanço hídrico cíclico e sequencial: estimativa de armazenamento de água no solo. *XI Congresso Brasileiro de Irrigação e Drenagem*, pages 30–42. Campinas-SP.
- Eclipse Foundation, I. (2008). About the eclipse foundation. Disponível em: <<http://www.eclipse.org/org/>>. Acessado em 11/10/2008.
- Fietz, C. R., Comunello, E., Silva, L. E. P., and de Souza, P. S. (2009). Sistema de monitoramento agroclimático da região de dourados, MS. *Anais do 7. Congresso Brasileiro de Agroinformática - SBI Agro 2009*. Viçosa - MG.
- Foundation, F. S. (2007). The gnu c library. Disponível em: <<http://www.gnu.org/software/libc>>. Acessado em 18/10/2008.
- Galvani, E. (2008). Estudo comparativo dos elementos do balanço hídrico climatológico para duas cidades do estado de São Paulo e para Paris. *Revista Franco-Brasileira de Geografia - Confins*, 4(4). Disponível em: <<http://confins.revues.org/index4733.html>> Acessado em 19/10/2009.
- Google Inc. (2008a). Android - an open handset alliance project. Disponível em: <<http://code.google.com/android/toolbox/custom-components.html>>. Acessado em 04/10/2008.

- Google Inc. (2008b). Android open source. Disponível em: <<http://source.android.com>. Acessado em 27/10/2008.
- Google Inc. (2009). Application fundamentals. Disponível em: <<http://developer.android.com/guide/topics/fundamentals.html>>. Acessado em 01/09/2008.
- Hipp, Wyrick Company, I. (2008). About sqlite. Disponível em: <<http://www.sqlite.org/about.html>>. Acessado em 11/10/2008.
- Lecheta, R. R. (2009). *Google Android - Aprenda a criar aplicações para dispositivos móveis com o Android SDK*. Editora Novatec, 1st edition.
- Lima, J. E. F. W., Silva, C. L., and Oliveira, C. A. S. (2001). Comparação da evapotranspiração real simulada e observada em uma bacia hidrográfica em condições naturais de cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 5(1):33–41.
- Mota, F. S. (1986). *Meteorologia Agrícola*. Editora Nobel. 376p.
- Nokia, R. C. (2004). Gtk+ webcore project. Disponível em: <<http://gtk-webcore.sourceforge.net/index.html>>. Acessado em 11/10/2008.
- PacketVideo, C. (2007). Opencore. Disponível em: <<http://www.packetvideo.com/resources/OpenCORE-brochure.pdf>>. Acessado em 11/10/2008.
- Pereira, A. R., Angelucci, L. R., and Sentelhas, P. C. (2002). *Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas*. Editora Agropécuaária, 1st edition.
- Project, A. O. S. (2008). Android open source. Disponível em: <<http://source.android.com>>. Acessado em 18/06/2009.
- Project, A. O. S. (2009). What is android? Disponível em: <<http://developer.android.com/guide/basics/what-is-android.html>>. Acessado em 15/06/2009.
- Pruski, F. F., Griebeler, N. P., and Silva, D. D. (2001). Comparação entre dois métodos para a determinação do volume de escoamento superficial. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25(2):403–410.
- Sediyama, G. C. (1996). Estimativa da evapotranspiração: Histórico, evolução e análise crítica. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 4(1):i–xii.
- Tanenbaum, A. S. (2003). *Sistemas Operacionais Modernos*. Editora Pearson, 2 edition. São Paulo.
- Turner, D., Wilhelm, R., and Lemberg, W. (2006). The free type project freetype 1. Disponível em: <<http://freetype.sourceforge.net/freetype1/index.html>>. Acessado em 11/10/2008.