**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Desenvolvimento de aplicativo para dispositivos móveis para coleta de
dados georreferenciados através de reconhecimento de voz**

Leonam João Leal de Paula

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Engenharia
de Sistemas Agrícolas

**Piracicaba
2013**

Leonam João Leal de Paula
Engenheiro de Controle e Automação

**Desenvolvimento de aplicativo para dispositivos móveis para coleta de dados
georreferenciados através de reconhecimento de voz**

Versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **JOSÉ PAULO MOLIN**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Engenharia
de Sistemas Agrícolas

**Piracicaba
2013**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Paula, Leonam João Leal de

Desenvolvimento de aplicativo para dispositivos móveis para coleta de dados georreferenciados através de reconhecimento de voz / Leonam João Leal de Paula. - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2013. 81 p: il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2013.

1. Agricultura de precisão 2. Computação móvel 3. Sistema operacional android
4. Smartphone 5. Telefonia celular I. Título

CDD 631.3
P324d

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, e a todos os meus ancestrais, que por esforços incontáveis permitiram que eu chegasse aqui, neste momento da história da humanidade, e fosse capaz de viver esta experiência.

AGRADECIMENTOS

Ao Absoluto, aquele que tudo rege, cria e destrói, pela permissão de viver, ser capaz e estar presente, no aqui e agora, para ser parte deste momento da criação.

A Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, por toda sua estrutura de suporte ao aluno, pelo agradável ambiente, pela qualidade do ensino e pela oportunidade de ingressar, cursar e concluir o curso de Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Ao professor Doutor José Paulo Molin, pela confiança e oportunidade de realização de um projeto inovador e pela paciência e atenção durante o processo de orientação, e pela troca de experiências enriquecedoras.

Aos meus pais Manoel e Sonia, que mesmo à distância, muito me apoiaram e confortaram durante a vida toda e especialmente neste período importante do Mestrado.

À minha irmã Larissa, que sempre me animou e incentivou para que sempre alcançasse meus objetivos.

Aos meus professores, Roberto Souza Júnior, Flávio Galib, Mitsuo Serikawa e Edgar Brito, que sempre apoiaram e acompanharam meu crescimento profissional e pessoal.

Ao meu grupo da longa jornada, Maria Helena, Cíntia, Ana Maria, Marcelo, Maria Aparecida, Silvana, Janete, Marta e Neusa; vocês fazem tudo valer a pena.

Aos colegas e amigos da Esalq, Fernanda, Adriano, Gustavo, Mark, Lucas Cortinove, Lucas Amaral, André, Hugo, João Paulo, e mais... muito obrigado pela amizade e pelo companheirismo.

À comunidade Android da internet, por fazer da programação algo comunitário repleto de troca de informações, soluções, dicas, instruções e tutoriais; e permitir que eu aprendesse com vocês aquilo que não se encontra nos livros e compartilhasse com vocês as minhas dificuldades.

À equipe de auxílio à pesquisa do programa de pós-graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas pelos serviços e orientações.

À todos o meu MUITÍSSIMO OBRIGADO, nada seria possível sem as contribuições diferenciadas que todos me ofereceram.

EPÍGRAFE

Disse a Poupa:

“Ó pássaros sem aspiração! Como poderá saltar à vontade o amor num coração privado de sensibilidade? Considerar a questão dessa maneira, que parece agradar-vos, não redundará em nada. Quem ama parte de olhos abertos rumo à sua meta e brinca com a própria vida.”

Farid Ud-din Attar – A conferência dos pássaros

“A criatura humana não está informada acerca da divindade. Para tal ciência o intelecto comum não oferece nenhum Caminho.”

Hakim Sanai – O jardim amuralhado da verdade

O mundo não existe, ele é apenas uma ilusão. De ciclo em ciclo se apresenta como uma farsa ou uma alucinação.

Antigo provérbio persa

Desde que a sorte da humanidade nesta terra amarga não é nada a não ser sofrimento e tristeza, feliz o coração daquele que rapidamente deixa o mundo, tranquila a pessoa que não veio afinal.

Omar Khayan

Se esse conhecimento pudesse ser obtido simplesmente pelo que dizem outros homens, não seria necessário entregar-se a tanto trabalho e esforço, e ninguém se sacrificaria tanto nessa busca. Alguém vai à beira do mar e só vê água salgada, tubarões e peixes. Ele diz: “Onde está essa pérola de que falam? Talvez não haja pérola alguma.” Como seria possível obter a pérola simplesmente olhando o mar? Mesmo que tivesse de esvaziar o mar cem mil vezes com uma taça, a pérola jamais seria encontrada. É preciso um mergulhador para encontra-la.

Rumi

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Reconhecimento de voz	17
2.1.1 Fundamentos do reconhecimento de voz	19
2.1.2 Modelos Ocultos de Markov	25
2.1.3 Redes Neurais	27
2.2 Computação Móvel	29
2.2.1 Dispositivos móveis e a agricultura	29
2.2.2 Dispositivos de computação móvel.....	33
2.2.3 Propriedades da computação móvel.....	38
2.3 Sistema operacional Android	40
2.3.1 Arquitetura	42
2.3.2 Desenvolvimento de aplicações para Android.....	44
3 MATERIAL E MÉTODOS	47
3.1 Modelo	47
3.2 Condições de desenvolvimento e teste.....	51
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4.1 O software desenvolvido.....	53
4.2 Arquivo de dados coletados	65
4.3 Internacionalização	66
4.4 Estrutura de classes do aplicativo	67
4.5 Discussão	68
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71
REFERÊNCIAS	73
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	79
GLOSSÁRIO.....	81

RESUMO

Desenvolvimento de aplicativo para dispositivos móveis para coleta de dados georreferenciados através de reconhecimento de voz

A agricultura de precisão (AP) é um das grandes responsáveis pela inserção de tecnologias cada vez mais avançadas dentro dos sistemas de produção agrícola. Um equipamento que já faz parte da AP é o computador de mão (Personal Digital Assistant, PDA). Porém com a evolução crescente dos dispositivos móveis tais como smartphones e tablets, os PDAs têm se tornado uma alternativa mais obsoleta do ponto de vista tecnológico. São várias as características que tornam smartphones e tablets dispositivos móveis mais atraentes tecnologicamente. A comunicação direta destes com sistemas de posicionamento via satélite foi o primeiro passo para torna-los válidos para o uso em AP. Além disso, dentre as tecnologias de computação, a computação móvel é a que tem mais aceitação pelos usuários do meio agrícola devido à gradativa inserção mercadológica que os telefones celulares exerceram durante os anos passados em todo o mundo. Com a ideia de criar uma nova ferramenta para a AP baseando-se no reconhecimento de voz para substituir e/ou minimizar o uso das telas sensíveis ao toque e planilhas no campo foi escolhido o sistema operacional Android para o desenvolvimento desse aplicativo. O projeto se baseou inicialmente em revisão bibliográfica de estudos de aplicativos móveis desenvolvidos para a AP e por acompanhamento em campo de procedimentos de coleta de dados. O aplicativo resultante desse desenvolvimento se baseou em três partes: configurações, coleta de dados por voz e mapas. Na parte de configurações é permitido ao usuário configurar opções como: variáveis de coleta, uso do GPS (Global Positioning System), uso do reconhecimento de voz, pasta de armazenamento e informações cadastrais. Na coleta de dados por voz o usuário tem um formulário com as variáveis configuradas, que é preenchido por reconhecimento de voz, automaticamente. Os mapas utilizados para auxiliar o usuário a se orientar pelo campo são criados a partir do sistema Google Maps®. É possível também habilitar um assistente de voz que fala ao usuário, por sintetização de voz, o nome da variável que está coletando e confirma para ele o valor que foi reconhecido a partir de sua voz. Um arquivo 'txt' é criado a partir das informações do formulário contendo também as coordenadas geográficas de cada ponto de coleta, obtidas pelo sistema integrado de GPS do dispositivo, e esse arquivo pode ser utilizado para a entrada de dados em sistemas de informação geográfica (SIG) para a criação de mapas posteriormente.

Palavras-chave: Android; Smartphone; Telefone celular; Computação móvel; Agricultura de precisão

ABSTRACT

Application development for mobile devices for georeferenced data collection using voice recognition

Precision agriculture (PA) is one of the major responsible for the insertion of increasingly advanced technologies within agricultural production systems. Equipment that is already part of precision agriculture is the handheld computer (PDA). But with the growing trend of mobile devices such as smartphones and tablets, PDAs have become a more obsolete option in the technological context. There are several characteristics that make these devices technologically more attractive. Direct communication of such devices with satellite positioning systems was the first step to make them applicable for use in PA. Moreover, among the computing technologies, mobile computing has more acceptance by users of agricultural marketing due to the gradual insertion that mobile phones have had over the past years worldwide. With the idea of creating a new tool for PA based on the speech recognition to replace and/or minimize the use of touchscreen and worksheets in the field, Android was chosen as the operating system for the development of this application. The design was based initially on studies of mobile applications developed for PA through published articles or through monitoring procedures in field data collection. The application resulting from this development is based on three parts: settings, speech data collection and maps. Part of settings allows the user to set some options for operation of the application as: variables to collect, use of GPS, use of speech recognition, file storage folder to 'txt' file and registration information, etc. In the data collection the user configures the variables he wants to collect and the application creates a form that is filled through speech recognition automatically. The map is used to help the user navigate the route through the use of Google Maps® base. It is possible to enable a voice assistant that tells him, by voice synthesizer, the name of the variable he is collecting and confirms to him the value that has been recognized by his voice. A 'txt' file is created containing data along with geographic coordinates obtained from the onboard GPS of the device and it can be used for creating maps in geographic information systems (GIS).

Keywords: Android; Smartphone; Cell phone; Mmobile computing; Precision agriculture

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas produtivos agrícolas têm sido beneficiados pela incorporação de avanços tecnológicos primeiramente destinados a setores industriais. A era da indústria trouxe a mecanização e os fertilizantes sintetizados para a agricultura. A era da tecnologia trouxe a engenharia genética e a automação. A era da informação trouxe o potencial de integrar os avanços tecnológicos à agricultura de precisão (ZHANG, 2002).

A agricultura de precisão (AP) é um das grandes responsáveis pela inserção de tecnologias cada vez mais avançadas dentro dos sistemas de produção agrícola. Um equipamento que já faz parte da AP é o computador de mão (Personal Digital Assistant, PDA). Esse equipamento rapidamente ganhou inúmeras aplicações dentro das operações de campo devido algumas características favoráveis como sistemas posicionamento via satélites embutido, robustez física, comunicação sem fio e integração com elementos sensores variados. Dessa forma os PDAs integraram o ciclo de coleta de informações na AP substituindo formas manuais de operação.

Porém com a evolução crescente dos dispositivos móveis os PDAs têm se tornado uma alternativa mais obsoleta do ponto de vista tecnológico, enquanto *smartphones* e *tablets* têm agregado tecnologias cada vez mais atuais e sofisticadas. A comunicação direta dos *smartphones* e *tablets* com sistemas de posicionamento via satélite foi o primeiro passo para torna-los válidos para o uso dentro da AP. Características como: elevada capacidade de processamento e armazenamento (maiores que 4 Gigabytes), telas mais sensíveis e com mais definição, e sistemas operacionais (Google Android, Apple iOS®, Windows Mobile®, BlackBerry®, etc.) que permitem o desenvolvimento de aplicativos mais sofisticados e eficientes; são as que os tem tornado mais capazes de, por exemplo, processar cálculos mais elaborados ou manter bancos de dados mais extensos. Além disso, dentre as tecnologias de computação, a computação móvel é a que tem mais aceitação pelos usuários do meio agrícola devido à gradativa inserção mercadológica que os celulares exerceram durante os anos passados na população brasileira. Por esses motivos é crescente o número de aplicativos desenvolvidos para esses sistemas operacionais para auxiliar os diversos tipos de usuários em variadas tarefas dentro do ambiente agrícola (AMADO; GIOTTO, 2009).

O uso dos PDAs no ambiente agrícola tradicionalmente têm ajudado os usuários na coleta de dados de campo (BANGE et al., 2004). Porém um problema que os smartphones e tablets ainda herdaram dos PDAs no que se refere ao uso destes equipamentos

dentro do ambiente agrícola é a necessidade do uso de tela sensível ao toque para a entrada de dados. PDAs geralmente possuem telas sensíveis ao toque resistivas, que funcionam a partir da pressão exercida na tela do dispositivo, enquanto smartphones e tablets operam com telas sensíveis ao toque capacitivas, que reconhece um toque a partir da mudança da capacitância em determinada região da tela. Em ambos pode-se observar algumas dificuldades durante a operação como: erros de digitação; inconsistência ao toque (tocar uma tecla e o dispositivo reconhecer outra); perda de acessórios auxiliares (“canetinha”); dificuldade de enxergar o teclado virtual devido à luminosidade excessiva do ambiente agrícola.

Uma tecnologia pouco explorada no meio agrícola e que tem ganhado espaço em outras áreas como educação e saúde, é o reconhecimento de voz. Esta tecnologia permite que o usuário interaja com um determinado dispositivo através de comandos de voz, e mostra ser uma alternativa para a entrada manual de dados em variados sistemas.

Sendo assim, o objetivo aqui proposto consiste no desenvolvimento de um aplicativo para dispositivos móveis que utilize da tecnologia de reconhecimento de voz para a coleta de dados georreferenciados em campo de forma simples e prática, buscando diminuir significativamente o uso da tela sensível ao toque.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Reconhecimento de voz

A fala é um modo natural de comunicação para os seres humanos que é aprendida durante os primeiros anos de vida sem instruções diretas, e durante suas vidas as pessoas continuam a confiar na fala como um meio de comunicação. Devido a este fluxo natural que possui o processo de aprendizado da fala, não nos ocorre o quão complexo é este fenômeno. O trato vocal e os articuladores são órgãos biológicos com propriedades não lineares, cuja operação não está apenas sob controle consciente, mas também é afetado por fatores que vão desde a educação ao estado emocional do indivíduo. Como resultado, as vocalizações podem variar muito em termos de seu sotaque, pronúncia, articulação, aspereza, nasalidade, altura, volume e velocidade. Além disso, durante a transmissão, os padrões de fala irregulares podem ainda ser distorcidos pelo ruído de fundo e por ecos, bem como características elétricas (se telefones ou outros equipamentos eletrônicos são usados). Todas estas fontes de variabilidade fazem do reconhecimento de voz¹ um problema muito complexo (TEVAH, 2000; KOTELLY, 2005).

No entanto, as pessoas estão tão acostumadas com a fala que também gostariam de interagir com seus computadores através dela, ao invés de recorrerem a interfaces primitivas, como teclados e dispositivos apontadores. A interface de reconhecimento de voz poderia apoiar muitas aplicações importantes, por exemplo: assistência telefônica; acesso a banco de dados falado para usuários novatos; aplicações onde as mãos do usuário estejam ocupadas como na medicina ou no campo; dispositivos de ditado para escritório; ou até mesmo tradução automática de voz para línguas estrangeiras. Tais aplicações tentadoras têm motivado a pesquisa em reconhecimento automático de fala desde a década de 1950. Grandes progressos têm sido feitos, especialmente desde a década de 1970, usando uma série de abordagens de engenharia, que incluem correspondência de modelo, engenharia do conhecimento, e modelagem estatística. No entanto, mesmo que o nível do desempenho do reconhecimento de fala dos computadores não tenha o mesmo desempenho que o reconhecimento de fala humano, parece que avanços mais significativos estão acontecendo (TEVAH, 2000; KOTELLY, 2003).

¹ Reconhecimento de voz e reconhecimento de fala são sinônimos na terminologia aqui utilizada. Ambos dizem respeito à capacidade de um dispositivo eletroeletrônico ou de um ser humano em reconhecer palavras de um determinado idioma.

Segundo Kotelly (2003) e Chou e Juang (2005) a precisão de um sistema de reconhecimento de voz depende das condições em que é avaliado. Sob condições suficientemente estreitas quase qualquer sistema pode atingir uma precisão similar a de humanos, mas é muito mais difícil de alcançar uma boa precisão em condições gerais. As condições de avaliação e, portanto, a precisão de qualquer sistema, pode variar ao longo de várias dimensões.

A primeira delas é o tamanho do vocabulário e a capacidade de confundir-se. Como regra geral, é fácil distinguir entre um pequeno conjunto de palavras, mas as taxas de erro irão naturalmente aumentar conforme o tamanho do vocabulário crescer. Por exemplo, os 10 dígitos, de "zero" até "nove" podem ser reconhecidos essencialmente perfeitamente, mas vocabulários de 200, 5000, ou 100 mil palavras podem ter taxas de erro de 3%, 7% ou 45% (KOTELLY, 2003; CHOU; JUANG, 2005).

Outra condição é a dependência ou independência do locutor. Por definição um sistema dependente de locutor destina-se para o uso de apenas um locutor, enquanto que um sistema independente de locutor pode ser utilizado por qualquer um. A independência do locutor é algo difícil de ser obtido, pois os parâmetros do sistema estão ajustados ao locutor para o qual foi treinado, e estes parâmetros tendem a ser bastante específicos ao locutor. As taxas de erro são tipicamente 3 a 5 vezes maiores em sistemas independentes de locutor do que em sistemas dependentes. Sistemas intermediários entre os independentes e dependentes de locutor são os sistemas multilocutores, que são projetados para serem utilizados por um pequeno grupo de pessoas, e os sistemas adaptativos que se ajustam aos parâmetros do locutor a partir de uma quantidade de fala específica para calibração (CHOU; JUANG, 2005; DIVENYI, 2005).

As falas isolada, descontínua e contínua também influenciam na precisão do sistema. Fala isolada significa palavras isoladas; fala descontínua significa sentenças completas nas quais as palavras são artificialmente separadas por silêncio; e fala contínua significa sentenças faladas naturalmente. As falas isolada e descontínua são mais facilmente reconhecidas, pois os limites da palavra são detectáveis e as palavras tendem a ser mais claramente pronunciadas. A fala contínua é mais difícil de ser reconhecida, pois os limites da palavra não são tão claros e suas pronúncias mais alteradas pela coarticulação (KOTELLY, 2003).

Mesmo com um vocabulário fixo, o desempenho varia com a natureza das restrições sobre as sequências de palavras que são permitidas durante o reconhecimento. Algumas limitações podem ser dependentes da tarefa (por exemplo, uma aplicação de

atendimento telefônico pode descartar a hipótese de "A maçã é vermelha"); outras restrições podem ser semânticas (rejeitando "A maçã está com raiva"), ou sintáticas (rejeitando "Vermelho é a maçã"). As restrições são muitas vezes representadas por uma gramática, que idealmente filtra frases irracionais para que o reconhecedor de voz avalie apenas sentenças plausíveis. Gramáticas são geralmente classificadas por sua perplexidade, um número que indica o fator médio gramatical de ramificação (isto é, o número de palavras que pode seguir qualquer palavra dada). A dificuldade de uma tarefa é mais confiavelmente medida pela sua perplexidade do que por seu tamanho de vocabulário (GOMÉZ, 2011; KOTELLY, 2003).

Sistemas de reconhecimento também podem ser avaliados por falas que são lidas por documentos preparados, ou pela fala que é pronunciada de forma espontânea. A fala espontânea é muito mais difícil, porque ela tende a ser temperada com disfluências como "uh" e "hum", falsos começos, frases incompletas, gagueira, tosse e riso, e, além disso, o vocabulário é essencialmente ilimitado, de modo que o sistema deve ser capaz de lidar de forma inteligente com as palavras desconhecidas (por exemplo, detectar e sinalizar a sua presença, e adicionando-os para o vocabulário, o que pode exigir certa interação com o utilizador) (GOMÉZ, 2011; CHOU; JUANG, 2005).

O desempenho de um sistema pode também ser degradado por uma variedade de condições adversas. Estes incluem o ruído ambiental (por exemplo, o ruído de um carro ou uma fábrica); distorções acústicas (por exemplo, ecos, acústica da sala); diferentes microfones (por exemplo, perto de língua, omnidirecional, ou telefone); limitada largura de banda da frequência (transmissão de telefone), e diferentes formas de fala (gritando, gemendo, falando rapidamente, etc.) (KOTELLY, 2003).

2.1.1 Fundamentos do reconhecimento de voz

O reconhecimento de voz é uma tarefa de reconhecimento de padrão de múltiplos níveis, em que os sinais acústicos são examinados e estruturados em uma hierarquia de “subpalavras” (por exemplo, os fonemas), palavras, frases e sentenças. Cada nível pode oferecer maiores restrições temporais. Por exemplo, pronúncias conhecidas de palavras ou sequências válidas de palavras, que podem compensar erros ou incertezas em níveis mais baixos. Essa hierarquia de restrições pode ser melhor explorada combinando probabilisticamente decisões em todos os níveis inferiores, e tomando-se decisões discretas apenas no mais elevado nível (TEVAH, 2009; SILVA, 2009b). A estrutura de um sistema de reconhecimento de voz padrão é ilustrada na figura 1.

Figura 1 – Estrutura dos fundamentos do reconhecimento de voz. Adaptado de DIVENYI (2005)

Fala nativa é a fala amostrada geralmente a uma frequência elevada, por exemplo, 16 kHz por um microfone ou 8 kHz por telefones fixos. Este fornece uma sequência de valores de amplitude ao longo do tempo (GOMÉZ, 2011).

A fala nativa deve ser inicialmente transformada e comprimida, a fim de simplificar o processamento subsequente. São muitas as técnicas de análise de sinal disponíveis que podem extrair informações úteis e comprimir os dados por um fator de 10 vezes sem perder nenhuma informação importante (FRANÇA FILHO, 2010; BARRETO, 2011). A figura 2 ilustra o processo da análise de sinal. Entre os mais populares métodos de análise de sinal tem-se a análise de Fourier (FFT) que produz frequências discretas ao longo do tempo, e pode ser interpretada visualmente. As frequências são frequentemente distribuídas usando a escala Mel, que é linear na faixa baixa, mas logarítmica na faixa alta, correspondente às características fisiológicas do ouvido humano. Outra forma é a Previsão Perceptual Linear (PLP), também motivada fisiologicamente, mas produz coeficientes que não podem ser interpretados visualmente. A Codificação Preditiva Linear (LPC) produz os coeficientes de uma equação linear que aproxima a história recente dos valores de falas nativas. A Análise Cepstral calcula o inverso da transformada de Fourier do logaritmo do espectro de potência do sinal.

Segundo KOTELLY (2003) a técnica utilizada faz pouca diferença na prática. Posteriormente, procedimentos, tais como de Análise Discriminante Linear (LDA) pode, opcionalmente, ser aplicada para reduzir a dimensionalidade de qualquer representação, e para descorrelacionar os coeficientes.

Figura 2 – Conversão de fala nativa em quadros de fala pela análise de sinal (KOTELLY, 2003)

O resultado da análise de sinal é uma sequência de quadros de fala, tipicamente em intervalos de 10 ms, com cerca de 16 coeficientes por quadro. Esses quadros podem ser aumentados por suas próprias derivadas primeira e/ou segunda, proporcionando informações explícitas sobre a dinâmica da fala, o que geralmente leva a um melhor desempenho. Os quadros de voz são usados para a análise acústica (DIVENYI, 2005).

A fim de analisar os quadros de fala pelo seu conteúdo acústico, precisamos de um conjunto de modelos acústicos. Existem muitos tipos de modelos acústicos, variando em sua representação, granularidade, dependência de contexto, e outras propriedades (DIVENYI, 2005). A figura 3 mostra duas representações populares para modelos acústicos. A mais simples é um modelo, que é apenas uma amostra armazenada da unidade de fala a ser modelada, por exemplo, uma gravação de uma palavra. Uma palavra desconhecida pode ser reconhecida simplesmente comparando-a com todos os modelos conhecidos, e encontrando-se a correspondência mais próxima. Os modelos possuem dois grandes inconvenientes: primeiro, eles não podem modelar variabilidades acústicas, e segundo, na prática eles são limitados para todos os modelos da palavra, porque é difícil gravar ou segmentar uma amostra menor do que uma palavra, por isso os padrões são úteis apenas em pequenos sistemas onde é possível usar todos os modelos de palavras. Uma representação mais flexível, utilizada em sistemas maiores, é baseada em modelos acústicos treinados, ou estados. Nesta abordagem, cada palavra é modelada por uma sequência de estados treináveis, e cada estado indica os sons que são susceptíveis de serem ouvidos nesse segmento da palavra, utilizando uma distribuição de

probabilidade ao longo do espaço acústico. Distribuições de probabilidade podem ser modeladas parametricamente, assumindo que elas têm uma forma simples (por exemplo, uma distribuição de Gauss) e depois tentar encontrar os parâmetros que o descrevem, ou não paramétrica, representando a distribuição direta (por exemplo, com um histograma de mais de uma quantização do espaço acústico ou com uma rede neural) (GOMÉZ, 2011; KOTELLY, 2003; SILVA, 2009a; CHOU; JUANG, 2005).

Figura 3 – Modelos acústicos: o padrão e as representações de estados para a lavra “cat” (KOTELLY, 2003)

Modelos acústicos também variam muito em sua granularidade e sensibilidade de contexto. A figura 4 mostra um gráfico com alguns tipos comuns de modelos acústicos, e onde eles ficam ao longo dessas dimensões. Como pode ser visto, modelos com maior granularidade (tais como modelos de palavra ou sílaba) tendem a ter maior sensibilidade de contexto. Além disso, modelos com maior sensibilidade de contexto fornecem melhor precisão no reconhecimento de palavras, se esses modelos forem bem treinados. Infelizmente, quanto maior a granularidade de um modelo, pior ele será treinado, porque menos amostras estarão disponíveis para treiná-lo. Por essa razão, modelos de palavra e sílaba raramente são usados em sistemas de alto desempenho; neste caso são muito mais comuns sistemas de trifenema ou sistemas trifenemas generalizados. Muitos sistemas também usam modelos monofonema (às vezes chamado simplesmente de modelos de fonema), devido à sua relativa simplicidade (GOMÉZ, 2011; KOTELLY, 2003; CHOU; JUANG, 2005).

Figura 4 – Modelos acústicos: granularidade x sensibilidade de contexto (CHOU; JUANG, 2005)

Durante o treinamento, os modelos acústicos são modificados de forma incremental, a fim de otimizar o desempenho global do sistema. Durante o teste os modelos acústicos são mantidos inalterados.

A análise acústica é realizada através da aplicação de cada modelo acústico sobre cada quadro de fala, originando uma matriz de pontuação de quadro, como mostrado na figura 5. As pontuações são calculadas de acordo com o tipo de modelo acústico que está sendo utilizado. Para o modelo com base em padrões acústicos, uma pontuação é tipicamente a distância euclidiana entre o quadro de um padrão e de um quadro desconhecido. Para modelos acústicos baseados em estados, uma pontuação representa uma probabilidade de emissão, ou seja, a possibilidade do estado atual gerar o quadro atual, conforme determinado pela função de estado paramétrica ou não paramétrica (CHOU; JUANG, 2005). As pontuações dos quadros são convertidas para uma sequência de palavra através da identificação de uma sequência de modelos acústicos, que representa uma sequência de palavra válida, o que dá a melhor pontuação total ao longo de um caminho de alinhamento através da matriz, conforme ilustrado na figura 5. O processo de busca para o melhor caminho de alinhamento é chamado de alinhamento de tempo (DIVENYI, 2005).

Figura 5 – O caminho de alinhamento com a melhor pontuação total identificam a sequência e segmentação de palavras (DIVENYI, 2005)

Um caminho de alinhamento deve obedecer a certas restrições sequenciais que refletem o fato que o discurso sempre vai para frente, nunca para trás. Estas restrições são manifestadas tanto dentro como entre as palavras. Dentro de uma palavra, as restrições sequenciais são inferidas pela sequência de quadros (para modelo com base em padrões), ou pela sequência de estados (para modelos com base em estados) que compõem a palavra, como ditado pelas pronúncias fonéticas em um dicionário, por exemplo. Entre as palavras, as restrições sequenciais são dadas por uma gramática, indicando quais palavras podem seguir quais outras palavras (DIVENYI, 2005).

O alinhamento de tempo pode ser realizado de forma eficiente por programação dinâmica, um algoritmo geral que utiliza apenas restrições no caminho local, e que tem requisitos de tempo e espaço lineares. Em um sistema baseado no estado, o caminho de alinhamento ideal induz uma segmentação na sequência de palavra, uma vez que indica quais quadros estão associados com cada estado. Esta segmentação pode ser usada para gerar etiquetas para treinar recursivamente os modelos acústico em quadros correspondentes (DIVENYI, 2005).

O resultado final do alinhamento de tempo é uma sequência de palavras, a frase hipótese para a expressão falada. Na verdade, é comum o retorno de várias sequências destas, ou seja, aquelas com as pontuações mais altas, usando uma variação no alinhamento de tempo chamada “pesquisa N-melhor”. Isto permite um sistema de reconhecimento fazer duas passagens através da expressão desconhecida: a primeira passagem pode usar modelos

simplificados de modo a gerar rapidamente uma lista de N-melhor, e a segunda passagem pode usar modelos mais complexos, a fim de cuidadosamente repontuar cada uma das N hipóteses, e retornar a única melhor hipótese (DIVENYI, 2005, KOTELLY, 2003).

2.1.2 Modelos Ocultos de Markov

Um modelo oculto de Markov (“hidden Markov model”, HMM) é um conjunto de estados ligados por transições, conforme ilustrado na figura 6. Ele inicia em um estado inicial designado. Em cada intervalo de tempo discreto, uma transição é levada a um novo estado, e depois um símbolo de saída é gerado naquele estado. As escolhas da transição e do símbolo de saída são aleatórios, regido por distribuições de probabilidade. O HMM pode ser pensado como uma caixa preta, em que a sequência de símbolos de saída gerada ao longo do tempo é observável, mas a sequência de estados visitados ao longo do tempo está escondido da vista. É por isso que ele é chamado um modelo oculto de Markov (YNOGUTI, 1998; FRANÇA FILHO, 2010; CHOU; JUANG, 2005).

Figura 6 – Um modelo oculto de Markov simples, com dois estados e dois símbolos de saída, A e B (CHOU; JUANG, 2005)

HMMs têm uma variedade de aplicações. Quando um HMM é aplicado para o reconhecimento de fala, os estados são interpretados como modelos acústicos, indicando que os sons são suscetíveis de serem ouvidos durante os seus segmentos correspondentes da fala; enquanto as transições fornecem restrições temporais, indicando como os estados podem seguir um ao outro em sequência. Pelo fato da voz sempre seguir para frente no tempo, transições em uma aplicação de voz sempre vão para frente (ou fazem um laço, permitindo um estado ter duração arbitrária). A figura 7 ilustra como os estados e transições em um HMM podem ser estruturados de forma hierárquica, com o fim de representarem fonemas, palavras e frases.

Figura 7 – Um HMM estruturado hierarquicamente (CHOU; JUANG, 2005)

Formalmente, um HMM consiste nos seguintes elementos:

$\{s\}$ = um conjunto de estados

$\{a_{ij}\}$ = um conjunto de probabilidades de transição, onde a_{ij} é a probabilidade levando a transição do estado i para o estado j .

$\{b_i(u)\}$ = um conjunto de probabilidades de emissão, onde b_i é a distribuição de probabilidade sobre o espaço acústico descrevendo a possibilidade de emissão de cada som possível u enquanto no estado i .

Ao se utilizar esta notação implicitamente consideram-se HMMs de primeira ordem, nos quais a e b dependem unicamente do estado atual, independente da história anterior da sequência de estado. Essa hipótese, quase universalmente observada, limita o número de parâmetros treináveis e torna a formação e algoritmos de treinamento e testes muito eficientes, gerando HMMs úteis para o reconhecimento de voz. Existem três algoritmos básicos associados com os modelos ocultos de Markov: o algoritmo progressivo, útil para reconhecimento de palavras isoladas; o algoritmo Viterbi, útil para reconhecimento de fala contínua; e o algoritmo progressivo-regressivo, útil para treinar um HMM.

Segundo Chou e Juang (2005), apesar do desempenho de seu estado da arte, HMMs são prejudicados por várias limitações. Em primeiro lugar, a hipótese de primeira ordem, que diz que todas as probabilidades dependem unicamente o estado atual, e que é falsa para aplicações de voz. Uma consequência é que HMMs tem dificuldade na modelagem de coarticulação, porque as distribuições acústicas são de fato fortemente afetadas pela história recente do estado. Outra consequência é que as durações são modeladas erroneamente por

uma distribuição exponencial decadente, ao invés de uma distribuição mais precisa como a de Poisson ou outra em forma de sino.

Outra limitação é a hipótese de independência, que diz que não há correlação entre quadros de entrada adjacentes, que também é falso para aplicações de voz. Conforme esta hipótese, HMMs examinam apenas um quadro de fala por vez. A fim de se beneficiar a partir do contexto de quadros adjacentes, HMMs devem absorver esses quadros para o quadro atual (por exemplo, através da introdução de vários fluxos de dados, a fim de explorar coeficientes delta, ou usando LDA para transformar estes fluxos num único fluxo) (YNOGUTI, 1998).

As probabilidades de densidade dos HMM (discreto, contínuo e semi-contínuo) têm precisão de modelagem de qualidade inferior, e também são uma limitação dos HMMs. Especificamente, HMMs de densidade discreta sofrem de erros de quantização, enquanto HMMs de densidade contínuas ou semi-contínuas sofrem com a incompatibilidade do modelo (YNOGUTI, 1998).

Por fim, o critério de treinamento por máxima verossimilhança causa uma discriminação fraca entre os modelos acústicos (dados os limitados dados de treinamentos e os correspondentes modelos limitados). A discriminação pode ser melhorada utilizando-se critério de treinamento por máxima informação mútua, mas isso é mais complexo e difícil de executar corretamente (MORAIS, 1997; YNOGUTI, 1998).

2.1.3 Redes Neurais

O connexionismo, ou o estudo das redes neurais artificiais (RNAs), foi inicialmente inspirado pela neurobiologia, mas desde então se tornou um campo muito interdisciplinar, abrangendo: ciência da computação, engenharia elétrica, matemática, física, psicologia e também a linguística. Alguns pesquisadores ainda estão estudando a neurofisiologia do cérebro humano, mas muita atenção agora está sendo dada às propriedades gerais da computação neural, usando modelos neurais simplificados (BARRETO, 2001; MORAIS, 1997; VALIATI, 2000). Essas propriedades incluem:

- treinabilidade - as redes podem ser ensinadas a formar associações entre quaisquer padrões de entrada e de saída e isso pode ser usado, por exemplo, para ensinar a rede a classificar padrões de fala em categorias de fonemas;
- generalização - redes não memorizam apenas os dados de treinamento, mas aprendem os padrões subjacentes, para que eles possam generalizar a partir de

dados de treinamento para novos exemplos e isso é essencial para reconhecimento de voz, porque os padrões acústicos nunca são exatamente os mesmos;

- não-linearidade - as redes podem calcular funções não lineares e não paramétricas de suas entradas, permitindo-lhes realizar transformações arbitrariamente complexas de dados e isso é útil uma vez que a fala é um processo altamente não linear;
- robustez - redes são tolerantes a danos físicos e dados ruidosos, de fato, dados ruidosos podem ajudar as redes a formar melhores generalizações e esse é um valioso recurso, pois padrões de fala são notoriamente ruidosos;
- uniformidade - as redes oferecem um paradigma computacional uniforme que pode facilmente integrar as restrições de diferentes tipos de entradas e isso faz com que seja fácil utilizar tanto entradas de fala básicas como diferenciais, por exemplo, para combinar informações visuais e acústicas num sistema multimodal;
- paralelismo - as redes são altamente paralelas na natureza, de modo que elas são bem adequadas para implementações em computadores paralelos e isso acabará por permitir um processamento muito rápido para o reconhecimento fala ou para outros dados.

Existem muitos tipos de modelos conexionistas, com diferentes arquiteturas, procedimentos de treinamento, e aplicações, mas todos eles são baseados em alguns princípios comuns. Uma rede neural artificial é composta de um número potencialmente grande de elementos de processamento simples (chamado unidades, nós, ou neurônios), que influenciam reciprocamente seu comportamento através de uma rede de pesos excitatório ou inibidores. Cada unidade simplesmente calcula uma soma linear ponderada das suas entradas, e transmite o resultado sobre suas conexões de saída para outras unidades. Um conjunto de treinamento consiste em padrões de valores que são atribuídos a unidades de entrada e/ou saída designadas. Conforme os padrões são apresentados a partir do conjunto de treinamento, uma regra de aprendizagem modifica os pontos fortes dos pesos para que a rede aprenda gradualmente com o conjunto de treinamento. Este paradigma básico pode ser concretizado de muitas maneiras diferentes, de modo que diferentes tipos de redes podem aprender a calcular funções implícitas a partir dos vetores de entrada para os vetores de saída, ou automaticamente aglomerar os dados de entrada, ou gerar representações compactas de dados,

ou fornecer conteúdo de memória endereçável e executar uma conclusão padrão (BARRETO, 2001; MORAIS, 1997).

O reconhecimento de voz é uma das aplicações na qual as redes neurais podem ser utilizadas.

2.2 Computação Móvel

O crescimento ocorrido na década de 2000 nas áreas de telefonia, redes locais sem fio e serviços via satélite permitem que informações e recursos possam ser acessados e utilizados em qualquer lugar e em qualquer momento (MONTEIRO, 2006). Dado o atual crescimento do segmento de computadores pessoais e dispositivos móveis, estima-se que em poucos anos, a aquisição de dispositivos como: laptops, smartphones e PDAs, aumentem consideravelmente. Independentemente do tipo de dispositivo portátil, parte desses equipamentos deve ter a capacidade de se comunicar com a parte fixa da rede e, possivelmente, com outros computadores móveis. A esse ambiente de computação se dá o nome de computação móvel ou computação nômade (TALUKDER; YAVAGAL, 2007).

Assim, computação móvel representa um novo paradigma computacional. Surge como uma quarta revolução na computação, antecedida pelos grandes centros de processamento de dados da década de 1960, o surgimento de terminais nos anos 1970, e as redes de computadores na década de 1980 (MATEUS; LOUREIRO, 2004).

2.2.1 Dispositivos móveis e a agricultura

Embora os dispositivos da computação móvel estejam cada vez mais presentes dentro dos sistemas produtivos agrícolas, esse tema ainda não possui uma quantidade de publicações dentro dos meios de divulgação científica que reflitam este avanço tecnológico. Nos parágrafos seguintes são apresentados os principais trabalhos encontrados sobre o tema do uso de dispositivos da computação móvel dentro dos sistemas produtivos agrícolas.

O aplicativo mais precursor encontrado na revisão é o “CottonLOGIC”, criado para controle de pragas na produção de algodão, e foi desenvolvido por Bange et al. (2004). O software facilita a coleta dos dados amostrados em campo e gera uma série de informações sobre a infestação na produção no intuito de auxiliar o usuário na tomada de decisão para a aplicação de defensivos. Três de suas telas podem ser observadas na figura 8, onde são mostrados dados coletados e recomendações de aplicações.

Insect Report

ACRI

D5

03/28/03 Phase: 2

Helicoverpa

Others

Predators

(Model)

Insect

Today

Day 1

Over

H_White Eggs

0.00

0.00

H_Brown Eggs

3.00

0.60

H_VSSLrv

1.00

1.29

H_MLLrv

*1.00

0.96

T

H_Larv

*2.00

*2.26

T,1,2

Done

Last Spray

Helicoverpa Model

D5

03/28/03 Phase: 2

Name : White Eggs

T/Hold : ---

Ins.

Today

Day 1

Day 2

Day 3

we

0.00

0.00

0.00

0.00

be

3.00

0.60

0.14

0.00

vss

1.00

1.29

1.19

0.92

ml

*1.00

0.96

0.95

0.97

tot

*2.00

*2.26

*2.14

1.89

Done

Insect Report

ACRI

D5

03/27/03 Phase: 2

Helicoverpa

Others

Predators

Insect

T/hold

Den.

Unit

Aphids

95.00

20.00

%

GreenVegeBu

2.00

1.00

/m

Jassids

0.00

*5.00

/m

Mirid_Adults

0.50

*1.00

/m

Mirid_Nymph

0.00

*1.00

/m

Mites

30.00

*30.00

%

Suck_Pest

4.00

*4.50

/m

Thrips

0.00

*11.55

/m

Done

Last Spray

Figura 8 – CottonLOGIC (BANGE et al., 2004)

O aplicativo desenvolvido por Guan et al. (2006), mostrado na figura 9, foi projetado para ser utilizado em telefones celulares equipados com GPS (Global Positioning System ou sistema de posicionamento global) e comunicação com a internet. As coordenadas geográficas obtidas pelo GPS são utilizadas para criar um mapa com as posições registradas do usuário no campo, e posteriormente, a conexão com a internet é utilizada para armazenar esses dados em um servidor remoto. O aplicativo é voltado para a lavoura de cana-de-açúcar e ainda permite a inserção de dados como data, condições climáticas, máquinas utilizadas, etc.

Figura 9 – Aplicativo para elaboração de mapas e coleta de dados georreferenciados (GUAN et al., 2006)

A figura 10 apresenta três telas do aplicativo desenvolvido por Li et al. (2010), criado para possibilitar a rastreabilidade e facilitar a tomada de decisão na produção de pepinos, na China. O aplicativo é voltado para PDAs com sistema operacional Windows CE. A primeira tela ilustra um mapa com uma foto da plantação de pepinos e um menu com as opções de semeadura, fertilização, aplicação de pesticidas, irrigação, colheita e informações sobre da lavoura; a segunda e a terceira telas exemplificam recomendações de fertilização e

aplicação de pesticidas, respectivamente, ambas com bases em dados previamente inseridos pelo usuário.

Figura 10 – Telas do aplicativo para rastreabilidade na produção de pepino (LI et al., 2010)

Ainda para PDAs, o aplicativo brasileiro Qualisolo Mobile, desenvolvido por SILVA et al. (2009), tem o objetivo de oferecer uma solução simples, eficaz e de baixo custo para o manejo de irrigação. Ele oferece, a partir de tensiometria e curva de retenção georreferenciada, o cálculo da quantidade de água disponível no solo e a lâmina d'água a ser aplicada; entre outras funcionalidades.

O aplicativo desenvolvido por Molina-Martínez e Ruiz-Canales (2009) para PDAs, também é voltado para a irrigação (figura 11). Ele permite a inserção de dados na aba “Home” a partir das necessidades hídricas de determinado sistema de irrigação por gotejamento. Com isso, na aba “Results”, obtém-se valores de diâmetros comerciais de mangueiras que são recomendados para a necessidade apresentada. O aplicativo é desenvolvido para PDAs e utiliza a linguagem LABVIEW PDA® em sua programação.

Figura 11 – Aplicativo DH, desenvolvido em LABVIEW PDA® (MOLINA-MARTÍNEZ; RUIZ-CANALES, 2009)

Outro aplicativo para PDAs, que é programado em LABVIEW PDA®, foi desenvolvido por Molina-Martínez et al. (2011) e é utilizado para a determinação da radiação solar extraterrestre, a evaporação equivalente e outros parâmetros, a partir de dados do GPS do dispositivo móvel. Suas telas são apresentadas na figura 12. Esses parâmetros são úteis em muitas aplicações, como a validação dos dados fornecidos por estações meteorológicas agrícolas, na estimativa das necessidades hídricas das culturas que não possuem estações meteorológicas por perto, ou fornecendo informações essenciais na consideração de um local determinado para a instalação de painéis fotovoltaicos ou sistemas de aquecimento solar de água.

Figura 12 – Aplicativo RaGPS, desenvolvido em LABVIEW PDA (MOLINA-MARTÍNEZ et al., 2011)

Recentemente com o crescimento do uso dos smartphones, alguns aplicativos para o sistema operacional Android tem sido desenvolvidos para a agricultura. Um deles, o “EpiCollect”, é um aplicativo desenvolvido que possibilita a coleta de dados variados, principalmente os relacionados à epidemiologias, fazendo uso de algumas funcionalidades como GPS e mapas (Google Maps®). Segundos seus idealizadores Aanensen et al. (2009), estes dados são compartilhados com um servidor remoto, via conexão à internet, para análise futuras e compartilhamento de resultados, tais como mapas de distribuição de doenças.

Outro aplicativo Android de nome “Machinery Sizing”, desenvolvido por Dvorak e Price (2008), possui interface simples e de fácil utilização para cálculo de potência necessária em operações agrícolas mecanizadas. Ele permite configurar as seguintes entradas: condição solo, tipo de solo, tipo do trator, máquina agrícola, velocidade, número de linhas, profundidade da operação.

O aplicativo “GeoFoto” (MESAS-CARRASCOSA et al., 2012), também desenvolvido para o sistema operacional Android, tem o objetivo de facilitar o trabalho de campo na coleta de informações fotográficas e textuais, bem como o envio dessas informações em tempo real para escritório, com o objetivo de obter documentações sobre as propriedades agrícolas para fins fiscais.

Desenvolvido recentemente tem-se ainda o “Nitrogen Index” desenvolvido por DELGADO; KOWALSKI; TEBBE (2013), que é um aplicativo Android voltado para o gerenciamento da aplicação de nitrogênio e cálculo de índices de vegetação. Esse aplicativo auxilia na avaliação do risco de perda de nutriente em vista das práticas que estão sendo utilizadas no manejo. Através de uma série de telas onde o usuário informa ao aplicativo taxas, valores e medições de vários tratamentos possivelmente realizados na área avaliada durante os últimos dois anos, é gerado um relatório final sobre o risco de perda de nitrato. Além disso, um arquivo é gerado com estas informações e pode ser compartilhado através de e-mail, para ser utilizado nas versões do “Nitrogen Index” para computadores pessoais. Delgado, Kowalski e Tebbe (2013), ainda mencionam que é o primeiro aplicativo criado para avaliação de índices de vegetação para fins de manejo da aplicação de nitrogênio e acreditam que é o início de muitos avanços que estão por vir no campo das tecnologias móveis para a agricultura.

2.2.2 Dispositivos de computação móvel

Na definição de Talukder e Yavagal (2007) o dispositivo para a computação móvel pode ser tanto um dispositivo de computação como de comunicação. Na categoria de dispositivo de computação podem ser microcomputadores pessoais, microcomputadores portáteis, ou PDAs. Como dispositivo de comunicação tem-se o telefone fixo, o telefone celular e o smartphone. O uso desses dispositivos está se tornando cada vez mais integrado onde dispositivos fixos e móveis, de comunicação e de computação, estão sendo utilizados conjuntamente. Quando a tecnologia da computação está integrada nos equipamentos, a interação homem-computador possui um papel importante na qualidade da experiência do usuário. Isto é particularmente verdade conforme a informação móvel e os dispositivos de comunicação estão se tornando menores e mais restritos no que diz respeito à apresentação da informação, entrada de dados e controle de diálogo. Segundo Talukder e Yavagal (2007) a interação da interface entre homem e computador deve ser consistente de um dispositivo para outro e tem de ser apropriada para o dispositivo em particular no qual o sistema é utilizado.

2.2.2.1 O Telefone Celular

Milhões de pessoas em todo o mundo usam telefones celulares. Segundo a AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (2012), foram contabilizadas 260 milhões de linhas de celulares ativas no Brasil. No mundo já são mais de 6 bilhões de linhas ativas de celulares segundo a TELECO (2012). Os telefones celulares são equipamentos que nos permitem falar com qualquer pessoa no planeta, não importa onde se esteja, desde que haja sinal disponível de alguma operadora compatível com o equipamento em uso.

Os telefones celulares fornecem uma variedade de funções e novos aparelhos são lançados em um ritmo acelerado (BOTHIA, 2009). Dependendo do modelo de telefone, é possível armazenar informações de contatos, fazer listas de tarefas a realizar, agendar compromissos e gravar lembretes, usar a calculadora embutida para cálculos simples, enviar ou receber e-mail, obter informações (notícias, entretenimento, cotações da bolsa) da internet, divertir-se com jogos, enviar mensagens de texto, integrar outros dispositivos como PDAs, tocadores de MP3 e receptores de GPS, entre outros.

2.2.2.2 PDAs

O PDA, ou assistente pessoal digital, é um computador de dimensões reduzidas, dotado de grande capacidade computacional, cumprindo as funções de agenda e sistema informático de escritório elementar (MONTEIRO, 2006).

Os PDAs de hoje possuem grande quantidade de memória e diversos softwares para várias áreas de interesse. Os modelos mais sofisticados possuem modem para acesso à internet, câmera digital acoplada (para fotos e filmagens), tela colorida, rede sem fio embutida, GPS integrado. Em aplicações mais incomuns os PDAs podem servir de controle remoto para outros equipamentos eletrônicos.

Existem duas famílias principais de PDA no mercado: os PalmOne e os Pocket PC. Os equipamentos PalmOne utilizam o sistema operacional Palm OS da PalmSource (Access Systems America, Inc.; Chiba, Japão), um sistema estável mas restrito quanto ao número de fabricantes que o adotaram. A PalmSource passou a adotar o sistema Windows Mobile nos terminais com função celular como é o exemplo do Palm Treo 700 e 750v e Treo 500v.

Os equipamentos Pocket PC utilizam o sistema Windows Mobile (com base no Windows CE, Microsoft), que é compatível com o sistema Windows e foi adotado por uma

gama bem variada de fabricantes de PDAs. A versão mais recente do sistema operacional para Pocket PC é o Windows Mobile 6.1. Esses PDAs utilizam programas que possibilitam a troca de dados com programas de ambiente Windows dos computadores de mesa.

O número de PDAs no mundo vem crescendo de forma exponencial, mas pesquisas mostram que os Smartphones (desenvolvido através da "fusão" entre um PDA e um telefone celular) são maioria absoluta (BOTHÁ, 2009).

Uma característica importante dos PDAs é que, em sua grande maioria, possuem hardware agregado para comunicação com GPS, o que permite sua aplicação em atividades de AP e gerenciamento agrícola (ZHANG, 2002). Os PDAs são igualmente utilizados cada vez mais para usos de georreferenciamento, de cartografia e de navegação rodoviária quando são acoplados a um receptor de GNSS (Global Navigation Satellite Systems ou sistemas globais de navegação por satélite). Com efeito, por um baixo custo é possível dispor de um GNSS integrado muito eficiente que permite navegação rodoviária com a ajuda de uma carta que indica permanentemente a sua posição, a velocidade e uma representação visual da estrada (eventualmente em 3D) com instruções no display e ditadas por uma voz de síntese (KARATZOUNI et al., 2007).

Assim como os computadores de escritório e laptops comuns, os PDAs utilizam microprocessadores. O microprocessador é o cérebro do PDA e coordena todas as suas funções de acordo com as instruções programadas. Ao contrário dos microcomputadores pessoais e microcomputadores portáteis, os PDAs usam microprocessadores menores e mais baratos. Apesar de esses microprocessadores terem a tendência de serem mais lentos que seus correspondentes PCs, eles são adequados para a tarefa que os PDAs executam (BOTHÁ, 2009). A figura 13 apresenta os componentes de um PDA que integram seu hardware.

Um PDA não possui disco rígido. Ele armazena programas básicos (agenda de endereços, calendário, bloco de anotações e sistema operacional) em um chip de memória somente-leitura (ROM), que permanece intacto mesmo quando a máquina é desligada. Seus dados e quaisquer programas que se acrescentam posteriormente são armazenados na memória de acesso aleatório (RAM) do aparelho. As informações na memória RAM permanecem acessíveis somente enquanto o aparelho estiver ligado. Devido a seu projeto, os PDAs conservam os dados na memória RAM em segurança porque continuam a consumir uma pequena quantidade de energia, mesmo quando o aparelho está desligado.

Figura 13 – Componentes de um PDA. Fonte: <http://hsw.com.br>

Os PDAs de menor potência possuem menores quantidades de memória RAM. No entanto, diversos programas de aplicativos ocupam um espaço de memória significativo, de modo que a maioria dos modelos tem uma capacidade maior de memória. Além disso, os aparelhos Pocket PC geralmente requerem mais recursos e possuem até mais memória RAM. Para fornecer memória adicional, muitos PDAs aceitam mídia flash removível e cartões de expansão. Eles são úteis para armazenar arquivos grandes ou conteúdo multimídia, como fotos digitais (MONTEIRO, 2006).

2.2.2.3 Smartphone

Smartphone ou telefone inteligente é um telefone celular com funcionalidades avançadas que podem ser estendidas por meio de programas executados no seu sistema operacional. Os sistemas operacionais dos smartphones são "abertos" (não confundir com código-fonte aberto), o que significa que é possível que qualquer pessoa desenvolva programas que podem funcionar nesses telefones. Usualmente um smartphone possui características mínimas de hardware e software, sendo as principais: capacidade de conexão com redes de dados para acesso à internet, capacidade de sincronização dos dados do

organizador com um computador pessoal e agenda de contatos que utiliza toda a memória disponível no celular (não é limitada a um número fixo de contatos) e representa a soma das funcionalidades de um PDA com as de um telefone celular (PITT, 2011; KNIGHT, 2009; VERKASALO, 2010).

Com um aparelho de última geração pode-se ter mais de 32GB de dados disponíveis no smartphone, além de GPS integrado, conexão a redes sem fio, Bluetooth, filmadora de alta resolução, câmera digital, editores de texto, planilhas eletrônicas e outros aplicativos. A integração das funções no dispositivo também é de grande importância nesses celulares.

Segundo a ANATEL (2011) os smartphones representaram 3,4% das vendas de telefones celulares em 2010, num total de 5 milhões de dispositivos vendidos, o que representou crescimento de 279% em relação a 2009.

2.2.2.4 Tablets

Os tablets são os dispositivos intermediários entre os computadores e os smartphones, não sendo tão grandes quanto um computador, nem tão pequenos quanto um smartphone. Com um tablet é possível ler livros digitais, acessar sites na internet, visualizar fotos e vídeos, enviar e-mails, e utilizar muitos outros aplicativos próprios para estes dispositivos (LECHETA, 2012).

Esses equipamentos, em forma de prancheta, se destacam principalmente por serem extremamente portáteis, pois são mais leves e menores do que um computador portátil e possuem boa capacidade de processamento e armazenamento de dados. Entretanto eles não substituem completamente um microcomputador, já que os tablets são totalmente baseados em telas sensíveis ao toque como dispositivo de entrada, ou seja, todas as operações são baseadas no toque dos dedos na tela. Dessa forma tarefas realizadas facilmente em um microcomputador pessoal, ou em um microcomputador portátil, como a digitação de textos e planilhas, ficam comprometidas quando realizadas em um tablet, devido à ausência de teclado físico (LECHETA, 2012).

Similarmente aos smartphones os tablets também são dispositivos que se integram às tecnologias atuais: 3G, wi-fi, Bluetooth, GPS, RFID (Identificação por rádio frequência) etc. Eles operam com os mesmos sistemas operacionais atuais que os smartphones, o que eleva o potencial de desenvolvimento de aplicativos e soluções para estes dispositivos. Os tamanhos das telas dos tablets variam de 177 a 254 mm em geral.

2.2.3 Propriedades da computação móvel

Propriedades como portabilidade e habilidade para se conectar a redes em lugares diferentes tornaram a computação móvel possível (BURMAKIN; TUOMINEN, 2002). O novo paradigma permite que usuários tenham acesso a serviços independentemente de onde estão localizados, e o mais importante, de mudanças de localização, ou seja, mobilidade (MATEUS; LOUREIRO, 1998).

A computação móvel é caracterizada por três propriedades essenciais: portabilidade, mobilidade e conectividade.

A portabilidade é definida como a capacidade de ser facilmente transportável (LEE et al., 2005). Para um dispositivo móvel ser portátil, deve ser pequeno e leve, incluindo com ele todos os acessórios que compõe o dispositivo. No entanto, essa portabilidade tem como consequência limitações como capacidade de memória, armazenamento, poder de processamento e tamanho de tela. Além disso, a portabilidade aumenta o risco de perda ou danos no dispositivo móvel (AUGUSTIN et al., 2001).

Quando em movimento, o dispositivo móvel pode alterar sua localização e, possivelmente, seu ponto de contato com a rede fixa (DONNER, 2008). Segundo Lee et al. (2005) no contexto de computação móvel, mobilidade se refere ao uso pelas pessoas de dispositivos móveis portáteis funcionalmente poderosos que ofereçam a capacidade de realizar facilmente um conjunto de funções de aplicação, sendo também capazes de conectar-se, obterem dados e fornecê-los a outros usuários e sistemas.

Mobilidade não significa necessariamente ter uma conexão sem fio (LEE et al., 2005; MALLICK, 2003). Em muitos casos os termos “móvel” e “sem fio” são utilizados como sinônimos, no entanto, são diferentes. Um dispositivo móvel pode ser usado em movimento, como os notebooks, PDAs e celulares. Um dispositivo sem fio utiliza uma rede sem fio, sem a necessidade de uma conexão física, para enviar ou receber dados. Uma rede sem fios pode ser acessada tanto por dispositivos móveis, como por computadores de mesa e equipamentos sem mobilidade, como por exemplo, eletrodomésticos (SOUZA et al., 2007).

A figura 14 representa a relação entre móvel e sem fio. Na maioria dos casos, sem fio é um subconjunto de móvel. No entanto um dispositivo pode ser móvel e necessitar de cabos para se conectar a uma rede (MALLICK, 2003). Portanto, é perfeitamente possível funcionar de forma móvel e estar completamente desconectado enquanto se coletam dados antes de se conectar a uma rede (com ou sem fio) para enviar esses dados (LEE et al., 2005).

Figura 14 – Relação entre móvel e sem fio (MALLICK, 2003)

A função primária de um dispositivo móvel é conectar as pessoas e/ou sistemas e transmitir e receber informações (LEE et al., 2005). Os dispositivos móveis podem operar sempre conectados a uma rede, conectados de forma intermitente ou operar interinamente sem conexão com uma rede.

Uma conexão de rede sem fio é essencial para habilitar a computação móvel. No entanto, alguns dispositivos móveis como PDAs e notebooks podem utilizar tanto conexão com fio quanto sem fio. Segundo Souza et al. (2007) dentre as diversas infraestruturas de comunicação sem fio existentes, as mais utilizadas são a comunicação celular, redes locais sem fio baseadas no padrão IEEE 802.11, redes pessoais baseadas no padrão Bluetooth e IEEE 802.15 e 802.16, redes de sensores sem fio e RFID. A figura 15 apresenta um exemplo de uma rede com cabos e sua conexão com dispositivos sem fios através de um ponto de acesso (access point).

Figura 15 – Exemplo de como os dispositivos móveis sem fios se comunicam com outros computadores de uma rede com cabos (SOUZA et al., 2007)

Redes móveis e sem fios também apresentam muitos desafios para aplicação, hardware, software e projetistas de redes (TORRES, 2008). Esse ambiente, composto ainda por tecnologias sem fio heterogêneas, introduz vários desafios para as aplicações como redução da largura de banda e riscos de desconexão causados por ruídos, interferências de sinal e qualidade variável de comunicação, dificultando a garantia da qualidade de serviço (QoS) (SOUZA et al., 2007).

2.3 Sistema operacional Android

A história desse sistema inicia-se em julho de 2005 quando a empresa Google adquiriu a Android Inc., uma pequena empresa em Palo Alto, California, USA. Na Google foi desenvolvida uma plataforma para sistemas móveis baseado em Linux, com o objetivo de ser uma plataforma flexível, aberta e de fácil migração para os fabricantes. Nascia assim o embrião do sistema operacional Android. Esse sistema foi desenvolvido na plataforma Java e

atualmente é mantido pela OHA (Open Handset Alliance), um grupo constituído por aproximadamente 80 empresas (Tabela 1) as quais se uniram para inovar e acelerar o desenvolvimento de aplicativos e serviços, com a finalidade de trazer aos consumidores uma melhor experiência em termos de recursos e menos custosa em termos financeiros para o mercado de telefonia móvel.

Tabela 1 – Empresas integrantes da Open Handset Alliance (DARWIN, 2012)

Operadoras Móveis	Empresas de Software	Empresas de Comercialização	Indústria de Semicondutores	Fabricantes de Celulares
China Mobile	Ascender Corporation	Aplix	Audience Broadcom Corporation	HTC
China Unicom KDDI Corporation	eBay Esmertec	Teleca Noser Engineering	Intel Corporation Marvell Technology Group	LG Motorola
NTT DoCoMo T-Mobile	Google LivingImage	Omron Software The Astonishing Tribe	Qualcomm Nvidia Corporation	ASUSTek Samsung Electronics
Sprint Nextel	NMS Communications	Wind River Systems	SiRF Technology	Garmin
Telecom Italia	Nuance Communications		Holdings	Huawei Technologies
Telefónica Vodafone Ericsson	Packet Video SkyPop SONiVOX		Synaptics Texas Instruments AKM Semiconductor	Sony Ericsson Toshiba Acer
Softbank	Borqs		ARM Atheros Communications EMP	

O sistema Android está presente em muitos smartphone e tablets, de variados modelos. Alguns de seus atributos são: browser rápido, sincronização em nuvem, sistema multitarefa, facilidades para se conectar e compartilhar, milhares de aplicativos disponíveis para download, entre outros (LECHETA, 2010).

Novas versões atualizadas do sistema operacional Android são lançadas todos os anos. Na Tabela 2 é possível observar o histórico evolutivo das versões do sistema Android e as principais funções destas versões.

Tabela 2 – Versões do Android. Fonte: <http://www.canaltech.com>

Versão	Codínome	API	Distribuição
1.6	Donut	4	0,2%
2.1	Eclair	5, 6 e 7	2,4%
2.2	Froyo	8	9,0%
2.3.X	Gingerbread	9 e 10	47,6%
3.X	Honeycomb	11, 12 e 13	1,5%
4.0.X	Ice Cream Sandwich	14 e 15	29,1%
4.1 e 4.2	Jelly Bean	16 e 17	10,2%

2.3.1 Arquitetura

Android é um sistema operacional baseado no kernel do Linux. Apesar de ter sido desenvolvido inicialmente para smartphones, hoje é usado em diversas outras aplicações como tablets, netbooks, relógios, etc. (LECHETA, 2010).

Sua arquitetura possui basicamente quatro camadas, como visto na Figura 16. A camada de aplicativos é a que está no topo da pirâmide da arquitetura do sistema operacional Android, composta pelo conjunto de aplicações nativas do mesmo. Dentre estes pode-se citar o cliente de e-mail, despertador, calendário, jogos, mapas, browser e internet, etc. A camada de framework nativo disponibiliza aos desenvolvedores as mesmas APIs (Applications Programming Interface) utilizadas para a criação de aplicações originais do sistema operacional Android. Esse framework permite que o programador tenha o mesmo acesso ao sistema que os aplicativos da camada de aplicativos possuem. Esse framework foi criado para abstrair a complexidade e simplificar a reutilização de procedimentos. Essa camada funciona como um link com a camada de bibliotecas do sistema operacional que serão acessadas através de APIs contidas no framework (DARWIN, 2012; MENDES; MARCENGO, 2011; SIX, 2012).

As bibliotecas são responsáveis por fornecer funcionalidades para manipular o áudio, vídeo, gráficos, banco de dados e browser. Algumas bibliotecas são a Bionic, a OpenGL/ES para trabalhar com interface gráfica, e a SQLite para trabalhar com banco de dados. Aqui também estão os serviços usados em camadas superiores, como máquina virtual Java Dalvik. A maior parte destas bibliotecas e serviços estão desenvolvidos em C e C++.

O Android Runtime permite que cada thread rode sua própria instância da MV (máquina virtual). Embora no desenvolvimento de aplicativos seja utilizada a linguagem Java,

as aplicações não são executadas em uma máquina virtual Java tradicional, e sim em outra chamada de Dalvik. Essa máquina virtual é otimizada especialmente para dispositivos móveis. A plataforma Google Android permite o desenvolvimento de aplicativos na linguagem Java. Essa máquina virtual foi construída pelos engenheiros da Google, para obter um consumo mínimo de memória e isolamento de processos. Ela permite que as aplicações escritas em linguagem Java sejam executadas normalmente.

A camada do kernel é baseada no sistema operacional Linux versão 2.6. Esta camada atua também como responsável pela abstração entre o hardware e os aplicativos e é responsável pelos serviços principais do sistema operacional Android, como o gerenciamento de memória e de processos. Várias funções do kernel são utilizadas diretamente pelo Android, mas muitas modificações foram feitas para otimizar memória e tempo de processamento das aplicações. Essas modificações incluem novos dispositivos de drivers, adições no sistema de gerenciamento de energia e um sistema que possibilita terminar processos de maneira criteriosa quando há pouca memória disponível. O Linux 2.6 foi escolhido por já conter uma grande quantidade de drivers de dispositivos sólidos e por ter um bom gerenciamento de memória e processos.

Figura 16 – Arquitetura do sistema operacional Android (DARWIN, 2012)

2.3.2 Desenvolvimento de aplicações para Android

Existem diversas ferramentas para auxiliar no desenvolvimento de aplicativos para o sistema Android. A mais completa é o kit de desenvolvimento Android SDK, que contém um ambiente com as características e especificações do sistema Android. Dentre as vantagens no desenvolvimento Android, estão as APIs com diversas funcionalidades provendo os serviços do sistema.

As APIs estabelecidas para o Android permitem total modificação por meio de programação do seu conteúdo. Um ponto forte das APIs básicas do sistema Android é a otimização que estas possuem, focando a utilidade dos pacotes, em conjunto com um bom aproveitamento, deixando de fora pacotes pesados e pouco evoluídos. Através destas, podem ser criadas todas as interfaces com o usuário, permitindo a criação de telas, acesso a arquivos, criptografia de dados, entre muitas outras. As principais APIs Android são:

- Location Manager, usada para obter a posição geográfica do usuário, como por exemplo, em aplicações que fazem uso de GPS;
- Telephony Manager, utilizada para obter informações sobre dispositivos como bateria e serviços de telefonia celular podem ser obtidos através dessa API;
- Window Manager, responsável pelo gerenciamento de toda janela de uma aplicação, principais funções e componentes de interface gráfica;
- Content Providers, responsável pela disponibilização dos dados através das aplicações tornando esses dados públicos; quase todo tipo de dado é compartilhável, como áudio, vídeo, imagens e texto;
- Resource Manager, que possui todos os recursos que uma aplicação irá usar como áudio vídeo, arquivos XML; são separados dela a fim de que sejam otimizados para ocupar menos espaço e demorar menos tempo para que sejam carregados; essa API facilita o acesso a esses recursos;
- Notification Manager, que permite que uma aplicação exiba notificações, ative LEDs, luzes, sons ou vibração disponíveis no dispositivo;
- Activity Manager, responsável pelo gerenciamento de cada atividade do sistema; no sistema Android cada atividade é gerenciada através de uma pilha de atividades; toda nova atividade criada vai para o topo de pilha de atividades e se torna uma “atividade em andamento”, significando que será executada;
- Webkit, que inclui APIs para conteúdo web, bem como um navegador embutido para utilização geral;
- Android Database, que contém as APIs para comunicação com o banco de dados SQLite;
- TextToSpeech, que permite a sintetização de voz a partir de dados de texto, de acordo com o sintetizador instalado no dispositivo;
- Speech Recognizer, para reconhecimento de voz em diversas linguagens, independente de locutor, para falas contínuas ou isoladas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Modelo

Para o desenvolvimento do objetivo proposto, segue a listagem das características que são agregadas a esta solução no intuito do desenvolvimento de uma ferramenta de coleta de informações via reconhecimento de voz:

- coletar dados via voz;
- receber comandos via voz tais como “armazenar” ou “coletar”, “iniciar coleta”, “finalizar coleta”;
- cadastrar informações sobre o talhão ou território avaliado;
- cadastrar variáveis a serem amostradas (ex.: praga A, praga B, etc.);
- organizar valores coletados em planilha apresentável e simplificada;
- vincular coordenada geográficas aos dados amostrados na planilha;
- exportar arquivo de dados coletados em arquivo compatível com SIG;
- interface simples e amigável;
- visualizar mapas para navegação e orientação do usuário durante a amostragem planejada;
- possibilidade de interação com botões externos;
- possibilidade de sintetização de voz para independência de teclado.

Foi composto um modelo inicial para a estrutura do aplicativo. Esse modelo é inspirado nas necessidades já explicitadas e em observações realizadas em um sistema de coleta de dados de pragas, já implantado e em operação, na Usina Iracema, localizada no município de Iracemápolis, SP. O conceito inicial apresentado no diagrama simplificado da figura 17 mostra a telas que compõe todo o aplicativo e como elas se relacionam uma com a outra. Nele são previstas seis telas, sendo a primeira a tela inicial de boas-vindas do aplicativo, que permite ao usuário abrir três telas ou sair do aplicativo. A primeira tela inicia uma sequência de três telas para guiar o usuário até a coleta de dados por voz. A primeira destas três telas (1.1) requisita ao usuário inserir informações preliminares de identificação quanto à área de amostragem e quanto ao nome, ou qualquer outro atributo identificador do usuário. Além disso, essa primeira tela deve informar o usuário se o dispositivo que este está utilizando possui comunicação com o módulo GPS embutido e quais são suas coordenadas

atuais. A tela seguinte (1.2) visa à configuração de entrada e saída do aplicativo, tendo como entrada as variáveis que o usuário cadastrar no aplicativo e que serão coletadas, e como saída, o arquivo ‘txt’ que será gerado com a coleta das variáveis. Por último a tela de coleta (1.3) deverá conter o formulário criado com as variáveis cadastradas e permitir a coleta das mesmas de forma automatizada utilizando das tecnologias de reconhecimento e sintetização de voz, e de georreferenciamento; gerando ao final do procedimento de amostragem do usuário um documento ‘txt’ passível de utilização em planilhas eletrônicas e de fácil extração de dados para sistemas de informação geográfica (SIG).

Figura 17 – Diagrama simplificado de telas e funcionalidades do aplicativo proposto

A tela de mapas (2) proposta visa oferecer ao usuário a orientação de sua posição no campo permitindo a ele localizar os pontos planejados para o procedimento de amostragem. Para acessar essa tela o usuário pode utilizar a tela inicial através de botão pré-definido. Porém o procedimento de amostragem nos mostra que o usuário, após realizar a devida identificação da operação e configurar as variáveis, irá coletar os dados do primeiro ponto e se deslocará até o segundo ponto. No segundo ponto irá coletar novamente os dados daquela localização e depois se deslocará para o terceiro ponto. Essa sequência de coleta e de deslocamento se repetirá até que todos os pontos planejados sejam coletados e armazenados.

Sendo assim se faz necessária uma alternância entre as telas de coleta e de mapas para que o aplicativo se adeque às aplicações que se propõe.

A última tela (3) prevê o fornecimento de informações sobre o aplicativo a fim de contextualizar o usuário sobre a origem deste e como fazer para entrar em contato com a equipe responsável pelo aplicativo.

Para auxiliar no processo de desenvolvimento foi o criado o diagrama de caso de uso do aplicativo apresentado na figura 18, que contém as operações possíveis de serem realizadas pelo usuário e como elas se relacionam. Nele vale destacar a operação de coleta de voz que pode combinar mais quatro funcionalidades: reconhecer voz, sintetizar voz, salvar arquivo e buscar as coordenadas GPS; sendo que nenhuma delas é plenamente obrigatória, deixando assim ao usuário as possibilidades de se utilizar o aplicativo de forma bastante flexível. Ainda nesse diagrama é possível visualizar a função de importar arquivos KML e GPX, que são tradicionais arquivos de armazenamento de coordenadas, a fim de criar na tela de mapas um conjunto de pontos que definem a amostragem planejada.

Figura 18 – Diagrama de caso de uso

Na figura 19 está ilustrado o diagrama de sequência do aplicativo que descreve as interações que ocorrem temporalmente entre o usuário e o aplicativo. Nele foi dada ênfase para a sequência de uso das telas identificação, variáveis e de coleta para melhor compreendê-las e implementá-las.

Figura 19 – Diagrama de sequência do aplicativo proposto

3.2 Condições de desenvolvimento e teste

Para o desenvolvimento do aplicativo foi utilizado o seguinte conjunto de ferramentas:

- notebook HP Core I3, 4GB RAM, Windows 7;
- ambiente de desenvolvimento integrado Eclipse Indigo;
- Android Standard Development Kit;
- Android virtual devices;
- smartphone Samsung Galaxy S, com sistema operacional Android 2.3.3 Gingerbread;
- aplicativo SVOX para português do Brasil, como sintetizador de voz;
- aplicativo Google Pesquisa por Voz, para reconhecimento de voz.

A versão 2.2 do sistema operacional Android, foi escolhida como a mínima para suportar a execução do aplicativo. Essa versão é tida na prática como a mais básica para o desenvolvimento de aplicativos já que as versões anteriores já estão em uso obsoleto pelos usuários do sistema Android. Além do mais, versões anteriores não tem suporte ao reconhecimento de voz, o que limita tecnologicamente o conceito do aplicativo desenvolvido.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 O software desenvolvido

A tela inicial proposta é mostrada na figura 20. Ela utiliza de botões com ícones grandes para melhor aproveitamento do espaço da tela e rápido entendimento do usuário sobre quais opções de interação ela oferece. Junto a essa tela foi criada uma mensagem de aviso que é disparada se o usuário iniciar o aplicativo sem que o dispositivo de GPS esteja habilitado. Assim, se o usuário escolher “Sim” a tela de configurações nativa do sistema operacional será inicializada para que o dispositivo de GPS seja habilitado. Caso o usuário escolha “Não” ele continuará navegando pelo aplicativo, porém sem o recebimento de coordenadas pelo dispositivo.

Figura 20 – Tela inicial do aplicativo: a) quando inicializado com GPS habilitado; b) com mensagem de aviso para habilitação do GPS

Para iniciar uma coleta por voz o usuário clica no botão “Coleta por Voz” e é conduzida para a tela de identificação prevista no modelo. A tela de identificação é apresentada na figura 21. Esta tela possui dois campos de texto para que sejam preenchidos com os dados cadastrais de área e usuário. Aqui é possível digitar qualquer texto e fica livre

ao usuário a opção de, por exemplo, inserir o nome da área a ser amostrada ou algum código predefinido que caracterize esta área; o mesmo vale para o campo “Usuário”.

Figura 21 – Tela de identificação: a) campos preenchidos, GPS desabilitado e conexão à internet habilitada; b) mensagem de erro para campos não preenchidos

Nessa tela existem ainda dois indicadores coloridos para sinalizarem que o smartphone está ou não recebendo coordenadas GPS e/ou está conectado à internet. Caso esteja recebendo coordenadas, além do indicador sinalizar com a cor verde, as coordenadas recebidas são apresentadas e atualizadas em tempo real. Por fim há uma mensagem fixa lembrando ao usuário que é necessário estar conectado à internet, por meio de rede móvel ou wi-fi, para poder fazer uso do reconhecimento de voz. A seta azul no canto superior direito permite ao usuário prosseguir para a próxima tela assim que tiver completado os campos de área e usuário, e, caso algum destes campos esteja vazio, uma mensagem é exibida não permitindo ao usuário seguir a diante.

Na tela de variáveis (Figura 22) que é aberta em seguida, em sua primeira parte o usuário é inicialmente requisitado a compor o nome do arquivo ‘txt’ de saída que armazenará os resultados das coletas realizadas.

Figura 22 – Tela de configuração de variáveis em estado inicial

Em seguida deverá escolher em qual pasta deseja armazenar este arquivo, e para isto, ele deve clicar sobre o ícone ao lado direito, que contém o símbolo de pasta. Esse botão abre uma nova tela (figura 23) que permite a navegação pelos diretórios existentes no sistema de armazenamento de arquivos do smartphone.

Figura 23 – Tela de variáveis: a) tela de navegação em diretórios; b) totalmente preenchida

Nessa tela é possível utilizar o botão com uma seta apontada para cima para retornar ao diretório acima do atual ou mesmo entrar num subdiretório clicando na lista de pastas. Uma vez dentro da pasta desejada, basta clicar no botão “OK” para selecioná-la como destino para o arquivo a ser salvo. Feito isso a tela de escolha de diretório é fechada e retorna-se à tela de variáveis onde o campo de texto para pasta de armazenamento estará agora preenchido.

A segunda parte dessa tela é destinada à configuração das variáveis que o usuário deseja coletar. Aqui existem duas opções: escolher algum arquivo ‘txt’ que contenha a lista de variáveis que deseja cadastrar (conforme ilustrado na figura 24) ou adicionar manualmente as variáveis com o botão de ícone verde “Adicionar”.

Figura 24 – Arquivo de texto contendo as variáveis de entrada

O primeiro método requer que o usuário clique no botão com ícone de pasta à direita para abrir a tela de busca de diretórios que agora servirá para a localização de arquivos com extensão ‘.txt’. Ao navegar pelas pastas dessa tela o usuário escolhe o arquivo simplesmente clicando sobre ele na lista. Ao fazer isto automaticamente o arquivo será aberto, lido e traduzido em uma lista de variáveis de volta na tela de variáveis. Cada uma das variáveis aparece como um item dessa lista, e cada uma delas também pode ser deletada através de um clique sobre elas, e a confirmação na mensagem que surgirá após essa requisição (figura 25).

Figura 25 – Exclusão de variáveis da lista configurada

Mesmo após carregar variáveis por este método é possível ainda adicionar mais variáveis através do botão de ícone verde, conforme ilustrado na figura 26. Ao clicar nesse botão uma caixa de diálogo de entrada surge pedindo ao usuário que entre com o nome da variável que deseja armazenar. Se este digitar qualquer texto e confirmar, uma nova variável será adicionada à lista existente, ou mesmo se não houverem variáveis cadastradas na lista, uma primeira variável irá compô-la. Porém caso não digite texto algum nesse campo e mesmo assim confirme a entrada, uma mensagem de erro surge alertando ao usuário sobre este erro de digitação. Para essa caixa de diálogo de entrada foi tomado um cuidado especial durante seu desenvolvimento, buscando configurar o teclado para que aparecesse automaticamente quando o botão de “adicionar” fosse clicado, e para que desaparecesse automaticamente quando o botão de “Ok” ou “Cancelar” fossem clicados. Esta boa prática de desenvolvimento é aplicada para diminuir o número de cliques que o usuário precisa realizar para utilizar o aplicativo.

Figura 26 – Inclusão manual de variáveis na lista: a) caixa de diálogo para entrada do nome da variável; b) mensagem de erro para entrada vazia

No canto superior direito, a seta azul permitirá ao usuário prosseguir para a tela de coleta caso todos os campos estejam preenchidos e exista pelo menos uma variável

cadastrada na lista. Caso alguma dessas condições não esteja satisfeita uma mensagem é transmitida (Figura 27) e a tela seguinte não é exibida.

Figura 27 – Mensagem de erro na tela de variáveis

A última e principal tela do aplicativo, que é apresentada na figura 28, se resume em um formulário de campos de texto que devem ser preenchidos com os valores que o usuário necessitar cadastrar naquele determinado ponto da amostragem que estiver realizando. Nesse formulário há um campo de texto para cada variável inserida na tela anterior, e esses campos podem tanto ser preenchidos de forma automatizada pelo sistema de reconhecimento de voz ou manual ao clicar-se sobre o campo e utilizando o teclado virtual que surge na tela do aplicativo.

Figura 28 – Tela de coleta: a) padrão inicial; b) habilitação do assistente de voz

Antes de iniciar uma coleta de variáveis por voz, o usuário pode habilitar o assistente de voz, que é o recurso implementado no aplicativo que permite fazer uso da tecnologia de síntese de voz para que o dispositivo móvel converse com o usuário. É importante lembrar que em dispositivos Android este recurso estará disponível somente quando um aplicativo de síntese de voz estiver instalado e habilitado no aparelho.

Para iniciar a coleta por voz automatizada o usuário necessitará apenas clicar no botão “Iniciar coleta por voz” e nesse instante seguirá uma sequência de interações com o usuário. Primeiramente, se o assistente de voz estiver habilitado, o aplicativo sintetizará o nome da primeira variável, “falando” explicitamente ao usuário. Em seguida é executado o pedido de reconhecimento de voz com a abertura de uma caixa de diálogo (figura 29) que contém o símbolo de um microfone e aguarda a fala do usuário. Nessa caixa de diálogo está escrito também o nome da variável e quantas tentativas estão sendo feitas para reconhecer alguma fala válida para o vocabulário do aplicativo. Quando o usuário fala o valor numérico que a variável que deseja coletar, o aplicativo realiza a análise do que foi falado e se este for um número o aplicativo entenderá o que usuário disse e enviará novamente um comando de fala sintetizada falando ao usuário o que ele entendeu como resultado do reconhecimento de voz, porém caso o aplicativo não reconheça o que foi dito ele irá falar a sentença “não

entendi” e perguntará novamente pelo dado da variável. São aceitos pelo aplicativo número inteiros de zero a 999 e números ponto flutuante com uma casa após a vírgula na faixa de 0 a 999,9. Para estes números pontos flutuantes o usuário deve falar o primeiro número, em seguida falar a palavra “ponto” e depois falar o segundo número. Feita a coleta de um dado válido para o vocabulário o aplicativo escreve no campo de texto o valor entendido. Essa sequência se repetirá para cada uma das variáveis coletadas.

Figura 29 – Caixa de diálogo para o reconhecimento de voz: a) aguardando o usuário entrar com a voz; b) reconhecendo o que foi dito pelo usuário

No fim da coleta, caso o assistente de voz esteja habilitado, o aplicativo fará a seguinte pergunta: “deseja armazenar coleta?”, e então se o usuário responder “sim” o aplicativo armazenará os valores coletados no arquivo ‘txt’, e caso o usuário diga ‘não’ o aplicativo simplesmente encerra a caixa de diálogo, terminando assim a rotina de coleta de variáveis. A figura 30 ilustra a pergunta realizada pelo aplicativo no momento do armazenamento da coleta, e a mensagem exibida ao usuário caso o aplicativo consiga executar a gravação dos dados de forma válida.

Figura 30 – Fim da coleta: a) pedido de confirmação; b) mensagem de confirmação de arquivo salvo com sucesso

É permitido também ao usuário coletar novamente a variável que desejar utilizando os botões individuais com o ícone microfone que estão à frente dos campos de texto. Clicando neste botão o aplicativo fala o nome da variável, se o assistente de voz estiver habilitado, e o a caixa de diálogo se abre para que o usuário entre com o dado em forma de voz. Novamente se o dado for válido ele será repetido por voz pelo aplicativo e depois será escrito no campo de texto.

É possível realizar todas essas ações sem o assistente de voz estar habilitado, o que ocasiona um comportamento idêntico ao descrito, porém sem que o aplicativo fale com o usuário. Aliás, é possível também que o usuário entre com dados manualmente sem utilizar o botão “Iniciar coleta por voz”, e para isto existe também o botão “Armazenar” que permite adicionar ao arquivo ‘txt’ os dados escritos nos campos de texto.

No momento do armazenamento o aplicativo também busca as coordenadas geográficas que o dispositivo está captando naquele instante e as insere no arquivo ‘txt’. Entretanto, essa não é uma condição obrigatória de funcionamento, pois é permitido ao usuário efetuar coletas sem possuir comunicação com o sistema de posicionamento.

Existe ainda, na interface de coleta, um botão “Limpar” que apaga o conteúdo escrito em todos os campos de texto no formulário.

Uma funcionalidade adicional foi acrescentada à tela de coleta que é a possibilidade de se iniciar uma coleta por voz através de um comando externo ao smartphone por meio de um botão presente em um fone de ouvido, assim como o mostrado na figura 31. Essa funcionalidade, se agregada ao assistente de voz habilitado, faz com que o usuário possa realizar uma rotina completa de coleta de dados sem a necessidade de realizar nenhum clique na tela do smartphone.

Figura 31 – Fone de ouvido com botão

Na prática de coleta de dados o usuário necessita alternar frequentemente entre a tela de coleta e a tela de mapas. Para isto foi projetado um botão na parte superior direita da tela com um ícone de mapa para que a tela de mapas possa ser inicializada. Na tela de mapas (figura 32), que também pode ser inicializada pela tela inicial, o ícone em forma circular na cor azul indica a posição atual do usuário no mapa. As interações que podem ser feitas com os mapas estão acessíveis no menu desta tela, que é acessado pelo botão de menu presente em todos os smartphones Android. Nesse menu existem seis opções de ações que são:

- *Importar KML*: permite ao usuário acessar o diretório para localizar algum arquivo KML e trazer para o mapa todos os pontos armazenados dentro desse arquivo;
- *Importar GPX*: mesma funcionalidade que o item anterior, porém para arquivos GPX;
- *Inserir*: cria um ícone de ponto no mapa exatamente na posição em que está localizado o usuário;

- *Ir Para*: inicia o cálculo de distância entre um ponto selecionado e a posição atual do usuário, mostrando o valor dessa distância em tempo real na parte superior da tela de mapas;
- *Excluir*: exclui um ponto selecionado;
- *Excluir Todos*: exclui todos os pontos criados no mapa.

Figura 32 – Tela de mapas e seus menus interativos

Por último tem-se a tela de “Sobre” (figura 33) que é acessada através da tela principal, cuja função é informativa. Ela visa apresentar ao usuário informações sobre o aplicativo e sobre quem são os responsáveis pelo desenvolvimento do aplicativo e como entrar em contato.

Figura 33 – Tela de “Sobre”

4.2 Arquivo de dados coletados

Como resultado das coletas realizadas são gerados arquivos ‘txt’ que conterão os dados coletados. Este arquivo contém um cabeçalho (figura 34) contendo as informações cadastrais da tela de identificação e outras como data e horário inicial. Os dados coletados estão dispostos nas linhas abaixo do cabeçalho, conforme mostrado na figura 35. Em cada linha há várias colunas, algumas delas fixas como índice, horário, latitude, longitude e altura; sendo todos esses dados obtidos diretamente pelos recursos internos do smartphone. As linhas seguintes contêm as diversas variáveis que forem cadastradas e coletadas, e seus respectivos dados.

3	Coleta por Voz - Android
4	Versão 1.0.0
5	-----
6	***Informações Cadastrais***
7	-----
8	Área: Fazenda A
9	Usuário: José
10	Data: 28/05/2012
11	Horário: 16:17:06
12	-----
13	***Dados da Coleta***
14	-----

Figura 34 – Cabeçalho do arquivo de armazenamento de dados

14									
15	Índice	Horário	Latitude	Longitude	Altitude	Altura da Planta	Qte de maduros	Qte de doentes	Diâmetro
16	1	16:15:06	-24.12377357	-50.20506287	521	12.5	4	504	1.2
17	2	16:17:43	-24.12116241	-50.19937897	521	13.4	23	130	2.4
18	3	16:18:30	-24.12252426	-50.19256973	522	5.8	15	265	6.5
19	4	16:19:45	-24.12644196	-50.19813538	520	3.4	19	196	4.5
20	5	16:21:08	-24.12916756	-50.20317078	523	11.9	56	204	3.8
21	6	16:24:20	-24.13665962	-50.20524216	522	55.1	43	465	7.4
22	7	16:27:10	-24.13245964	-50.18694305	521	19.42	29	123	9.4
23	8	16:29:58	-24.12842941	-50.19245148	522	38.1	45	348	9.9

Figura 35 – Colunas de dados armazenados por coleta realizada no aplicativo

4.3 Internacionalização

Seguindo uma boa prática de programação recomendada no desenvolvimento de aplicativos Android, o aplicativo teve todas suas inserções textuais estruturadas em arquivos XML, ou seja, todos os títulos, nomes e mensagens foram armazenados nesses arquivos. Dessa forma basta apenas criar versões deste arquivo XML contendo as informações no idioma que se deseja apresentar o aplicativo. O idioma do aplicativo segue o idioma em que smartphone está configurado, não necessitando assim criar algum modo de configuração de idioma. Foram criados dois arquivos XML, um para o português brasileiro e outro para o inglês. Vale ressaltar que o sintetizador de voz necessita ser configurado no smartphone para o idioma em que se deseja operar o aplicativo.

Na versão atual o aplicativo desenvolvido pode operar plenamente tanto em português brasileiro quanto em inglês. Os sistemas de reconhecimento de voz e sintetização de voz funcionarão igualmente para os idiomas configurados. A figura 36 apresenta algumas telas do aplicativo quando configurado para operar no idioma inglês.

Figura 36 – Algumas telas do aplicativo no idioma inglês

4.4 Estrutura de classes do aplicativo

A figura 37 apresenta a estrutura de classes do aplicativo criado, refletindo as interações e dependências das operações que o aplicativo executa. Os códigos relativos a estas classes estão contidos no CD-ROM Anexo, juntamente com os arquivos XML de leiaute.

Figura 37 – Diagrama de classes do aplicativo

4.5 Discussão

O reconhecimento de voz é uma tecnologia que já integra muitas aplicações tanto para computadores pessoais e portáteis, quanto para dispositivos móveis como os smartphones e os tablets. Em áreas como a educação e a saúde, é frequente o uso dessa tecnologia tanto para agregar mais flexibilidade ao uso da ferramenta quanto para a inclusão digital de pessoas com dificuldade de digitação ou baixo nível de instrução. No entanto, em áreas como a agricultura essa tecnologia ainda não se consolidou como uma alternativa prática. Estudos iniciais como os de Sato, Hoki e Salokhe (1998) e Dux, Strickland e Ess (1997) mostraram que é possível utilizar o reconhecimento de voz para coleta de dados ou envio de comandos através de um computador portátil dentro da cabine de um trator e até mesmo produzir mapas a partir de dados georreferenciados coletados por voz. Esses estudos mostram o uso de diversos aplicativos para reconhecimento de voz, o uso de microfones e fones de ouvido, e até mesmo avaliam o efeito da interferência sonora produzida por um trator em sistema de reconhecimento de voz.

Entretanto, dentre todos os aplicativos investigados na pesquisa bibliográfica, nenhum deles utiliza o reconhecimento de voz como meio de entrada de dados, ou para qualquer outra função. Além disso, é possível observar em um contexto mais generalizado e atual que mesmo o reconhecimento de voz para microcomputadores não integrou as soluções recentes para a automação na agricultura de precisão. Poucos trabalhos como o de Ou et al. (2010) e Mantena et al. (2011) citam o uso do reconhecimento de voz num contexto de agricultura, porém voltados para a informatização da agricultura e a inclusão digital de usuários com baixo nível de instrução.

Por fim é possível ainda afirmar que, diante deste cenário, o aplicativo desenvolvido vai ao encontro de uma proposta de inserção de uma tecnologia que tem grande potencial de aplicação em campo. Pelo fato de não haver soluções similares no atual estado da arte a avaliação comparativa fica comprometida, porém garante ao aplicativo os adjetivos de inovador e inédito. É possível afirmar que o aplicativo tem potencial para crescer ainda mais em termos de funcionalidades e abrangências. Conforme visto no aplicativo de Mesas-Carrascosa et al. (2012), uma funcionalidade interessante, que poderia ser incrementada ao aplicativo de coleta por voz seria utilizar a câmera fotográfica para criar fotografias e vídeos e anexa-los às coordenadas de GPS para agregar mais informações durante a investigação em campo. No trabalho de Aanensen et al. (2009) também se vê outra funcionalidade que poderia ser integrada ao sistema de coleta por voz, que é a comunicação do aplicativo com algum servidor remoto para a troca de dados em tempo real via internet. Em termos de aumento de abrangência da solução proposta pelo aplicativo tem-se, a proposta do desenvolvimento de novas versões do aplicativo para outros sistemas operacionais como o Apple iOS® e Windows Mobile®, além de versões especialmente desenvolvidas para tablets, que oferecem ainda mais recursos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aplicativo desenvolvido atende aos objetivos propostos de se coletar dados utilizando a tecnologia de reconhecimento de voz. As integrações de reconhecimento e sintetização de voz, juntamente com o acionamento do procedimento de coleta através de botão externo completam uma possibilidade de interação com o aplicativo sem a necessidade de nenhum toque na tela do dispositivo.

O layout proposto se mostrou simplificado e de fácil utilização. O estilo de cores proposto, letras em branco e cor de fundo em preto, forma a melhor combinação para o usuário quando este necessita operar o aplicativo em ambiente de luminosidade intensa.

Os dados coletados pelo aplicativo mostraram ser facilmente importados em planilhas eletrônicas e conseqüentemente podem ser facilmente inseridos em SIG para a geração de mapas e/ou processamento de dados.

A internacionalização do aplicativo amplia os horizontes de atuação do mesmo, haja vista que este pode ser operado no idioma inglês, o idioma mais difundido internacionalmente.

O principal entrave do aplicativo se dá na questão do reconhecimento de voz necessitar de conexão com a internet para operar em praticamente todas as versões do Android, o que certamente dificulta sua utilização dentro dos sistemas agrícolas brasileiros. Entretanto a recente versão 4.1 do Android já possui o serviço de reconhecimento de voz off-line para o idioma português do Brasil, assim como para outros idiomas, o que permite que as próximas atualizações do aplicativo agreguem essa funcionalidade e esteja apto para ser plenamente utilizado em ambientes agrícolas.

REFERÊNCIAS

AANENSEN, A.M.; HUNTLEY, D.H.; FEIL, E.J.; AL-OWN, F.; SPRATT, B.G. EpiCollect: linking smartphones to web applications for epidemiology, ecology and community data collection. **PLoS One**, v. 4, n. 9, e6968, 2009. doi:10.1371/journal.pone.0006968. Disponível em: <<http://www.plosone.org>>. Acesso em: 18 nov. 2011.

AMADO, T.J.C.; GIOTTO, E. A sua lavoura na tela. **A Granja**, São Paulo, v. 732, p. 38-42, dez. 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br>>. Acesso em: 15 dez. 2011.

AUGUSTIN, I.; YAMIN, A.C.; SILVA JR, E.N.; BARBOSA, J.L.V.; GEYER, C.F.R.; CAVALHEIRO, G.G.H. ISAM: um middleware para aplicações móveis distribuídas. **Revista de Informática Teórica e Aplicada – RITA**, Porto Alegre, v. 8, n. 3, p. 41-58, fev. 2001. Edição Especial – Sistemas Operacionais.

BURMAKIN, E.M.; TUOMINEN, J.O. Development of mobile distributed applications. In: M-BUSINESS INTERNATIONAL CONFERENCE ON MOBILE COMPUTING, 2002, Copenhagen. **Proceedings...** Athens: KBC, 2002. p. 115-123.

CANALTECH. Disponível em: <<http://www.canaltech.com.br>>. Acesso em: 21 dez. 2012.

BANGE, M.P.; DEUTSCHER, S.A.; LARSEN, D.; LINSLEY, D.; WHITESIDE, S.A. handheld decision support system to facilitate improved insect pest management in Australian cotton systems. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 43, p. 131–147, 2004. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 18 nov. 2011.

BOTHA, R.A.; FURNELL, S.M.; CLARKE, N.L. From desktop to mobile: examining the security experience. **Computers & Security**, v. 28, p. 130–137, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 18 nov. 2011.

CHOU, W.; JUANG, B.H. **Pattern recognition in speech and language processing**. Florence: CRC Press, 2003. 416 p.

DARWIN, I.F. **Android cookbook**. São Paulo: Novatec, 2012. 672 p.

DELGADO, J.A.; KOWALSKI, K.; TEBBE, C. The first Nitrogen Index app for mobile devices: using portable technology for smart agricultural management. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 91, p. 121–123, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 10 fev. 2013.

DIVENYI, P. **Speech separation by humans and machines**. Boston: Kluwer Academic, 2005. 344 p.

DONNER, J. Research approaches to mobile use in the developing world: a review of the literature. **The Information Society**, v. 24, p. i. 3, May 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 18 nov. 2011.

DUX, D. L.; STRICKLAND, M.; ESS, D.R. Collecting data by voice recognition for precision agriculture. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 1997, Minneapolis. **Proceedings...** St Joseph: ASAE, 1997. p. 53-61. (Paper, 973146).

DVORAK, J.S.; PRICE, R.R. Creating an android app to disseminate extension knowledge. In: ASABE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2011, Louisville. **Proceedings...** Louisville: ASABE, 2011. p. 78-84. (Paper, 1110981).

FANG, H.; HE, Y. A pocket PC based field information fast collection system. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 61, p. 254–260, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 18 nov. 2011.

FRANÇA FILHO, C.B. **Investigação do reconhecimento de fala baseado em um ambiente telefônico**. 2010. 53 p. Trabalho (Graduação em Ciências da Computação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

GARTNER. Gartner Says 428 Million Mobile Communication Devices Sold Worldwide in First Quarter 2011, a 19 Percent Increase Year-on-Year. Disponível em: <<http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1689814>>. Acesso em: 20 jun. 2011.

GOMÉZ, E.M.T. **Reconhecimento de fala para navegação em aplicativos móveis para português brasileiro**. 2011. 125 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

GUAN, S.; SHIKANAI, T.; MINAMI, T.; NAKAMURA, M.; UENO, M.; SETOUCHI, H. Development of a system for recording farming data by using a cellular phone equipped with GPS. **Agricultural Information Research**, v. 15, n. 3, p. 241-254, 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 18 nov. 2011.

KARATZOUNI, S.; FURNELL, S.F.; CLARKE, N.L.; BOTH, R.A. Perceptions of user authentication on mobile devices. In: ANNUAL ISONEWORLD CONFERENCE, 6., 2007, Las Vegas. **Proceedings...** Washington DC: Information Institute Publishing, 2007. p. 55-1-13.

KOTELLY, B. **The art and business of speech recognition: creating the noble voice**. Indianapolis: Addison-Wesley, 2003. 208 p.

LECHETA, R.R. **Google Android: aprenda a criar aplicações para dispositivos móveis com o Android SDK**. 2. ed. São Paulo: Novatec, 2010. 608 p.

_____. **Google Android para tablets**. São Paulo: Novatec, 2012. 448 p.

LEE, V.; SCHNEIDER, H. SCHELL, R. **Aplicações móveis: arquitetura, projeto e desenvolvimento**. São Paulo: Pearson, 2005. 352 p.

LI, M.; QIANB, J.; YANGB, X.; YANG, X.; SUN, C.; JI, Z. A PDA-based record-keeping and decision-support system for traceability in cucumber production. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 70, p. 69–77, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 18 nov. 2011.

MALLICK, M. **Mobile and wireless design essentials**. Indiana: John Wiley, 2003. 480 p.

MANTENA, G.V. A speech-based conversation system for accessing agriculture commodity prices in Indian languages. In: JOINT WORKSHOP ON HANDS-FREE SPEECH COMMUNICATION AND MICROPHONE ARRAY, 2011, Cidade. **Proceedings...** Edinburgh: HSCMA, 2011. p. 153-154.

MATEUS, G.R.; LOUREIRO, A.A.F. **Introdução à computação móvel**. 2. ed. Rio de Janeiro: COPPE; UFRJ, 2004. 119 p.

MENDES, M.B.; MARCENGO, T.M. **Domótica voltada para plataformas móveis com sistema operacional Android**. 2011. 67p. Trabalho (Graduação em Engenharia Elétrica – Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

MESAS-CARRASCOSA, F.J.; CASTILLEJO-GONZÁLEZ, I.L.; DE LA ORDEN, M.S. Real-time mobile phone application to support land policy. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 85, p. 109–111, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 10 fev. 2013.

MOLINA-MARTÍNEZ, J.M.; RUIZ-CANALES, A. Pocket PC software to evaluate drip irrigation lateral diameters with on-line emitters. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 69, p. 112–115, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 18 nov. 2011.

MOLINA-MARTÍNEZ, J.M.; JIMÉNEZ, M.; RUIZ-CANALES, A.; FERNANDÉZ-PACHECO, D.G. RaGPS: A software application for determining extraterrestrial radiation in mobile devices with GPS. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 78, p. 116–121, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 18 nov. 2011.

MONTEIRO, J.D.A. **Desenvolvimento de aplicações multi-plataformas para dispositivos móveis**. 2006. 148 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Matemáticas e de Computação) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

MORAIS, E.S. **Reconhecimento automático de fala contínua empregando modelo híbridos ANN + HMM**. 1997. 123 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

OU, W.; GAO, W.; LI, Z.; ZHANG, S.; WANG, Q. Application of keywords speech recognition in agricultural voice information system. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL INTELLIGENCE AND NATURAL COMPUTING, 2., 2010, Beijing. **Proceedings...** Beijing: CINC, 2010. p. 197-200.

PITT, L.F.; PARENT, M.; JUNGLAS, I.; CHAN, A.; SPYROPOULOU, S. Integrating the smartphone into a sound environmental information systems strategy: Principles, practices and a research agenda. **Journal of Strategic Information Systems**, v. 20, p. 27–37, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 18 nov. 2011.

SATO, K.; HOKI, K.S.; SALOKHE, V.M. Voice recognition by neural network under tractor noise. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v. 36, n. 4,

p. 1223-1227, July/Aug. 1993. Disponível em: <<https://elibrary.asabe.org>>. Acesso em: 19 nov. 2011.

SILVA, A.B.R. da; BASSOI, L.H.; VAZ, C.M.P.; NAIME, J.D. M. Introdução da agricultura de precisão no manejo de irrigação utilizando Qualisolo Mobile. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32, 2009, Fortaleza. **O solo e a produção de bioenergia: perspectivas e desafios**; Anais... Fortaleza: UFC; SBCS, 2009. p. 52-57.

SILVA, A.G.S. **Reconhecimento de voz para palavras isoladas**. 2009. 59 p. Trabalho Trabalho (Graduação em Engenharia da Computação – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

SIX, J. **Segurança de aplicativos Android**. São Paulo: Novatec, 2012. 144 p.

SOUZA, L.S. **Integrando atividades baseadas em abordagens da IHC às práticas da engenharia de software em projetos de interface em projetos de interface de usuário de dispositivos móveis**. 2007. 155 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia de Produção, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São Paulo, 2007.

TALUKDER, A.K.; YAVAGAL, R.R. **Mobile computing: technology, applications and service creation**. New Delhi: McGraw-Hill, 2005. 668 p.

TELECO. Estatísticas de celulares no mundo. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br>>. Acesso em: 22 dez. 2012.

TEVAH, R.T. **Implementação de um sistema de reconhecimento de fala contínua com amplo vocabulário para o português brasileiro**. 2006. 115p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

TORRES, J.C.Z. **Uma metodologia para o desenvolvimento de aplicações de realidade aumentada em telefones celulares utilizando dispositivos sensores**. 2008. 131 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

VALIATI, J.F. **Reconhecimento de voz para comandos de direcionamento por meio de redes neurais**. 2000. 128 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

VERKASALO, H.; LÓPEZ-NICOLÁS, C.; MOLINA-CASTILLO, F. J.; BOUWMAN, H. Analysis of users and non-users of smartphone applications. **Telematics and Informatics**, v. 27, 2010. 242-255p. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 18 nov. 2011.

YNOGUTI, C.A. **Reconhecimento de fala contínua usando modelos ocultos de Markov**. 1999. 151 p. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

ZHANG, N.; WANG, M.; WANG, N. Precision agriculture: a worldwide overview. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 36, p. 113-132, 2002. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 18 nov. 2011.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ABREU, L.M. **Usabilidade de telefones celulares com base em critérios ergonômicos**. 2005. 177p. Dissertação (Mestrado em Design) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- ANDRADE, A.O.; PINHEIRO JR, C.G. **Reconhecimento de voz utilizando redes neurais**. 1998. 72 p. Trabalho (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1998.
- ANTONOPOULOU, E.; KARETSOS, S.T.; MALIAPPIS, M.; SIDERIDIS, A.B. Web and mobile technologies in a prototype DSS for major field crops. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 70, p. 292–301, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 18 nov. 2011.
- CUNHA, C.R.; PERES, E.; MORAIS, R.; OLIVEIRA, A. A.; MATOS, S.G.; FERNANDES, M.A.; FERREIRA, P.J.S.G.; REIS, M.J.C.S. The use of mobile devices with multi-tag technologies for an overall contextualized vineyard management. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 73, p. 154–164, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 10 ago. 2011.
- GIBBONS, G. **Turning a farm art into science: an overview of precision farming**. Disponível em: <<http://www.precisionfarming.com>>. Acesso em: 25 maio 2011.
- GUILHOTO, P.J.S.; ROSA, S.P.C.S. **Reconhecimento de voz: sistemas multimédia**. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2002. 42 p.
- KIM, J.; KIM, T.; NAM, W.; LEE, T.; CHOI, J. Mobile device development using RFID and QR code technology for real time information management of irrigation facilities. In: ASABE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2011, Louisville. **Proceedings...** Louisville: ASABE, 2011. p. 60-68. (Paper, 100015).
- NICOLACI-DA-COSTA, A.M. Impactos psicológicos do uso de celulares: uma pesquisa exploratória com jovens brasileiros. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**. Rio de Janeiro, v. 20, n. 2, p. 165-174, maio/ago. 2004.
- OGLIARI, R.S.; CERVI, C.R.; PAVAN, W.; DORNELES, C.F. Gerenciamento de dados agrícolas utilizando a computação móvel em dispositivos com limitada capacidade de armazenamento. **Hifen**, Uruguaiana, v. 31, n. 59/60, 2007.
- SHIBUSAWA, S. Precision farming and terra-mechanics. In: ASIA-PACIFIC REGIONAL CONFERENCE, 15., 1998, Korea. **Proceedings...** Korea: AACSB, 1998. p. 1008-1016.
- RAFOSS, T.; SÆLIDB, K.; SLETTEN, A.; GYLAND, L.F.; ENGRAVSLIA, L. Open geospatial technology standards and their potential in plant pest risk management—GPS-enabled mobile phones utilising open geospatial technology standards web feature service transactions support the fighting of fire blight in Norway. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 74, p. 336–340, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 18 nov. 2011.

STEINBERGER, G.; ROTHMUND, M.; AUERNHAMMER, H. Mobile farm equipment as a data source in an agricultural service architecture. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.65, p. 238–246, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 18 nov. 2011.

TSENG, C.; JIANG, J.; LEE, R.; LU, F.; OUYANG, C.; CHEN, Y.; CHANG, C. Feasibility study on application of GSM–SMS technology to field data acquisition. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 53, p. 45-59, 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 18 nov. 2011.

WHELAN, B.M.; MCBRATNEY, A.B.; BOYDELL, B.C. The impact of precision agriculture. In: ABARE OUTLOOK CONFERENCE, “THE FUTURE OF CROPPING IN NW NSW”, 1997, Moree. **Proceedings...** Moree: Daff, 1997. p. 5.

GLOSSÁRIO

BROWSER: é o programa de computador que possibilita a navegação do usuário pela internet. Sinônimo de navegador.

E-MAIL: correio eletrônico.

INTERNET: a rede mundial de computadores.

KERNEL: elemento central de um sistema operacional. Responsável fazer a ligação entre o hardware e o software de um dispositivo eletrônico. Gerencia processos, arquivos e dispositivos periféricos.

NETBOOK: um microcomputador portátil de proporções menores que um notebook.

NOTEBOOK: microcomputador portátil.

SMARTPHONE: telefone inteligente. Dispositivos de computação e telefonia que são tecnologicamente superiores aos telefones celulares e aos PDAs. Vide item 2.2.2.3.

TABLET: dispositivo eletrônico móvel que pode ser traduzido por “prancheta eletrônica”. Vide item 2.2.2.4.

TELEFONE CELULAR: sinônimo de telefones móveis. Vide item 2.2.2.1.

THREAD: unidades de programa que são executadas independentemente de outras partes desse mesmo programa.

TOUCHSCREEN: telas sensíveis ao toque, ou telas ativas. Utilizadas em vários dispositivos eletrônicos para substituírem o uso de teclados físicos e/mouses.

WI-FI: tecnologia de redes sem fio conforme definido pelo padrão IEEE 802.11.