

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

**APLICAÇÃO DE COMPUTAÇÃO MÓVEL NA
OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE
DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

AUTOR: LUCIANO BEIESTORF ROCHA
ORIENTADOR: DR. FLÁVIO ANTONIO BECON LEMOS

Porto Alegre, Fevereiro de 2007.

Resumo da Dissertação apresentada a PUCRS como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica.

Aplicação de Computação Móvel na Operação e Manutenção de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica

Luciano Beiestorf Rocha
Fevereiro de 2007.

Orientador: Flávio Antonio Becon Lemos, Dr.

Área de Concentração: Sistemas de Energia.

Palavras-chave: Computação Móvel, JAVA, Operação de Sistemas Elétricos, Manutenção de Sistemas Elétricos

Nesta dissertação é realizado um estudo sobre a aplicação de computação móvel para suporte a ações de operação e manutenção de sistemas elétricos. São abordados aspectos relacionados a sistemas operacionais, linguagens de programação, banco de dados e conexões que são utilizados para suportar a computação móvel. Um maior enfoque é dado para a Linguagem Java, devido a sua característica de portabilidade e aos aspectos de integração entre o J2ME (*Java Micro Edition*), PHP (*PHP: Hypertext Preprocessor*) e *Web Server* (Servidores *Web*). São realizados testes comparativos de conexão utilizando dois modelos de PDA (*Personal Digital Assistant*), avaliando aspectos de conexão singular e concorrente com Bluetooth, Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) e cabo USB (*Universal Serial Bus*), bem como testes de conexão lógica estática e dinâmica. São também avaliados o desempenho gráfico e o desempenho com operações aritméticas através de rotinas de cálculo com número inteiros e reais. São apresentados casos de uso de cadastramento de redes, gestão de ativos, apoio ao gerenciamento de informações e tomada de decisão e suporte à operação e manutenção, descrevendo as vantagens da sua utilização. Para ilustrar a utilização foram desenvolvidas quatro aplicações que envolvem os tópicos de tempo real, formulários, editor de redes e manutenção. Finalmente, são apresentadas as conclusões da dissertação e temas para futuros trabalhos.

**Abstract of Dissertation presented to PUCRS as a partial fulfillment of the requirements
for the Degree of Master in Electrical Engineering.**

Mobile Computing Application in Operation and Maintenance of
Electrical Energy Distribution Systems

Luciano Beiestorf Rocha
Fevereiro de 2007.

Advisor: Flávio Antonio Becon Lemos, Dr.

Area of concentration: Energy Systems

Keywords: Mobile Computing, JAVA, Power System Operation, Maintenance of Power System.

In this dissertation a study on the application of mobile computation for support of operation and maintenance of electric energy distribution systems is carried out. Aspects that are used to support mobile computation, such as operational systems, programming languages, database and connections are tackled. Special attention is given to the Java Language due to its portability and integration aspects among J2ME (Java Micro Edition), PHP (PHP: Hypertext Preprocessor) and Webservices. Two models of PDA (Personal Digital Assistent) are used to carry out comparative tests of connection, evaluating aspects of singular and concurrent connection with Bluetooth, Wi-Fi (Wireless Fidelity) and USB (Universal Serial Bus) cable, as well as tests of static and dynamic logical connection. Graphical performance and arithmetical operations with integer and real number routines are evaluated. Cases of network equipment description, asset management, support to information management and support to operation and maintenance are presented, describing the advantages of its use. To illustrate the use of mobile computing four applications were developed, which involve the topics of real time, forms, network editor and maintenance. Finally, the conclusions of the dissertation and subjects for future works are presented.

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	12
1.1.	Contribuições da Dissertação	14
1.2.	Publicações Originadas Desta Dissertação	14
1.3.	Metodologia Proposta	15
1.4.	Divisão da Dissertação	16
2.	COMPUTAÇÃO MÓVEL.....	17
2.1.	Sistemas Operacionais.....	17
2.1.1.	Sistema Operacional Windows CE®	17
2.1.2.	Sistema Operacional Symbian®	19
2.1.3.	Sistema Operacional Palm OS®	19
2.2.	Linguagens de Programação	20
2.2.1.	Porque foi Escolhido Java	20
2.3.	A Linguagem Java.....	21
2.3.1.	J2SE.....	21
2.3.2.	J2EE	22
2.3.3.	J2ME	22
2.3.4.	KVM.....	22
2.3.5.	Configurações.....	23
2.3.6.	Profiles	23
2.3.7.	VM - Virtual Machine.....	23
2.3.8.	Segurança em J2ME.....	24
2.4.	Banco de Dados.....	24
2.4.1.	A Base de Sincronização	25
2.4.2.	Banco de Dados Principal	26
2.4.3.	XML	27
2.5.	Conexões	30
2.6.	Integração J2ME , Webserver e PHP	32
3.	TESTES COMPARATIVOS	33
3.1.	Testes e Acessos	35
3.2.	Teste das Conexões Físicas	36
3.2.1.	Teste do Bluetooth com PDA Zire 72	37
3.2.2.	Testando Cabo USB com PDA Zire 72	39
3.2.3.	Teste do Wi-Fi com Pocket PC HP iPAQ h5500.....	41
3.2.4.	Teste do Bluetooth com Pocket PC HP iPAQ h5500.....	43
3.2.5.	Teste do Cabo USB com Pocket PC HP iPAQ h5500	45
3.3.	Acessos Concorrentes	47
3.3.1.	Acesso concorrente entre Wi-Fi, Bluetooth, Cabo USB.....	47
3.3.2.	Acesso concorrente entre Wi-Fi, Bluetooth, Cabo USB. (Nova versão de VM) ..	51
3.3.3.	Acesso concorrente entre Bluetooth e VM com versões diferentes.....	54
3.3.4.	Acesso concorrente PDA X iPAQ	57
3.4.	Testando conexões lógicas	60
3.4.1.	Acesso http a arquivos estático.....	60

3.4.2.	Acesso stream a arquivos estático.....	61
3.5.	Teste de interface gráfica	63
3.6.	Testes de projeção de gráficos	66
3.6.1.	Resultados do testes para geração de gráficos.	68
3.7.	Teste de cálculos com valores inteiros	70
3.8.	Teste com valores inteiros e emuladores.....	71
3.9.	Teste de cálculos com valores reais	73
3.9.1.	Teste de cálculos com valores reais realizados no servidor e acessados via conexão http.	74
4.	CASOS DE USO E SISTEMAS DESENVOLVIDOS.....	82
4.1.	Casos de Uso	82
4.1.1.	Cadastramento de Redes	82
4.1.2.	Gestão de Ativos	83
4.1.3.	Apoio ao gerenciamento de informações e tomada de decisões	84
4.1.4.	Suporte à Operações de Manutenção	85
4.2.	Vantagens	86
4.3.	Aplicações desenvolvidas	88
4.3.1.	Tempo Real	88
4.3.2.	Formulários	90
4.3.3.	Editor de Redes	92
4.3.4.	Manutenção de Redes.....	93
5.	CONCLUSÕES.....	95
5.1.	Futuros Trabalhos.....	100
6.	REFERÊNCIAS	102
7.	Anexo A	105

Lista de Abreviaturas

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CDC	Connected Device Configuration
CGI	Common Gateway Interface
CLDC	Connected Limited Device Configuration
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile
HTTP	HyperText Transfer Protocol
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IP	Internet Protocol
IR	Infra Red
ISM	Industrial, Scientific, Medical
J2EE	Java 2 Enterprise Edition
J2ME	Java 2 Platform, Micro Edition
J2SE	Java 2 Standard Edition
JVM	Java Virtual Machine
KVM	K Virtual Machine
MIDP	Mobile Information Device Profile
PDA	Personal Digital Assistants
PHP	Hypertext Preprocessor
SCADA	Supervision Control and Data Acquisition
TCP	Transmission Control Protocol
USB	Universal Serial Bus
VM	Virtual Machine
WEME	WebSphere Everyplace Micro Environment
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WORA	Write Once, Run Anywhere
XML	EXtensible Markup Language

Lista de Figuras

Figura 1-1 Rede composta por dispositivos móveis.....	13
Figura 2-1 Plataforma Java.	21
Figura 2-2 Arquitetura J2ME.	22
Figura 2-3 Bases de dados utilizadas nos sistemas desenvolvidos.	25
Figura 2-4 Palm sincronizando com Base de Sincronização.	26
Figura 2-5 Servidor de Dados Principal.....	26
Figura 2-6 Comunicação <i>Wi-Fi</i>	28
Figura 2-7 Uso da rede celular.	29
Figura 2-8 Comunicação <i>Bluetooth</i>	29
Figura 2-9 Comunicação compartilhada.	30
Figura 2-10 Hierarquia da Interface de Conexão.	31
Figura 3-1 Tela do programa desenvolvido para testar conexões.	35
Figura 3-2 Dispositivos utilizados nos testes.	36
Figura 3-3 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-2, 3-3 e 3-4.	38
Figura 3-4 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-5, 3-6 e 3-7.	40
Figura 3-5 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-38, 3-39 e 3-10.	42
Figura 3-6 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-11, 3-12 e 3-13.	44
Figura 3-7 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-14, 3-15 e 3-16.	46
Figura 3-8 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-17, 3-18 e 3-19.	49
Figura 3-9 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-20, 3-21 e 3-22.	51
Figura 3-10 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-23, 3-24 e 3-25.	53
Figura 3-11 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-26 e 3-27.	55
Figura 3-12 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-28, 3-29.....	56
Figura 3-13 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-30 e 3-31.....	58
Figura 3-14 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-32 e 3-33.....	59
Figura 3-15 Gráfico demonstrativo da Tabela 3-34.....	61
Figura 3-16 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-35.....	62
Figura 3-17 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-36.....	63
Figura 3-18 Imagem usada nos testes de geração de gráficos.....	66
Figura 3-19 Gráfico dos resultados dos testes para geração de gráficos.....	69
Figura 3-20 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-41.....	72
Figura 3-21 Gráfico demonstrativo dos resultados do Teste A.....	76
Figura 3-22 Gráfico demonstrativo dos resultados do Teste B.....	77
Figura 3-23 Gráfico demonstrativo dos resultados do Teste C.....	78
Figura 3-24 Gráfico demonstrativo dos resultados do Teste D.....	79
Figura 3-25 Gráfico demonstrativo dos resultados do Teste E.....	81
Figura 4-1 Uso do PDA para cadastro de redes elétricas.....	83
Figura 4-2 Uso de PDA para gestão de ativos.	84
Figura 4-3 O uso do PDA em reuniões de projeto.	85

Figura 4-4 Equipe de manutenção acessando informações via PDA.....	86
Figura 4-5 Tela de configurações do modo servidor do sistema "Tempo Real".....	89
Figura 4-6 Tela do PDA, com o sistema "Tempo Real".....	90
Figura 4-7 Tela do programa para desenvolvimento de formulários.....	91
Figura 4-8 Tela do programa "Formulário".....	92
Figura 4-9 Tela do programa "Editor de Redes".....	93
Figura 4-10 Tela do programa "Manutenção de Redes".....	94

Lista de Tabelas

Tabela 2-1 Bibliotecas para interpretação de código xml.....	27
Tabela 2-2 Interfaces de Conexões.....	32
Tabela 3-1 Descrição das características dos dispositivos móveis usados nos estudos.....	34
Tabela 3-2 Teste do Bluetooth com PDA Zire 72 (1024 bytes).....	37
Tabela 3-3 Teste do Bluetooth com PDA Zire 72 (512 bytes).....	37
Tabela 3-4 Teste do Bluetooth com PDA Zire 72 (256 bytes).....	38
Tabela 3-5 Teste do cabo USB com PDA Zire 72 (1024 bytes).....	39
Tabela 3-6 Teste do cabo USB com PDA Zire 72 (512 bytes).....	39
Tabela 3-7 Teste do cabo USB com PDA Zire 72 (256 bytes).....	40
Tabela 3-8 Teste do Wi-Fi com Pocket PC HP iPAQ h5500 (1024 bytes).....	41
Tabela 3-9 Teste do Wi-Fi com Pocket PC HP iPAQ h5500 (512 bytes).....	41
Tabela 3-10 Teste do Wi-Fi com Pocket PC HP iPAQ h5500 (256 bytes).....	42
Tabela 3-11 Teste do Bluetooth com Pocket PC HP iPAQ h5500 (1024 bytes).....	43
Tabela 3-12 Teste do Bluetooth com Pocket PC HP iPAQ h5500 (512 bytes).....	43
Tabela 3-13 Teste do Bluetooth com Pocket PC HP iPAQ h5500 (256 bytes).....	44
Tabela 3-14 Teste do cabo USB com Pocket PC HP iPAQ h5500 (1024 bytes).....	45
Tabela 3-15 Teste do cabo USB com Pocket PC HP iPAQ h5500 (512 bytes).....	45
Tabela 3-16 Teste do cabo USB com Pocket PC HP iPAQ h5500 (256 bytes).....	46
Tabela 3-17 Teste A, entre Wi-Fi, Bluetooth e cabo USB(DP1,DP2,DP3).....	47
Tabela 3-18 Teste B, entre Wi-Fi, Bluetooth e cabo USB(DP1,DP2,DP3).....	48
Tabela 3-19 Teste C, entre Wi-Fi, Bluetooth e cabo USB(DP1,DP2,DP3).....	48
Tabela 3-20 Teste D, entre Wi-Fi, Bluetooth e cabo USB (DP2,DP3,DP1).....	49
Tabela 3-21 Teste E, entre Wi-Fi, Bluetooth e cabo USB (DP2,DP3,DP1).....	50
Tabela 3-22 Teste F, entre Wi-Fi, Bluetooth e cabo USB (DP2,DP3,DP1).....	50
Tabela 3-23 Teste G, entre Wi-Fi, Bluetooth e cabo USB(DP2,DP3,DP1).....	52
Tabela 3-24 Teste H, entre Wi-Fi, Bluetooth e cabo USB(DP2,DP3,DP1).....	52
Tabela 3-25 Teste I, entre Wi-Fi, Bluetooth e cabo USB(DP2,DP3,DP1).....	52
Tabela 3-26 Teste A-Desempenho de máquina virtual (DP1,DP2).....	54
Tabela 3-27 Teste B-Desempenho de máquina virtual (DP1,DP2).....	54
Tabela 3-28 Teste C-Desempenho de máquina virtual (DP2,DP1).....	55
Tabela 3-29 Teste D-Desempenho de máquina virtual (DP2,DP1).....	56
Tabela 3-30 Teste A Bluetooth (DP1,DP2).....	57
Tabela 3-31 Teste B Bluetooth (DP1,DP2).....	57
Tabela 3-32 Teste C bluetooth (DP2,DP1).....	58
Tabela 3-33 Teste D bluetooth (DP2,DP1).....	59
Tabela 3-34 Acesso a arquivo estático via conexão http.....	60
Tabela 3-35 Acesso stream a arquivos estático.....	61
Tabela 3-36 Acesso stream a arquivos dinâmicos.....	62
Tabela 3-37 Teste comparativo de desempenho gráfico entre dispositivos.....	64
Tabela 3-38 Teste comparativo de desempenho de VM e de sua configurações.....	65
Tabela 3-39 Teste de Performance de cálculos matemáticos de valores inteiros.....	70

Tabela 3-40 Teste de Performance de cálculo matemático de valores inteiros com emuladores no computador.....	71
Tabela 3-41 Teste de Performance de cálculos matemáticos de valores inteiros compilados em kit de desenvolvimentos diferentes.....	72
Tabela 3-42 Teste de Performance de cálculos matemáticos de valores reais.....	73
Tabela 3-43 Resultados do Teste A.....	75
Tabela 3-44 Resultados do Teste B.....	76
Tabela 3-45 Resultados do Teste C.....	78
Tabela 3-46 Resultados do Teste D.....	79
Tabela 3-47 Resultados do Teste E.....	80

Lista de Códigos Fontes

Código Fonte 3-1 Executa 60.000 vezes o desenho de um retângulo.....	64
Código Fonte 3-2 Gera imagem PNG do lado do servidor.....	67
Código Fonte 3-3 Gera imagem PNG no dispositivo móvel.....	68
Código Fonte 3-4 Cálculos com números inteiros.....	70
Código Fonte 3-5 Cálculo para números reais.....	73
Código Fonte 3-6 Executa cálculos com números reais em <i>script</i> PHP.....	74
Código Fonte 3-7 Executa cálculos com números reais em programa C.....	74

1. INTRODUÇÃO

O setor elétrico brasileiro vem passando por uma série de mudanças na sua estrutura, iniciada nos anos 90 do século XX, as quais conduziram à privatização de algumas empresas do setor de distribuição e impuseram novos conceitos de competição, produtividade e desempenho nos serviços e no fornecimento do produto energia elétrica. A nova estrutura do setor elétrico impõe às distribuidoras regras de fornecimento com alto grau de segurança, qualidade e continuidade, as quais são fiscalizadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL [1].

O ambiente atual requer das empresas a busca pela eficiência econômica e pela melhoria do desempenho dos índices de continuidade [2] e tensão [3]. Uma forma de alcançar estes objetivos é a inserção do uso da computação móvel como ferramenta para auxílio e suporte à operação de sistemas elétricos.

Dispositivos móveis como telefones celulares, *smartphone* e *Personal Digital Assistant* - PDA, estão cada vez mais presentes em empresas de energia elétrica. Isto pode ser constatado pelo número de sistemas desenvolvidos ultimamente, os quais servem de suporte as mais variadas aplicações dentre as quais se destacam as relacionadas ao auxílio na coleta e consulta de dados, o que garante velocidade, praticidade e segurança no tratamento das informações.

As Tecnologias de Computação e Comunicação Móvel estão em contínuo avanço em termos de disponibilidade, funcionalidade e custos, tornando-se atraentes para os planos de automatização das empresas. Essas tecnologias permitem uma variedade de aplicações, sendo a escolha de uma ou outra ponderada pelas características do problema. Dentro deste contexto, a utilização de computação e comunicação móvel contribui para aumentar e qualificar a eficiência dos processos envolvidos na aquisição, validação, análise e consulta dos processos de uma empresa de energia elétrica. Algumas aplicações onde a computação móvel contribui notadamente são as relacionadas à inspeção de redes, tanto as associadas à manutenção preventiva quanto as associadas a manutenções corretivas[2][3][4].

A abordagem destes aspectos é feita através de diversas aplicações desenvolvidas para testar e validar a utilização de computação móvel, as quais permitem demonstrar de forma prática as possibilidades, vantagens e desvantagens do uso destes dispositivos no que se refere a:

- criação de formulários dinâmicos;
- ambiente de modelagem gráfica;
- coleta de informações;
- acesso remoto;
- persistência de dados.

Estes tópicos são co-relacionadas com as diversas áreas de interesse para as empresas de sistemas de energia, tais como:

- manutenção preventiva;
- cadastramento de redes;
- gestão de ativos;
- suporte à operação.

A Figura 1-1 apresenta de forma esquemática a rede de dispositivo móvel que foi utilizada para desenvolver e testar as aplicações, as quais serão detalhadas no capítulo 3.

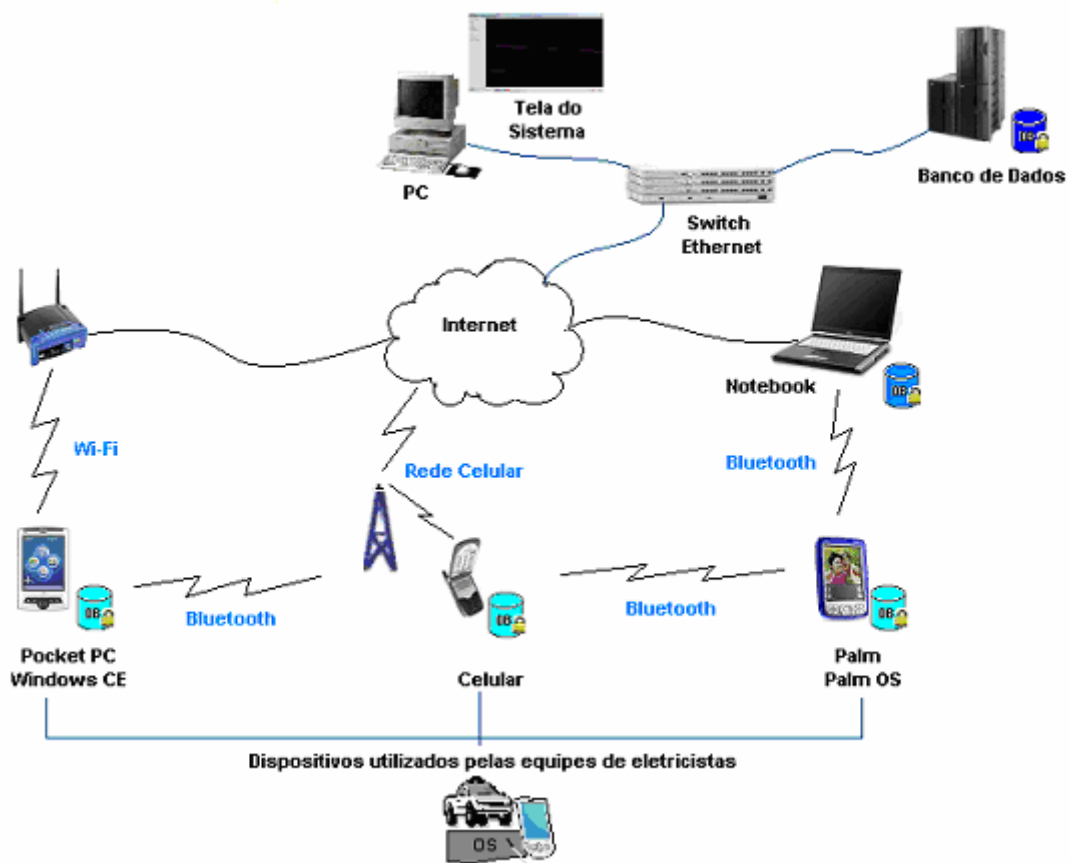


Figura 1-1 Rede composta por dispositivos móveis.

Pode-se visualizar através da Figura 1-1 algumas das muitas possibilidades de integração, acesso, armazenamento de dados e comunicações possíveis de serem implementadas para um ambiente composto por dispositivos móveis aplicado a sistemas de energia elétrica.

1.1. Contribuições da Dissertação

Computação móvel é um tópico multidisciplinar que envolve conhecimentos de ciência da computação, sistemas de telecomunicações e engenharia elétrica. Esta dissertação apresenta um estudo sobre computação móvel para suporte à operação de sistemas elétricos, onde são abordados e estudados os seguintes tópicos relacionados à computação móvel:

- revisão bibliográfica da utilização de computação móvel em sistemas elétricos;
- banco de dados para dispositivos móveis;
- acesso à banco de dados através de dispositivos móveis;
- linguagens de programação;
- protocolos de comunicação;
- sistemas operacionais;
- ambientes *web* para acesso com dispositivos móveis.

Em função da pesquisa dos tópicos acima é realizado um estudo e uma análise da viabilidade e custo/benefício do uso de sistemas com dispositivos móveis.

1.2. Publicações Originadas Desta Dissertação

Esta dissertação originou publicações em dois congressos, onde foram relatados as pesquisas e os desenvolvimentos realizados, encontradas nos anexos A e B:

- L. B. Rocha, F. A. B. Lemos, J. Jeffman Filho e D. P. Correa “*Uso de computação móvel para acesso e gerenciamento de rotinas de operação*”. Décimo Segundo Encontro Regional Ibero-americano do CIGRÉ em Foz do Iguaçu-Pr, Brasil de 20 a 24 de maio de 2007.

- L. B. Rocha, F. A. B. Lemos, J. Jeffman Filho e D. P. Correa “*Operation Information Management Using Mobile Network*”. 19th CIRED 2007 - International Electricity Conference & Exhibition 2007, de 21 a 27 de Maio de 2007 em Viena, Áustria.

1.3. Metodologia Proposta

O foco desta dissertação é a utilização de computação móvel para suporte a atividades de empresas de distribuição de energia elétrica, onde são apresentadas novas abordagens para o uso dos dispositivos móveis como solução para redução de gastos e melhoria da qualidade de serviço. Não é objetivo desta dissertação comparar desempenho entre marcas e modelos de PDA (*Personal Digital Assistant*), pois não se está referindo a testes de *benchmark*, mas sim, demonstrar as possibilidades e viabilidades de implementações de aplicações para dispositivos móveis para suporte à operação de sistema elétricos.

Assim foi elaborada uma metodologia, onde são abordados aspectos relacionados a sistemas operacionais, linguagens de programação, banco de dados e conexões que são utilizados para suportar a computação móvel em empresas distribuidoras de energia elétrica, onde se tem por objetivo demonstrar os caminhos e possibilidades mais promissoras a serem seguidos de acordo com as necessidades de implementação de cada programa.

Nesta metodologia, um maior enfoque é dado para à Linguagem Java, devido a sua característica de portabilidade e aos aspectos de integração entre o J2ME (*Java Micro Edition*), PHP (*PHP: Hypertext Preprocessor*) e Web Server (Servidores Web). Isto se comprova, pois para os testes foram utilizados PDAs com configurações, modelos e marcas diversas, de forma a validar J2ME como uma linguagem multiplataforma, onde um mesmo código fonte pode ser portado para plataformas distintas.

Esta metodologia propõe o uso de uma diversidade de dispositivos, para assim avaliar quais as características de hardware e softwares que devem ser observadas em cada situação de aplicação de dispositivos móveis em sistemas de energia, e assim também demonstrar formas de melhorar o desempenho de aplicações, utilizando alternativas que supram as deficiências dos dispositivos em cada caso estudado.

Assim esta metodologia propõe a realização de testes comparativos de acessos concorrentes, conexões físicas, conexões lógicas, interface gráfica, projeção de gráficos, cálculos

com valores inteiros, valores inteiros e emuladores, e cálculos com valores reais, onde os métodos para execução de cada um destes testes são detalhados antes da demonstração de cada resultado obtido.

1.4. Divisão da Dissertação

Esta dissertação está organizada em cinco capítulos. O presente capítulo apresenta o contexto do estudo, através do tema, sua importância e objetivos. O capítulo 2, apresenta a computação móvel, suas tecnologias, sistemas operacionais, linguagens de programação, banco de dados e conexões. O capítulo 3 apresenta os testes realizados, de desempenho e de acesso a base de dados, pelos dispositivos móveis. O capítulo 4 apresenta a aplicabilidade das tecnologias apresentadas de acordo com as necessidades e importância para a área de sistemas de energia, também apresenta as aplicações desenvolvidas, descrevendo e comentando suas vantagens e desvantagens. O capítulo 5 apresenta as conclusões obtidas com o trabalho, bem como descreve os próximos passos a serem realizadas nesta linha de pesquisa.

2.COMPUTAÇÃO MÓVEL

Computação móvel é um novo conceito em termos de facilidade e disponibilidade de informações. Devido à definição de computação móvel, um dispositivo para este fim deve ter a capacidade de realizar processamento, trocar informações via rede e ser capaz de ser transportado facilmente pelo seu usuário [5]. Estas são características desejáveis para quem precisa de informações para tomada de decisões a todo instante e em qualquer lugar.

Uma das características da computação móvel é a utilização de diversas tecnologias de software e hardware, as quais estão em contínuo avanço e apresentam uma dinâmica de modificações e características muito rápidas. Apresenta-se, a seguir um, resumo das principais tecnologias, discutindo-se definições, serviços e aplicações em potencial na área de sistemas de energia.

2.1. Sistemas Operacionais

Existem vários sistemas operacionais para plataformas de dispositivos móveis. Nesta dissertação são apresentados comentários sobre os três sistemas operacionais mais difundidos para dispositivos móveis, com uma breve explanação do seu uso nos estudos e testes implementados.

2.1.1. Sistema Operacional Windows CE[®]

O sistema operacional para dispositivos móveis Windows CE[®] [6] foi lançado em 1996, na mesma época em que foi lançado o *PalmPilot*[®] [7], e foi desenvolvido pela Microsoft[®] [6] para a utilização em PDA. Este sistema está em constante evolução e conta com vários adeptos, pois uma de suas peculiaridades é a semelhança ao Windows[®] [6], inclusive possui ferramentas tradicionais para esta plataforma como Excel[®] [6] e Word[®] [6]. A Microsoft possui ferramentas de desenvolvimentos para plataformas de dispositivos móveis, porém, o uso destas ferramentas de programação tornaria o projeto exclusivo para sistemas Windows CE[®]. Desta forma, reforça-

se a necessidade de um ambiente de desenvolvimento que atenda as necessidades não apenas de um, mas de vários sistemas operacionais.

Os dispositivos onde inicialmente o Windows CE[®] deveria ser o sistema operacional eram maiores, mais lentos e mais caros, mas o maior problema era que eram mais difíceis de utilizar que os Palm[®], pelo que a quota de mercado dos aparelhos com Windows CE[®], conhecidos por Handheld PC, era baixa.

Desde seu lançamento, em 1996, o sistema sofreu várias alterações e melhorias, que foram atribuídas as novas versões descritas a seguir.

a) Windows CE 1.0[®]

Primeiro sistema lançado pela Microsoft[®] em Outono de 1996.

b) Windows CE 2.0[®]

Lançado em 1997 coincidiu com a introdução do primeiro Handheld PC.

c) Windows CE 2.11[®]

Lançado em 1998, com várias melhorias:

- maior espaço de armazenamento;
- suporte para console de comandos;
- nova plataforma de desenvolvimento para programadores.

Windows CE 3.0[®] e a plataforma Pocket PC 2000[®]

Lançado em meados de 2000, com as seguintes melhorias:

- melhorado o suporte de execução em tempo real;
- aumento dos níveis de prioridade das *threads*.

Teve como destaque a introdução de *shell's* conhecidas com *Pocket PC 2000[®]* e *Pocket PC 2002* em 2001, que são, no fundo, uma camada de apresentação e interface entre o utilizador e o S.O. propriamente dito e que fornecem versões *Pocket* de algumas aplicações base da Microsoft como o *Pocket Word[®]* e o *Pocket Excel[®]*.

Windows CE 4.0 (CE. NET)[®]

Lançado em 2002, com as seguintes melhorias:

- conectividade extensivamente melhorada especialmente *Wi-Fi, Bluetooth*;
- substituição do Pocket IE[®] por uma versão do IE 5.5[®] para o Windows CE[®];
- suporte para a nova geração de protocolos TCP/IPv6;
- suporte para *SmartCard*;
- melhorada a gestão de energia.

É lançada também a versão Pocket PC Phone Edition[®]. Esta versão permite tirar proveito das tecnologias e juntar num mesmo aparelho um PDA e um telefone celular. Esta tecnologia passou a ser conhecida como *smartphone*.

2.1.2. Sistema Operacional Symbian[®]

O sistema operacional Symbian[®] [8] foi desenvolvido a partir do Psion[®] software, pelo grupo de empresas Nokia[®][9], Motorola[®][10], Ericsson[®][11], Panasonic[®][12] e Siemens[®] [13].

O Symbian OS[®] teve como base um sistema multitarefa de 32 bits conhecidos como EPOC[®] da Psion[®]. Este sistema foi projetado especificamente para dispositivos móveis, possuindo uma grande quantidade de recursos *Office Tools*, como gerenciamento automático de energia e arquiteturas modular de *microkernel*, e a partir da versão cinco passou a se chamar Symbian OS[®][17].

Para esta dissertação os estudos sobre computação móvel não foram focalizados em sistemas Symbian[®], pois eles têm seu uso mais direcionado para aparelhos celulares, como os da Nokia[®], por exemplo. Outro fator de decisão foi que a programação para Symbian[®] é muito restrita e complexa, por causa dos mecanismos que limitam o consumo de recursos [17]. Por fim, o sistema Symbian[®] já possui uma *VM (Virtual Machine)* [14] para rodar aplicações em J2ME[14], tornando compatível com as aplicações desenvolvidas para as outras plataformas.

2.1.3. Sistema Operacional Palm OS[®]

O sistema operacional para dispositivos móveis Palm OS[®] foi desenvolvido pela Palm[®], sendo utilizado nos produtos da Palm[®], Handspring, TRG e Cli da Sony[®] [16]. Este sistema chama atenção por ser rápido e bastante flexível. Possui uma plataforma de desenvolvimento baseada em C++, que apresenta bons resultados de desempenho conforme C.O. Preto descreve em[2], porém tornaria o projeto dependente desta tecnologia.

2.2. Linguagens de Programação

A linguagem de programação JAVA[14] é um dos enfoques principais dessa dissertação. As próximas seções apresentam as justificativas para a escolha desta linguagem no desenvolvimento dos aplicativos utilizados.

2.2.1. Porque foi Escolhido Java

O foco desta dissertação é estudar alternativas em dispositivos móveis como solução para o apoio a tomada de decisão na operação de sistemas de distribuição de energia elétrica. Para atender aos objetivos propostos, foram pesquisadas diversas linguagens de programação que tivessem como característica principal a independência de hardware e software. Em função da característica WORA (*Write Once, Run Anywhere*), Java foi a escolha mais adequada para estes estudos considerando o avanço das tecnologias de dispositivos móveis, o número de modelos e recursos para celulares e PDAs cada vez maiores, além de ainda não existir uma preferência quanto a sistemas operacionais para estes dispositivos, produzir programas que sejam multiplataforma é sem dúvida um diferencial de mercado e de pesquisa para o grupo GSEE (Grupo de Sistemas de Energia Elétrica).

Devido as suas características e facilidades, a linguagem Java tem cada vez mais adeptos, pois permite um rápido e consistente desenvolvimento de aplicações e uma diversidade de API (*Application Program Interface*) para sistemas distribuídos[3]. A idéia de que Java é uma linguagem de programação da qual resultam programas pesados está desaparecendo. Atualmente já é possível executar programas escritos em Java em sistemas de recursos limitados, como os telefones móveis e PDAs [3]. Para demonstrar isto, foram desenvolvidos programas para testarem o desempenho das diferentes VM - *Virtuais Machines* em diferentes dispositivos móveis.

A decisão por escolher esta linguagem como carro chefe para desenvolvimento das aplicações deste projeto ocorreu após vários testes de programas visando a comprovar os conceitos desta plataforma e verificar se atendiam às necessidades impostas pelo projeto. Também foi realizada uma revisão bibliográfica para buscar sustentação teórica no que diz respeito às qualidades e funcionalidades desta plataforma.

Aplicações em J2ME (*Java Micro Edition*) [14] como as MIDlet [14] podem rodar em praticamente qualquer dispositivo de comunicação móvel que implemente uma JVM (*Java*

Virtual Machine) e MIDP (*Mobile Information Device Profile*) [14]. Isto encoraja desenvolvedores a investirem tempo e recursos na construção de aplicações para dispositivos de comunicação móvel sem o risco de que a aplicação seja dependente dos dispositivos[19].

Atualmente, a produção de dispositivos móveis em todo o mundo já é bem superior à de PCs, o que criou um mercado em potencial para desenvolvimento de sistema para dispositivos móveis. Dentre as ferramentas para desenvolvimento, a principal é J2ME [20], a qual é uma ferramenta robusta e segura, sendo independente de plataformas, o que significa que a mesma aplicação pode ser empregada em PDA e telefones celulares com diferentes sistemas sem fazer nenhuma mudança ao código fonte[21].

2.3. A Linguagem Java

Quando se fala de Java, não se refere apenas a uma linguagem de programação, mas sim a uma plataforma de desenvolvimento dividida em três enfoques, conforme mostra a Figura 2-1.



Figura 2-1 Plataforma Java.

As próximas seções apresentam as diferentes plataformas de desenvolvimento em Java.

2.3.1. J2SE

Java Second Edition (apesar de não ser esta a plataforma em que será desenvolvido o projeto) deve estar devidamente instalado na máquina em que será programado o sistema para J2ME, pois o *Wireless ToolKit*, utiliza J2SE para gerar os programas para aplicativos móveis.

2.3.2. J2EE

Java Enterprise Edition, ou J2EE, é própria para desenvolvimento de sistemas, pois é voltada para aplicações multi-camadas e baseada em componentes que rodam no servidor, sendo muito útil para o projeto, pois facilita e serve de intermediário entre o banco de dados e a aplicação do dispositivo móvel.

2.3.3. J2ME

Java Micro Edition, ou simplesmente J2ME, é a plataforma que a *Sun Microsystems*[®] desenvolveu para atender o segmento de mercado de programação para dispositivos com pouca capacidade de memória e processamento, como TVs digitais, telefones celulares, sistemas de navegação automotiva, PDAs, Pagers, Palms, e qualquer outro dispositivo que possa rodar uma VM (*Virtual Machine*), ou no caso desta plataforma KVM (*Kilobyte Virtual Machine*) [15]. As soluções baseadas em VM com J2ME são uma das mais poderosas e promissoras para o futuro[22].

2.3.4. KVM

No caso da plataforma J2ME, a máquina virtual é a KVM (*Kilobyte Virtual Machine*), a qual tem este nome devido a ser implementada para rodar em dispositivo com memória menor que um Mega, ou seja, medidas em Kbytes. Na Figura 2-2 é apresentada a relação entre os diversos componentes do sistema.

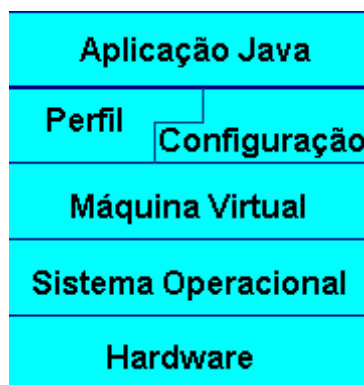


Figura 2-2 Arquitetura J2ME.

2.3.5. Configurações

J2ME possui configurações que especificam o hardware, são as definições mais básicas da *virtual machine*, que são depois complementados com um "perfil". As configurações, ou *configuration* em que atualmente existem para desenvolvimentos são [15]:

- **CLDC** - (*Connected Limited Device Configuration*), contém um conjunto mínimo de funções para atender dispositivos como Celulares e PDAs.
- **CDC** - (*Connected Device Configuration*), foi desenvolvida para atender dispositivos com maior capacidade de memória e processamento.

2.3.6. Profiles

Cada fabricante de dispositivo pode fornecer uma série de funcionalidades próprias para os dispositivos, são os casos dos "perfis", ou seja, uma API com os principais recursos do aparelho que complementam os configurações, tal como o MIDP (*Mobile Information Device Profile*) [15], o qual é o perfil mais utilizado pelos desenvolvedores de aplicações para dispositivos móveis que utilizam J2ME. Existem dois perfis disponíveis para desenvolvimento, o 1.0 e o 2.0.

Os programas desenvolvidos utilizando MIDP são chamados de MIDlets da mesma forma que as demais aplicações Java como as *Servlets* e as *Applets* [15].

2.3.7. VM - Virtual Machine

A plataforma Java roda sobre uma máquina virtual, também conhecida como Virtual Machine – VM, que é um emulador de hardware que executa os arquivos compilados em formato *bytecode*, sendo assim, o programa poderá ser executado em qualquer hardware de qualquer equipamento, com qualquer sistema operacional, desde que possua a VM adequada.

O kit de desenvolvimento escolhido para programar os protótipos foi WEME (*WebSphere Everyplace Micro Environment*), que é a implementação da *Java Virtual Machine Specification*, Versão 1.3 da IBM® [18]. Esta escolha baseia-se no fato de que WEME é compatível com uma variedade de sistemas operacionais para dispositivos móveis, incluindo o

Microsoft Windows[®], Linux, Palm OS[®], Pocket PC[®], Symbian[®], entre outros, e sua arquitetura de hardware é compatível com processadores Intel[®] x86, xScale, ARM, MIPS, SH4, e PowerPC.

O *WebSphere Everyplace Micro Environment* é um produto certificado Ativado por Java, desenvolvido por um acordo entre a IBM[®] e a Sun Microsystem[®][23].

2.3.8. Segurança em J2ME

Uma questão em debate nos fóruns de discussão sobre programação para celulares é o aspecto de segurança quanto às novas aplicações desenvolvidas em linguagem de programação Java, como por exemplo, vírus e programas que possam acessar dados privados do proprietário do celular. A grande base de desenvolvimento nesta plataforma fez dela um alvo para ataques de segurança. [24]. Como um grande número de aplicações podem ser disponibilizados por dispositivos com Java embarcado, a segurança é um parâmetro importante[25]. Esta questão é tratada pela VM do equipamento, a qual aloca um espaço independente de memória, chamado "sand-box", o qual limita o acesso às aplicações do fabricante do celular. Além disso, a nova MIDP 2.0 introduz novos conceitos e mecanismos de segurança[26].

2.4. Banco de Dados

Apesar do avanço tecnológico sobre os PDAs, armazenar grande quantidade de dados em dispositivos móveis não é tarefa fácil, devido às limitações de hardware. Existem vários sistemas gerenciadores de banco de dados para dispositivos móveis, os quais variam de acordo com o sistema operacional e a capacidade do dispositivo.

Nem sempre o acesso às informações em tempo real será alcançado, devido a possíveis limitações dos dispositivos móveis e do sistema de transmissão de dados. Para esses casos, deve ser utilizada uma base de dados adequada ao dispositivo móvel em questão. Dessa forma, os dados serão primeiramente carregados da base de dados para o dispositivo móvel e posteriormente usados por ele. Isto torna o acesso às informações mais rápidas, pois não é necessário abrir uma conexão a cada nova consulta ao sistema, uma vez que os dados já estão devidamente armazenados no dispositivo, permitindo-se trabalhar de forma off-line, em casos onde os PDAs não estarão trabalhando 100 % em área coberta por conexões *wireless*.

É importante também ressaltar que, mesmo em casos de localidades com cobertura total da rede *wireless*, não é prudente utilizar o acesso a informações em tempo real através da rede,

pois ainda é uma das deficiências dos PDAs o consumo de energia para manter uma conexão on-line, o que reforça o uso de uma base de dados interna e com acessos esporádicos para atualizações.

Na Figura 2-3, estão representadas as três bases de dados que ficarão distribuídas no sistema para realização dos testes.



Figura 2-3 Bases de dados utilizadas nos sistemas desenvolvidos.

A primeira base, representada de cor azul claro, tem a função de armazenar os dados que são utilizados pelo PDA e receber atualizações esporádicas de acordo com a necessidade. A base de sincronização, ao lado do *Notebook* na Figura 2-3, é utilizada para sincronizar os dados dos PDAs para futuramente serem enviados para a base de dados principal.

2.4.1. A Base de Sincronização

Conforme mostra a Figura 2-4, a base de sincronização é uma ferramenta de utilidade em trabalhos de campo para as equipes de eletricitas, pois permite que os dados sejam sincronizados entre os demais dispositivos de uma forma mais rápida e organizada conforme mostra o exemplo na Figura 2-4. Outra utilidade é permitir a reunião de todos os dados coletados pelos diversos equipamentos em uma única base de dados para depois serem enviados, evitando assim a necessidade de várias conexões para envio de informações.



Figura 2-4 Palm sincronizando com Base de Sincronização.

2.4.2. Banco de Dados Principal

Contém todas as informações que estão contidas no cadastro do sistema elétrico, que em muitos casos devido a sua estrutura e relacionamento entre tabelas apresentar grande complexidade, torna necessário o desenvolvimento de um sistema intermediário para filtrar e preparar os dados para importação e exportação a um dispositivo móvel. A base de dados principal deve ser implementada em um sistema robusto, tanto de hardware como software, conforme é representada na Figura 2-5.



Figura 2-5 Servidor de Dados Principal

2.4.3. XML

XML (*Extensible Markup Language*) é uma linguagem de marcação de dados (*meta-markup language*) que oferece um formato para descrever dados estruturados. Essa forma facilita declarações do conteúdo e resultados mais significativos de busca mediante múltiplas plataformas [27].

A XML permite que o usuário crie os seus próprios conjuntos de elementos de marcação. Além disso, XML busca executar o que seria a verdadeira função de uma linguagem de marcação: descrever o conteúdo de um documento, e não como ele deve ser exibido[28]. Assim, uma forma de organizar os dados dentro de um PDA é com o uso de XML, pois isto permite armazenar estruturas diferentes em um sistema de armazenamento simplificado.

Com as marcações personalizadas da XML torna-se possível a estruturação dos dados, que posteriormente poderão ser recuperados e facilmente utilizados de diversas maneiras[28]. Após os dados serem lidos, eles devem ser interpretados e, para isto, usa-se a biblioteca kXML [29], por ser uma biblioteca simples e leve, conforme pode ser visto na Tabela 2-1.

Tabela 2-1 Bibliotecas para interpretação de código xml.

Nome	Tamanho	MIDP	Tipo
ASXMLP	5kB	Sim	Push,Model
kXML	21 kB	Sim	pull
MinML	14 kB	Não	push
TinyXML	12 kB	Não	model
Xparse-J	6 kB	Sim	model

Todos os interpretadores apontados são potencialmente boas soluções para realizar interpretação de XML em aplicações para MIDP. No entanto o kXML parece ser o mais estável [30]. Existem outros interpretadores com implementações muito pequenas em nível de tamanho final das classes, que seriam também bons candidatos para o J2ME. No entanto, uma vez que necessitam ser portados para J2ME, alguns são fortemente baseados nas APIs do J2SE e não faz sentido, neste estudo, considerá-los[30].

Comunicações

O rápido crescimento das redes com tecnologias sem fio e que suportam dispositivos de computação móvel tem prometido um novo ambiente para trabalhos com mobilidade [31]. Redes *wireless* com tecnologias como as 802.11, 3G celular e *Bluetooth* são um passo natural na

evolução dos computadores e telecomunicações [32]. Os dispositivos móveis possuem várias formas de acesso a rede *wireless*, como *Wi-Fi*, *IR (Infra Red)*, *Bluetooth* e a rede de comunicação das empresas de telefonia celular. A seguir, descreve-se, de forma resumida, as principais formas de comunicação utilizadas por dispositivos móveis.

Wi-Fi

A Figura 2-6 mostra a conexão *Wi-Fi*, criado pelo conjunto de normas 802.11 do *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)* [34]. *Wi-Fi* é a abreviatura de “*wireless fidelity*”, a qual utiliza a banda a uma capacidade de 2,4 Ghz e suporta velocidades de até 11 Mbps. Apesar de possuir um alcance maior e também maior taxa de transferência de dados do que o *Bluetooth*, tem a desvantagem de consumir muita energia do dispositivo, o que diminui o tempo de uso do aparelho e reforça a idéia proposta neste projeto de que os PDAs devem possuir uma base de dados interna e somente acessar a rede em períodos esporádicos para atualização dos dados. Este assunto será abordado posteriormente.



Figura 2-6 Comunicação *Wi-Fi*.

Rede Celular

A Figura 2-7 corresponde às estruturas e tecnologias atuais das redes das companhias de telecomunicações de dispositivos móveis, permitindo um acesso com maior área de cobertura, pois utiliza as redes de telefonia já existentes, porém há um custo ainda a ser analisado, para a agregação desta tecnologia em projetos.

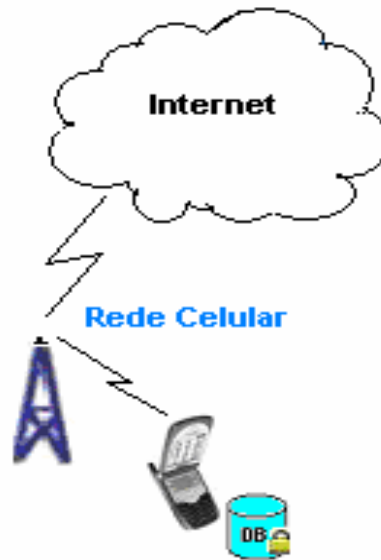


Figura 2-7 Uso da rede celular.

Bluetooth

A tecnologia *Bluetooth* utiliza a transmissão de rádio-freqüência na banda de 2,4 GHz ISM (Indústria, Médica, Científica) [35] sendo um padrão de comunicação digital sem fio de curto alcance que envia dados e voz em formato digital de forma limpa e clara em até 10 metros de distância. Seu uso se destaca por consumir menos energia que a tecnologia *Wi-Fi* e, apesar do curto alcance, tem função importante para comunicação e sincronização de dados entre os dispositivos móveis, conforme mostra a Figura 2-8.

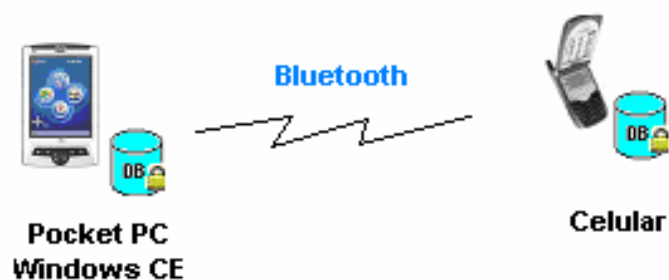


Figura 2-8 Comunicação *Bluetooth*.

Comunicação entre Dispositivos

Outra forma de comunicação já empregada nos dispositivos atuais é o compartilhamento de conexão. A Figura 2-9 mostra como um PDA acessaria via *Bluetooth* um aparelho celular que por sua vez proveria acesso à internet através do acesso a rede de telefonia celular, permitindo que dispositivos com sistema de telecomunicação de curto alcance possam fazer acesso de longo alcance.

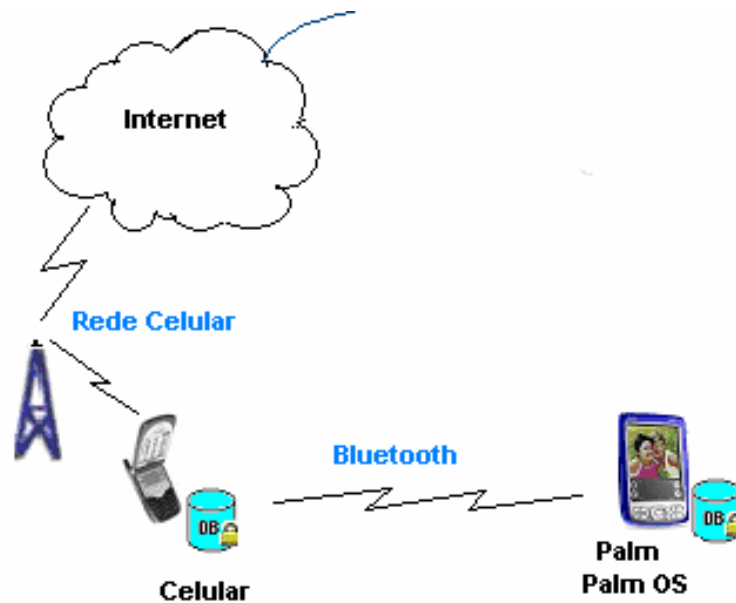


Figura 2-9 Comunicação compartilhada.

2.5. Conexões

Os dispositivos móveis possuem características relacionadas as conexões de rede muito diferentes dos demais dispositivos e, principalmente, quando comparados a computadores comuns. Isso levou à necessidade de se criar uma biblioteca específica de tratamento de conexões na configuração CLDC [20].

No *Generic Connection Framework* da CLDC, todas as conexões são criadas usando o comando "open" da classe "Connector". Se a conexão for bem sucedida, este método retorna um objeto que implementa uma interface genérica de conexão, conforme mostra a Figura 2-10 [15].

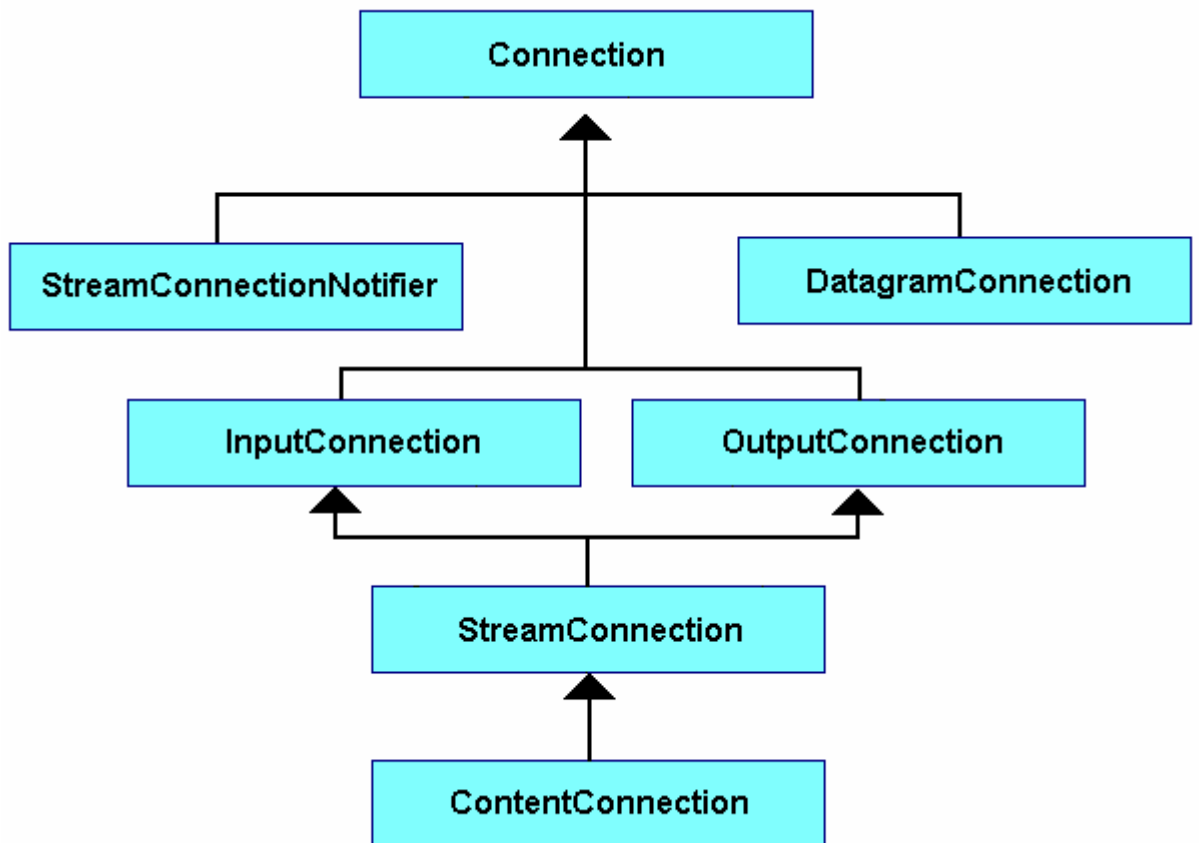


Figura 2-10 Hierarquia da Interface de Conexão.

A Tabela 2-2 [20], apresenta a descrição de cada uma das interfaces de conexão representadas na Figura 2-10, a qual foram utilizadas para desenvolver os testes de conexão, por parte dos programas clientes.

Tabela 2-2 Interfaces de Conexões.

Interfaces	Descrição
Connection	Interface mais básica que representa uma conexão genérica.
ContentConnection	Interface relacionada com uma conexão de stream na qual é passado algum tipo de conteúdo.
Datagram	Interface que defini algum tipo de pacote de datagrama.
DatagramConnection	Interface que define quais capacidades uma conexão de datagrama deve possuir
InputConnection	Conexão de entrada para leitura de dados de possuir.
OutputConnection	Interface que define quais capacidades uma conexão de saída para escrita de dados deve possuir.
StreamConnection	Interface que define quais capacidades uma conexão seqüencial de dados deve possuir.
StreamConnectionNotifier	Essa interface é utilizada para indicar quais recursos poderão ser notificados em uma conexão seqüencial de dados.

Para o lado do servidor, foi utilizadas uma integração J2ME, Webserver e PHP[36], conforme descrito no item 2.6.

2.6. Integração J2ME , Webserver e PHP

O acesso por parte do dispositivo móvel se dá através de uma integração de J2ME (*Java 2 Platform, Micro Edition*) com PHP (*Hypertext Preprocessor*).

Primeiramente, a aplicação escrita em J2ME no dispositivo móvel monta uma requisição http e para isto, adiciona a ela os parâmetros que serão passados à aplicação PHP. Posteriormente, é aberta uma conexão HTTP (*HyperText Transfer Protocol*) com o servidor Web através de uma rede TCP/IP, como a Internet, por exemplo.

Do lado do servidor WEB, a aplicação PHP lê os parâmetros enviados e com eles executa as funcionalidades para a qual foi programado.

Após o processamento, a aplicação PHP devolve os valores ao dispositivo móvel. O dispositivo móvel, por sua vez, recebe os valores enviados pela aplicação PHP e os processa de acordo sua funcionalidade.

Uma das vantagens deste método é a diminuição da complexidade na implementação da aplicação servidora, pois as muitas conexões simultâneas feitas por diversos dispositivos móveis são de responsabilidade da aplicação "webserver", deixando para o programador apenas a complexidade das requisições ao banco.








3. TESTES COMPARATIVOS

Não é objetivo desta dissertação comparar desempenho entre marcas e modelos de PDAs, pois não se está referindo a testes de *benchmark*, mas sim, demonstrar as possibilidades e viabilidades de implementações de aplicações para dispositivos móveis para suporte à operação de sistema elétricos. Portanto, este capítulo apresenta uma série de testes comparativos entre dispositivos móveis, sistemas operacionais e acessos a dados, onde se tem por objetivo demonstrar os caminhos e possibilidades mais promissores a serem seguidos de acordo com as necessidade de implementação de cada programa.

Para os testes foram utilizados PDAs com configurações, modelos e marcas diversas, conforme mostra a Tabela 3-1, de forma a validar J2ME como uma linguagem multiplataforma, onde um mesmo código fonte pode ser portado para plataformas distintas.

A diversidade de dispositivos utilizados nos testes permite avaliar quais as características de hardware e softwares que devem ser observadas em cada situação de teste, e assim também demonstrar formas de melhorar o desempenho de aplicações, utilizando alternativas que supram as deficiências dos dispositivos em cada caso estudado.

Tabela 3-1 Descrição das características dos dispositivos móveis usados nos estudos.

Dispositivo Móvel	Conexões	Hardware	Softwares
PDA PALM ZIRE 72 	Wireless: Bluetooth Infravermelho Cabo: USB	Processador: Intel ARM 312 MHz Memória: 32 MB RAM	Sistema Operacional: Palm OS 3.5
PDA PALM ZIRE 72 Silver 	Wireless: Bluetooth Infravermelho Cabo: USB	Processador: Intel ARM 312 MHz Memória: 32 MB RAM	Sistema Operacional: Palm OS 5.2.8
Celular Samsung SPH-I330 	Wireless: AMPS 800 / CDMA 8000 Infravermelho Cabo: USB	Wireless: AMPS 800/CDMA 8000 Infravermelho Cabo: USB	Sistema Operacional: Palm OS 3.5
PDA Palm m130 	Wireless: Infravermelho Cabo: USB 1.1	Processador: Motorola 16 MHz Memória: 2 MB RAM 2 MB ROM	Sistema Operacional: Palm OS 4.1
PDA Palm m150 	Wireless: Infravermelho Cabo: USB 1.1	Processador: Motorola VZ 33 MHz Memória: 8 MB RAM 4 MB ROM	Sistema Operacional: Palm OS 4.1
Pocket PC HP iPAQ h1910 	Wireless: Infravermelho Cabo: USB	Processador: Intel XScale 200 MHz Memória: 48 MB RAM 16 MB ROM	Sistema Operacional: Microsoft Windows Mobile for Pocket PC 2002
Pocket PC HP iPAQ h5500 	Wireless: Wi-Fi 802.11b Bluetooth Infravermelho Cabo: USB	Processador: Intel XScale 400 MHz Memória: 128 MB RAM 48 MB ROM	Sistema Operacional: Microsoft Windows Mobile for Pocket PC 2003

3.1. Testes e Acessos

Para testar a velocidade de acesso às informações do servidor, foram usadas três formas de acessos: Cabo USB, Bluetooth e *Wi-Fi*. Este meios de acesso foram selecionados por serem os mais comuns e utilizados em PDAs para comunicação em rede.

Este teste não tem como intuito definir qual a melhor forma de conexão, mas sim demonstrar de forma prática as possibilidades de acesso, bem como instruir a quem possa vir a desenvolver projetos nesta área, sobre sua melhor utilização de acordo com a natureza da aplicação pretendida.

Para formar pontos de referência que sirvam de parâmetros, foram usadas três faixas de valores para serem buscadas do servidor: 256, 512 e 1024 bytes, respectivamente. Estes valores são obtidos do servidor de duas formas:

- **Dinamicamente:**

Através de três aplicações escritas em linguagem PHP e executadas no servidor que geram a quantidade de bytes necessária para cada tipo de acesso.

- **Estaticamente:**

Através de três arquivos criados com os respectivos tamanhos 256 bytes, 512 bytes e 1024 bytes.

Por parte da aplicação cliente, ou seja, dos PDAs, foram desenvolvidos programas de acesso, adequado a cada uma das características de conexões pretendidas, conforme mostra a Figura 3-1.



Figura 3-1 Tela do programa desenvolvido para testar conexões.

O programa citado na Figura 3-1 é denominado TesteHTTP, e realiza uma bateria de 10 acessos por teste, retornando para cada teste:

- **Índice:** que identifica a ordem do teste.
- **Tempo:** o período medido em milisegundos para a conexão de um índice.
- **Tamanho:** quantidade de bytes recebida por índice de conexão. Este é um campo importante e bem observado, pois não basta apenas medir o tempo de acesso, mas também verificar se todos os dados foram transmitidos corretamente.

3.2. Teste das Conexões Físicas

O primeiro teste de conexões apresentado nesta dissertação visa demonstrar o perfil dos três meios de acesso mais comuns em dispositivos móveis. *Bluetooth*, *Wi-Fi*, e Conexão via cabo.

Para este propósito utilizou-se dispositivos Palm Zire 72 Silver e um Pocket PC iPAQ h5500, Figura 3-2, ambos devidamente equipados com os meios físicos de acesso necessários para os testes.



Figura 3-2 Dispositivos utilizados nos testes.

Os resultados dos testes realizados com o uso dos dispositivos mostrados na Figura 3-2 são apresentados nas próximas seções e tabelas.

3.2.1. Teste do Bluetooth com PDA Zire 72

Dispositivo Móvel: Palm Zire 72

Sistema Operacional: Palm OS 5.8.2

Dispositivo de Rede: USB Bluetooth Device

Virtual Machine: J9 - MIDP 2.0

Conexão: <http://10.30.71.6/consultas/system.php> (http/POST)

Tabela 3-2 Teste do Bluetooth com PDA Zire 72 (1024 bytes).

1º Sequência	2º Sequência	3º Sequência	4º Sequência	5º Sequência
1º-4310 ms	1º-3990 ms	1º-3970 ms	1º-3430 ms	1º-4730 ms
2º-1530 ms	2º-1530 ms	2º-1520 ms	2º-1520 ms	2º-1520 ms
3º-1560 ms	3º-1560 ms	3º-1560 ms	3º-1590 ms	3º-1610 ms
4º-1530 ms	4º-1520 ms	4º-1530 ms	4º-1530 ms	4º-1550 ms
5º-1570 ms	5º-1560 ms	5º-1550 ms	5º-1540 ms	5º-1520 ms
6º-1620 ms	6º-1580 ms	6º-1580 ms	6º-1500 ms	6º-1520 ms
7º-1600 ms	7º-1560 ms	7º-1560 ms	7º-1520 ms	7º-1570 ms
8º-1590 ms	8º-1600 ms	8º-1590 ms	8º-1550 ms	8º-1580 ms
9º-1550 ms	9º-1580 ms	9º-1570 ms	9º-1560 ms	9º-1550 ms
10º-1560 ms	10º-1630 ms	10º-1570 ms	10º-1610 ms	10º-1570 ms

Tabela 3-3 Teste do Bluetooth com PDA Zire 72 (512 bytes).

1º Sequência	2º Sequência	3º Sequência	4º Sequência	5º Sequência
1º-3240 ms	1º-3040 ms	1º-3090 ms	1º-3140 ms	1º-3060 ms
2º-880 ms	2º-830 ms	2º-830 ms	2º-880 ms	2º-1410 ms
3º-840 ms	3º-860 ms	3º-860 ms	3º-860 ms	3º-850 ms
4º-870 ms	4º-850 ms	4º-850 ms	4º-860 ms	4º-860 ms
5º-840 ms	5º-870 ms	5º-810 ms	5º-860 ms	5º-850 ms
6º-860 ms	6º-880 ms	6º-880 ms	6º-860 ms	6º-870 ms
7º-850 ms	7º-860 ms	7º-890 ms	7º-860 ms	7º-840 ms
8º-860 ms	8º-910 ms	8º-850 ms	8º-870 ms	8º-880 ms
9º-850 ms	9º-890 ms	9º-870 ms	9º-880 ms	9º-900 ms
10º-950 ms	10º-890 ms	10º-890 ms	10º-860 ms	10º-880 ms

Tabela 3-4 Teste do Bluetooth com PDA Zire 72 (256 bytes).

1º Seqüência	2º Seqüência	3º Seqüência	4º Seqüência	5º Seqüência
1º-3490 ms	1º-3240 ms	1º-2620 ms	1º-3380 ms	1º-3130 ms
2º-630 ms	2º-630 ms	2º-660 ms	2º-1180 ms	2º-620 ms
3º-700 ms	3º-700 ms	3º-650 ms	3º-640 ms	3º-660 ms
4º-700 ms	4º-650 ms	4º-650 ms	4º-670 ms	4º-640 ms
5º-620 ms	5º-660 ms	5º-660 ms	5º-630 ms	5º-650 ms
6º-690 ms	6º-680 ms	6º-660 ms	6º-700 ms	6º-660 ms
7º-680 ms	7º-630 ms	7º-650 ms	7º-660 ms	7º-660 ms
8º-610 ms	8º-680 ms	8º-640 ms	8º-640 ms	8º-630 ms
9º-680 ms	9º-660 ms	9º-630 ms	9º-660 ms	9º-650 ms
10º-640 ms	10º-670 ms	10º-640 ms	10º-630 ms	10º-670 ms

Todos os testes demonstrados nas Tabela 3-2, Tabela 3-3 e Tabela 3-4 mostram que a primeira interação com o servidor exige mais tempo para retornar uma resposta, o que indica que não é conveniente desenvolver aplicações que solicitem apenas um valor por acesso quando o tempo de acesso for crucial para o programa.

A Figura 3-3 demonstra que os acessos subsequentes à primeira conexão levam menos da metade do tempo da primeira interação para retornar uma resposta. Este atraso ocorre devido a necessidade de negociar a conexão entre cliente e servidor antes da solicitação dos dados.

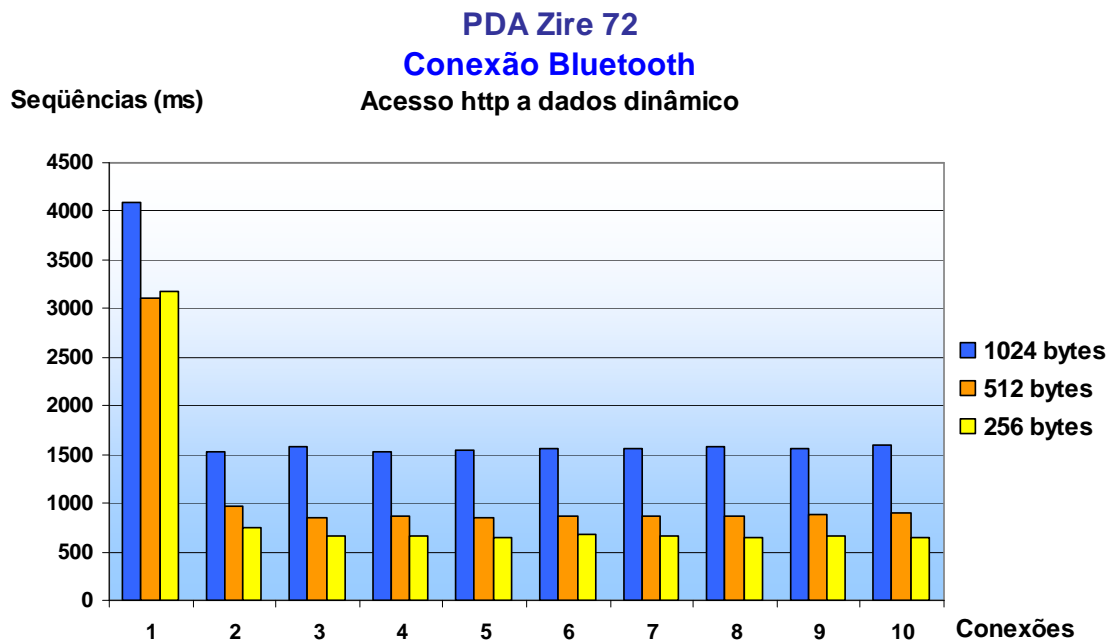


Figura 3-3 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-2, 3-3 e 3-4.

Uma forma de contornar este inconveniente é transmitir um conjunto de dados maiores a cada acesso, mantendo estes dados armazenados no PDA para posterior uso. Assim, é possível ganhar tempo e performance para aplicação e, também, economizar a bateria do dispositivo, que tende a consumir mais energia com os acessos freqüentes via *wireless*.

3.2.2. Testando Cabo USB com PDA Zire 72

Dispositivo Móvel: Palm Zire 72

Sistema Operacional: Palm OS 5.8.2

Dispositivo de Rede: Cabo USB

Virtual Machine: J9 - MIDP 2.0

Conexão: <http://10.30.71.6/consultas/system.php> (http/POST)

Tabela 3-5 Teste do cabo USB com PDA Zire 72 (1024 bytes).

1º Seqüência	2º Seqüência	3º Seqüência	4º Seqüência	5º Seqüência
1º-5880 ms	1º-4020 ms	1º-4520 ms	1º-3470 ms	1º-3870 ms
2º-1970 ms	2º-1330 ms	2º-1330 ms	2º-1350 ms	2º-1340 ms
3º-1310 ms	3º-1310 ms	3º-1310 ms	3º-1300 ms	3º-1310 ms
4º-1350 ms	4º-1350 ms	4º-1320 ms	4º-1330 ms	4º-1320 ms
5º-1330 ms	5º-1330 ms	5º-1330 ms	5º-1330 ms	5º-1330 ms
6º-1330 ms	6º-1330 ms	6º-1330 ms	6º-1330 ms	6º-1330 ms
7º-1350 ms	7º-1350 ms	7º-1350 ms	7º-1350 ms	7º-1360 ms
8º-1340 ms	8º-1340 ms	8º-1340 ms	8º-1340 ms	8º-1340 ms
9º-1360 ms	9º-1360 ms	9º-1360 ms	9º-1380 ms	9º-1380 ms
10º-1390 ms	10º-1360 ms	10º-1360 ms	10º-1360 ms	10º-1380 ms

Tabela 3-6 Teste do cabo USB com PDA Zire 72 (512 bytes).

1º Seqüência	2º Seqüência	3º Seqüência	4º Seqüência	5º Seqüência
1º-2950 ms	1º-3830 ms	1º-3450 ms	1º-2910 ms	1º-2800 ms
2º-650 ms	2º-660 ms	2º-660 ms	2º-660 ms	2º-640 ms
3º-640 ms	3º-630 ms	3º-630 ms	3º-630 ms	3º-640 ms
4º-650 ms	4º-650 ms	4º-650 ms	4º-650 ms	4º-660 ms
5º-640 ms	5º-640 ms	5º-640 ms	5º-640 ms	5º-640 ms
6º-640 ms	6º-640 ms	6º-640 ms	6º-640 ms	6º-640 ms
7º-660 ms	7º-660 ms	7º-660 ms	7º-660 ms	7º-660 ms
8º-650 ms	8º-650 ms	8º-650 ms	8º-650 ms	8º-650 ms
9º-640 ms	9º-640 ms	9º-640 ms	9º-640 ms	9º-640 ms
10º-660 ms	10º-640 ms	10º-650 ms	10º-650 ms	10º-640 ms

Tabela 3-7 Teste do cabo USB com PDA Zire 72 (256 bytes).

1º Sequência	2º Sequência	3º Sequência	4º Sequência	5º Sequência
1º-2370 ms	1º-2850 ms	1º-3000 ms	1º-2360 ms	1º-2190 ms
2º-1230 ms	2º-430 ms	2º-430 ms	2º-430 ms	2º-430 ms
3º-450 ms	3º-450 ms	3º-450 ms	3º-460 ms	3º-450 ms
4º-430 ms	4º-430 ms	4º-430 ms	4º-450 ms	4º-450 ms
5º-450 ms	5º-450 ms	5º-450 ms	5º-450 ms	5º-430 ms
6º-450 ms	6º-450 ms	6º-450 ms	6º-450 ms	6º-450 ms
7º-730 ms	7º-460 ms	7º-460 ms	7º-430 ms	7º-450 ms
8º-450 ms	8º-450 ms	8º-450 ms	8º-450 ms	8º-460 ms
9º-450 ms	9º-460 ms	9º-450 ms	9º-460 ms	9º-450 ms
10º-460 ms	10º-450 ms	10º-460 ms	10º-450 ms	10º-460 ms

Apesar dos testes com cabo USB apresentarem uma resposta mais rápida, conforme mostra o Figura 3-4, com o gráfico demonstrativo da Tabela 3-5, Tabela 3-6 e Tabela 3-7 não é conveniente desenvolver sistemas que dependam desta forma de acesso, pois o acesso por cabo exige uma configuração prévia do computador e também a instalações de programas adicionais, o que em muitos casos não é possível devido a permissões do sistema operacional impostas pelo administrador da rede. Outro inconveniente desta forma de acesso é a perda parcial da mobilidade com o dispositivo, pois o usuário do sistema fica dependente de um contato direto com computador previamente configurado, toda vez que precisa atualizar os dados.

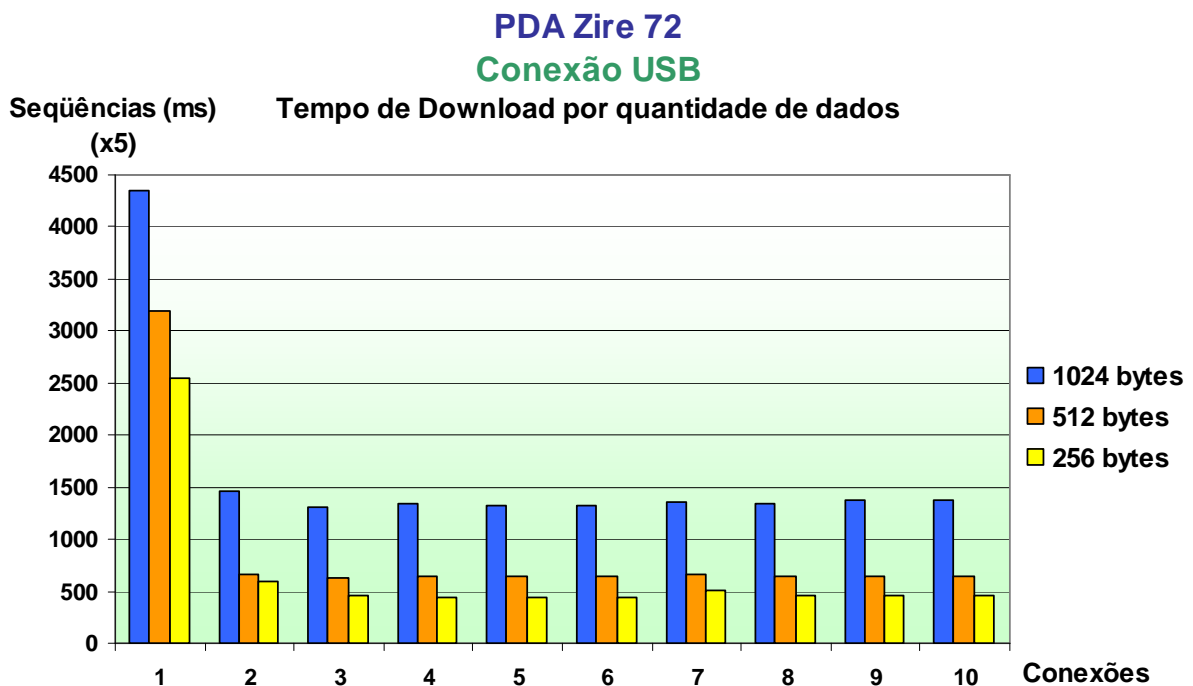


Figura 3-4 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-5, 3-6 e 3-7.

3.2.3. Teste do Wi-Fi com Pocket PC HP iPAQ h5500

Dispositivo Móvel: Pocket PC HP iPAQ h5500

Sistema Operacional: Windows CE

Dispositivo de Rede: Wireless Wi-Fi

Virtual Machine: J9 - MIDP 2.0

Conexão: <http://10.30.71.6/consultas/system.php> (http/POST)

Tabela 3-8 Teste do Wi-Fi com Pocket PC HP iPAQ h5500 (1024 bytes).

1º Seqüência	2º Seqüência	3º Seqüência	4º Seqüência	5º Seqüência
1º-2180 ms	1º-2324 ms	1º-2233 ms	1º-2321 ms	1º-1975 ms
2º-603 ms	2º-600 ms	2º-602 ms	2º-603 ms	2º-1271 ms
3º-576 ms	3º-577 ms	3º-576 ms	3º-578 ms	3º-575 ms
4º-621 ms	4º-621 ms	4º-628 ms	4º-624 ms	4º-624 ms
5º-592 ms	5º-577 ms	5º-571 ms	5º-574 ms	5º-577 ms
6º-610 ms	6º-622 ms	6º-619 ms	6º-619 ms	6º-622 ms
7º-577 ms	7º-573 ms	7º-577 ms	7º-578 ms	7º-574 ms
8º-619 ms	8º-622 ms	8º-1197 ms	8º-622 ms	8º-619 ms
9º-574 ms	9º-592 ms	9º-576 ms	9º-576 ms	9º-582 ms
10º-619 ms	10º-606 ms	10º-621 ms	10º-618 ms	10º-611 ms

Tabela 3-9 Teste do Wi-Fi com Pocket PC HP iPAQ h5500 (512 bytes).

1º Seqüência	2º Seqüência	3º Seqüência	4º Seqüência	5º Seqüência
1º-2933 ms	1º-1981 ms	1º-1765 ms	1º-2049 ms	1º-2009 ms
2º-389 ms	2º-390 ms	2º-388 ms	2º-391 ms	2º-393 ms
3º-319 ms	3º-318 ms	3º-1048 ms	3º-317 ms	3º-312 ms
4º-376 ms	4º-375 ms	4º-377 ms	4º-375 ms	4º-376 ms
5º-300 ms	5º-298 ms	5º-399 ms	5º-297 ms	5º-296 ms
6º-318 ms	6º-320 ms	6º-316 ms	6º-321 ms	6º-318 ms
7º-375 ms	7º-373 ms	7º-376 ms	7º-372 ms	7º-372 ms
8º-295 ms	8º-296 ms	8º-300 ms	8º-300 ms	8º-297 ms
9º-321 ms	9º-320 ms	9º-317 ms	9º-316 ms	9º-319 ms
10º-372 ms	10º-371 ms	10º-375 ms	10º-374 ms	10º-377 ms

Tabela 3-10 Teste do Wi-Fi com Pocket PC HP iPAQ h5500 (256 bytes).

1º Seqüência	2º Seqüência	3º Seqüência	4º Seqüência	5º Seqüência
1º-2100 ms	1º-4278 ms	1º-1821 ms	1º-2072 ms	1º-1782 ms
2º-318 ms	2º-280 ms	2º-318 ms	2º-233 ms	2º-316 ms
3º-269 ms	3º-267 ms	3º-1063 ms	3º-295 ms	3º-270 ms
4º-195 ms	4º-196 ms	4º-196 ms	4º-211 ms	4º-195 ms
5º-298 ms	5º-297 ms	5º-295 ms	5º-325 ms	5º-298 ms
6º-196 ms	6º-194 ms	6º-199 ms	6º-213 ms	6º-196 ms
7º-221 ms	7º-222 ms	7º-220 ms	7º-238 ms	7º-222 ms
8º-270 ms	8º-274 ms	8º-270 ms	8º-296 ms	8º-272 ms
9º-218 ms	9º-227 ms	9º-221 ms	9º-239 ms	9º-220 ms
10º-272 ms	10º-270 ms	10º-271 ms	10º-297 ms	10º-270 ms

Além de ser uma tendência de acesso para os dispositivos móveis e possuir maior alcance, a conexão *Wi-Fi* apresentou o melhor desempenho em relação ao *Bluetooth* e via cabo, conforme mostra a Figura 3-5, com gráfico demonstrativo das Tabelas 3-38, 3-39 e 3-10.

É também comum que nos dispositivos atuais estejam equipados com as três formas de acesso apresentadas anteriormente.

Pocket PC HP iPAQ h5500 Conexão Wi-Fi

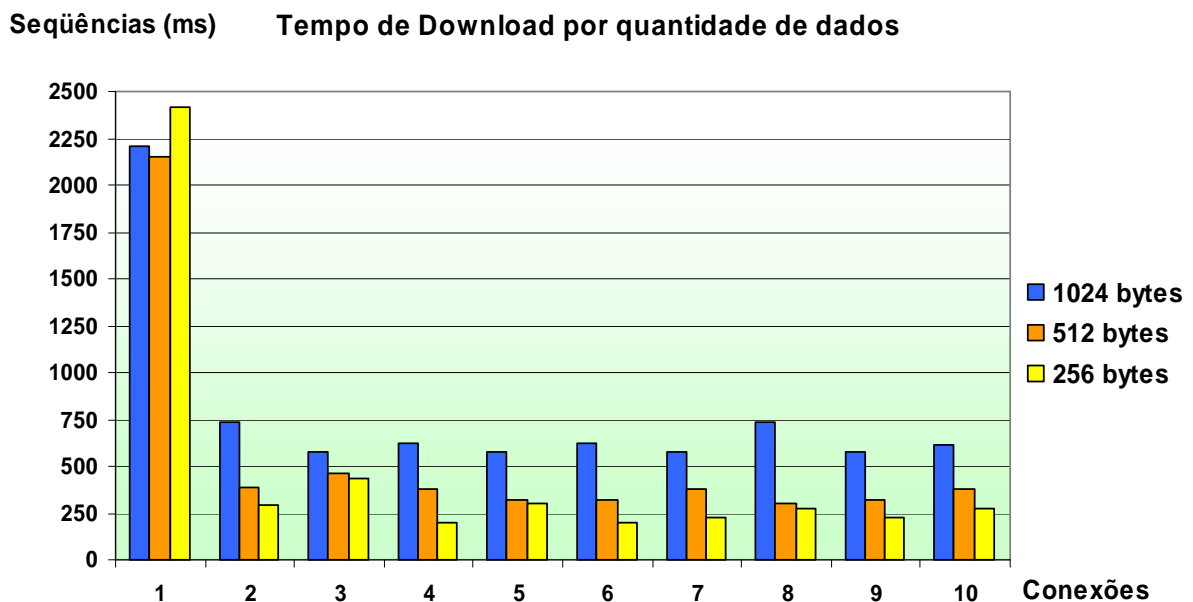


Figura 3-5 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-8, 3-9 e 3-10.

3.2.4. Teste do Bluetooth com Pocket PC HP iPAQ h5500

Dispositivo Móvel: Pocket PC HP iPAQ h5500

Sistema Operacional: Windows CE

Dispositivo de Rede: Bluetooth

Virtual Machine: J9 - MIDP 2.0

Conexão: <http://10.30.71.6/consultas/system.php> (http/POST)

Tabela 3-11 Teste do Bluetooth com Pocket PC HP iPAQ h5500 (1024 bytes).

1º Seqüência	2º Seqüência	3º Seqüência	4º Seqüência	5º Seqüência
1º-2108 ms	1º-2057 ms	1º-2295 ms	1º-2855 ms	1º-2480 ms
2º-790 ms	2º-699 ms	2º-769 ms	2º-768 ms	2º-768 ms
3º-737 ms	3º-1269 ms	3º-728 ms	3º-1401 ms	3º-738 ms
4º-779 ms	4º-742 ms	4º-802 ms	4º-779 ms	4º-789 ms
5º-750 ms	5º-757 ms	5º-718 ms	5º-741 ms	5º-742 ms
6º-782 ms	6º-641 ms	6º-808 ms	6º-792 ms	6º-763 ms
7º-740 ms	7º-781 ms	7º-731 ms	7º-720 ms	7º-759 ms
8º-781 ms	8º-720 ms	8º-789 ms	8º-806 ms	8º-769 ms
9º-740 ms	9º-676 ms	9º-737 ms	9º-732 ms	9º-753 ms
10º-780 ms	10º-699 ms	10º-787 ms	10º-783 ms	10º-776 ms

Tabela 3-12 Teste do Bluetooth com Pocket PC HP iPAQ h5500 (512 bytes).

1º Seqüência	2º Seqüência	3º Seqüência	4º Seqüência	5º Seqüência
1º-3039 ms	1º-1875 ms	1º-2156 ms	1º-2459 ms	1º-1908 ms
2º-530 ms	2º-531 ms	2º-532 ms	2º-550 ms	2º-529 ms
3º-463 ms	3º-561 ms	3º-559 ms	3º-560 ms	3º-553 ms
4º-559 ms	4º-518 ms	4º-529 ms	4º-519 ms	4º-529 ms
5º-499 ms	5º-442 ms	5º-536 ms	5º-539 ms	5º-436 ms
6º-552 ms	6º-559 ms	6º-562 ms	6º-560 ms	6º-565 ms
7º-415 ms	7º-508 ms	7º-507 ms	7º-531 ms	7º-516 ms
8º-552 ms	8º-548 ms	8º-451 ms	8º-538 ms	8º-542 ms
9º-560 ms	9º-571 ms	9º-560 ms	9º-563 ms	9º-461 ms
10º-518 ms	10º-507 ms	10º-516 ms	10º-507 ms	10º-517 ms

Tabela 3-13 Teste do Bluetooth com Pocket PC HP iPAQ h5500 (256 bytes).

1º Seqüência	2º Seqüência	3º Seqüência	4º Seqüência	5º Seqüência
1º-2058 ms	1º-1845 ms	1º-2751 ms	1º-1881 ms	1º-1921 ms
2º-461 ms	2º-441 ms	2º-439 ms	2º-1187 ms	2º-453 ms
3º-373 ms	3º-419 ms	3º-422 ms	3º-399 ms	3º-411 ms
4º-350 ms	4º-431 ms	4º-440 ms	4º-439 ms	4º-422 ms
5º-438 ms	5º-416 ms	5º-426 ms	5º-407 ms	5º-961 ms
6º-429 ms	6º-453 ms	6º-434 ms	6º-451 ms	6º-329 ms
7º-445 ms	7º-453 ms	7º-463 ms	7º-484 ms	7º-453 ms
8º-427 ms	8º-393 ms	8º-407 ms	8º-365 ms	8º-416 ms
9º-453 ms	9º-475 ms	9º-453 ms	9º-472 ms	9º-453 ms
10º-417 ms	10º-415 ms	10º-407 ms	10º-416 ms	10º-408 ms

A Tabela 3-11, Tabela 3-12 e Tabela 3-13 demonstram que os acesso via *bluetooth* apresentaram melhores resultados no dispositivo Pocket PC iPAQ h5500 em relação ao Palm Zire 72. Não estamos aqui apenas comparando dispositivos, o que estes testes pretendem demonstrar é que um mesmo programa, através de uma mesma forma de conexão, podem obter respostas mais rápidas ou mais lentas em função dos *hardware* e do sistema operacional do dispositivo, conforme demonstra a Figura 3-6.

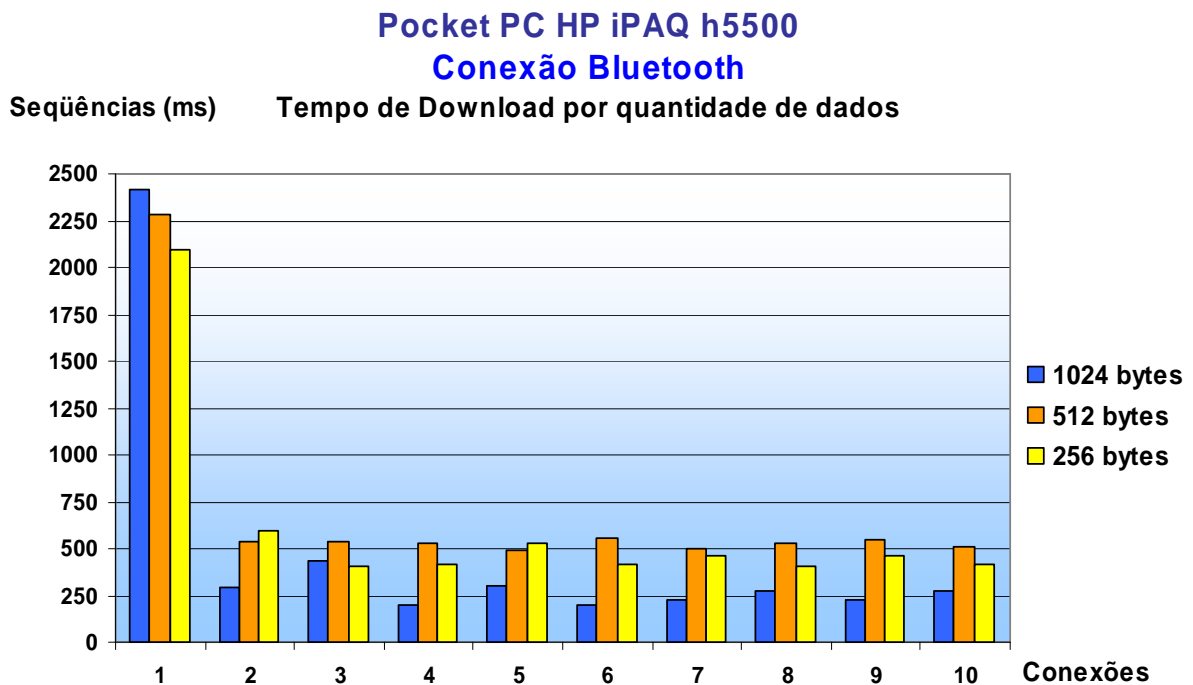


Figura 3-6 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-11, 3-12 e 3-13.

3.2.5. Teste do Cabo USB com Pocket PC HP iPAQ h5500

Dispositivo Móvel: Pocket PC HP iPAQ h5500

Sistema Operacional: Windows CE

Dispositivo de Rede: Cabo USB

Virtual Machine: J9 - MIDP 2.0

Conexão: <http://10.30.71.6/consultas/system.php> (http/POST)

Tabela 3-14 Teste do cabo USB com Pocket PC HP iPAQ h5500 (1024 bytes).

1º Seqüência	2º Seqüência	3º Seqüência	4º Seqüência	5º Seqüência
1º-2183 ms	1º-2773 ms	1º-2011 ms	1º-2489 ms	1º-3049 ms
2º-1107 ms	2º-559 ms	2º-1106 ms	2º-1097 ms	2º-1100 ms
3º-1061 ms	3º-625 ms	3º-1062 ms	3º-774 ms	3º-1068 ms
4º-1113 ms	4º-1003 ms	4º-1110 ms	4º-1406 ms	4º-1108 ms
5º-1066 ms	5º-1064 ms	5º-1069 ms	5º-1068 ms	5º-1075 ms
6º-1109 ms	6º-1111 ms	6º-1108 ms	6º-1108 ms	6º-1102 ms
7º-777 ms	7º-1073 ms	7º-616 ms	7º-1072 ms	7º-1072 ms
8º-1402 ms	8º-1106 ms	8º-579 ms	8º-1106 ms	8º-1104 ms
9º-1067 ms	9º-1065 ms	9º-956 ms	9º-1073 ms	9º-1068 ms
10º-1109 ms	10º-1112 ms	10º-1110 ms	10º-1105 ms	10º-815 ms

Tabela 3-15 Teste do cabo USB com Pocket PC HP iPAQ h5500 (512 bytes).

1º Seqüência	2º Seqüência	3º Seqüência	4º Seqüência	5º Seqüência
1º-1902 ms	1º-1733 ms	1º-2576 ms	1º-2345 ms	1º-1971 ms
2º-488 ms	2º-1076 ms	2º-1080 ms	2º-1081 ms	2º-1082 ms
3º-608 ms	3º-1109 ms	3º-672 ms	3º-1109 ms	3º-1108 ms
4º-1069 ms	4º-1070 ms	4º-1005 ms	4º-1066 ms	4º-477 ms
5º-1087 ms	5º-1089 ms	5º-1086 ms	5º-1090 ms	5º-585 ms
6º-1112 ms	6º-344 ms	6º-1111 ms	6º-1109 ms	6º-1112 ms
7º-1072 ms	7º-738 ms	7º-1066 ms	7º-1066 ms	7º-1068 ms
8º-1084 ms	8º-1090 ms	8º-1088 ms	8º-808 ms	8º-1088 ms
9º-1111 ms	9º-1109 ms	9º-344 ms	9º-406 ms	9º-1113 ms
10º-1066 ms	10º-1066 ms	10º-740 ms	10º-957 ms	10º-1062 ms

Tabela 3-16 Teste do cabo USB com Pocket PC HP iPAQ h5500 (256 bytes).

1º Seqüência	2º Seqüência	3º Seqüência	4º Seqüência	5º Seqüência
1º-2682 ms	1º-1978 ms	1º-2382 ms	1º-1797 ms	1º-2483 ms
2º-1103 ms	2º-1110 ms	2º-986 ms	2º-1107 ms	2º-1107 ms
3º-1060 ms	3º-1061 ms	3º-201 ms	3º-627 ms	3º-939 ms
4º-1088 ms	4º-1088 ms	4º-977 ms	4º-432 ms	4º-228 ms
5º-1082 ms	5º-1094 ms	5º-1090 ms	5º-1089 ms	5º-979 ms
6º-961 ms	6º-1084 ms	6º-1087 ms	6º-1089 ms	6º-1089 ms
7º-670 ms	7º-1112 ms	7º-1114 ms	7º-1113 ms	7º-1113 ms
8º-1061 ms	8º-1065 ms	8º-472 ms	8º-1063 ms	8º-1064 ms
9º-1113 ms	9º-1111 ms	9º-610 ms	9º-238 ms	9º-522 ms
10º-1065 ms	10º-627 ms	10º-1063 ms	10º-845 ms	10º-561 ms

Através dos testes realizados, ficou claro que o acesso via Wi-Fi responde com maior rapidez às requisições, sendo um meio de acesso predominante em termos de velocidades se comparados ao *Bluetooth* e o acesso via cabo. Também pode se observar que entre os acessos através dos meios Bluetooth e via cabo, comuns aos dois dispositivos, que o dispositivo iPAQ por possuir um Hardware mais robusto apresentou um maior desempenho.

Isto indica que em sistemas onde o tempo de acesso ao servidor é fator crucial na implementação da aplicação, deve-se levar também em conta testes de desempenho de hardware e, em alguns casos, determinar para o projeto uma configuração mínima de hardware. Conforme demonstra Figura 3-7.

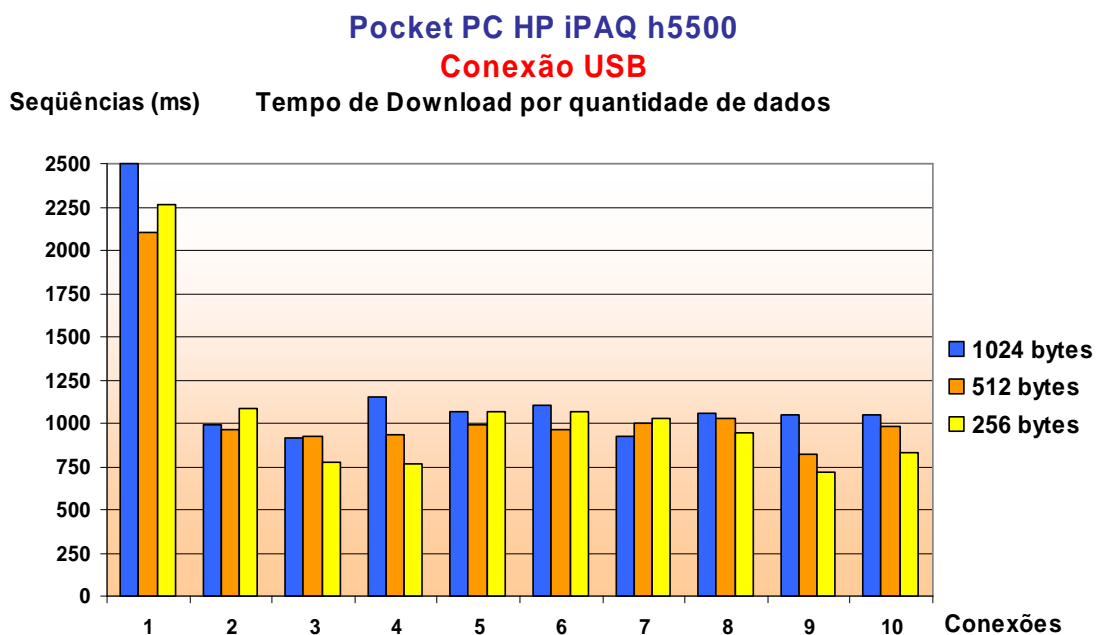


Figura 3-7 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-14, 3-15 e 3-16.

3.3. Acessos Concorrentes

Os testes anteriores foram executados em ambientes preparados para não ocorrerem interferências ou qualquer tipo de acesso que concorresse com o acesso testado, com o objetivo de não comprometer os resultados e dar uma idéia real do desempenho de cada meio de acesso, em cada um dos dispositivos.

Porém é, sabido que em um ambiente real de trabalho, no qual estes dispositivos podem ser submetidos, é esperada uma concorrência de conexões. Assim, o próximo teste executado mostra o acesso concorrente em um mesmo servidor.

3.3.1. Acesso concorrente entre Wi-Fi, Bluetooth, Cabo USB.

Primeiramente são testados os acessos concorrentes entre todos os meios físicos escolhidos, ou seja, Wi-Fi, Bluetooth e via cabo USB.

Para simplificar a identificação dos dispositivos nas tabelas, usa-se a seguinte nomenclatura:

Dispositivo 1 (DP1): Pocket PC HP iPAQ h5500 com acesso Wi-Fi.

Dispositivo 2 (DP2): Zire 72 Silver com acesso Bluetooth e VM J9 v2.1

Dispositivo 3 (DP3): Zire 72 com acesso via Cabo USB e VM J9 v2.2

Dados acessados: <http://10.30.71.6/consultas/system.php>

Método: (http/POST)

O acesso é iniciado seqüencialmente em cada um dos dispositivos, através de uma ordem predeterminada, conforme o título de cada tabela.

Tabela 3-17 Teste A, entre Wi-Fi, Bluetooth e cabo USB(DP1,DP2,DP3)

1º a Responder = DP1	2º a Responder = DP3	3º a Responder = DP2
1º-2284 ms	1º-3230 ms	1º-5280 ms
2º-591 ms	2º-1290 ms	2º-1870 ms
3º-556 ms	3º-1280 ms	3º-1920 ms
4º-596 ms	4º-1300 ms	4º-1880 ms
5º-432 ms	5º-1310 ms	5º-1930 ms
6º-620 ms	6º-1320 ms	6º-1940 ms
7º-563 ms	7º-1310 ms	7º-2090 ms
8º-596 ms	8º-1340 ms	8º-1980 ms
9º-557 ms	9º-1330 ms	9º-2030 ms
10º-592 ms	10º-1350 ms	10º-2050 ms

Tabela 3-18 Teste B, entre Wi-Fi, Bluetooth e cabo USB(DP1,DP2,DP3)

1º a Responder = DP1	2º a Responder = DP3	3º a Responder = DP2
1º-2505 ms	1º-3140 ms	1º-5530 ms
2º-641 ms	2º-1340 ms	2º-1890 ms
3º-612 ms	3º-1300 ms	3º-1920 ms
4º-645 ms	4º-1330 ms	4º-1930 ms
5º-622 ms	5º-1330 ms	5º-1940 ms
6º-637 ms	6º-1350 ms	6º-1970 ms
7º-615 ms	7º-1350 ms	7º-2030 ms
8º-643 ms	8º-1380 ms	8º-2040 ms
9º-611 ms	9º-1360 ms	9º-2040 ms
10º-644 ms	10º-1360 ms	10º-2080 ms

Tabela 3-19 Teste C, entre Wi-Fi, Bluetooth e cabo USB(DP1,DP2,DP3)

1º a Responder = DP1	2º a Responder = DP3	3º a Responder = DP2
1º-2164 ms	1º-3730 ms	1º-5480 ms
2º-642 ms	2º-1350 ms	2º-1900 ms
3º-610 ms	3º-1300 ms	3º-1920 ms
4º-645 ms	4º-1330 ms	4º-1940 ms
5º-612 ms	5º-1330 ms	5º-1950 ms
6º-3451 ms	6º-1380 ms	6º-1950 ms
7º-545 ms	7º-1340 ms	7º-2030 ms
8º-645 ms	8º-1380 ms	8º-2040 ms
9º-615 ms	9º-1370 ms	9º-2070 ms
10º-641 ms	10º-1390 ms	10º-2090 ms

Nos testes apresentados pelas Tabelas 3-17, 3-18 e 3-19, pode se observar que o dispositivo com Bluetooth apresenta um tempo de acesso maior, sendo dentre os três, o último a apresentar seus resultados.

Estes resultados podem ser melhor observados através da Figura 3-8 com o gráfico demonstrativo das Tabelas 3-17, 3-18 e 3-19.

Acesso concorrente entre Wi-Fi, Bluetooth, Cabo USB

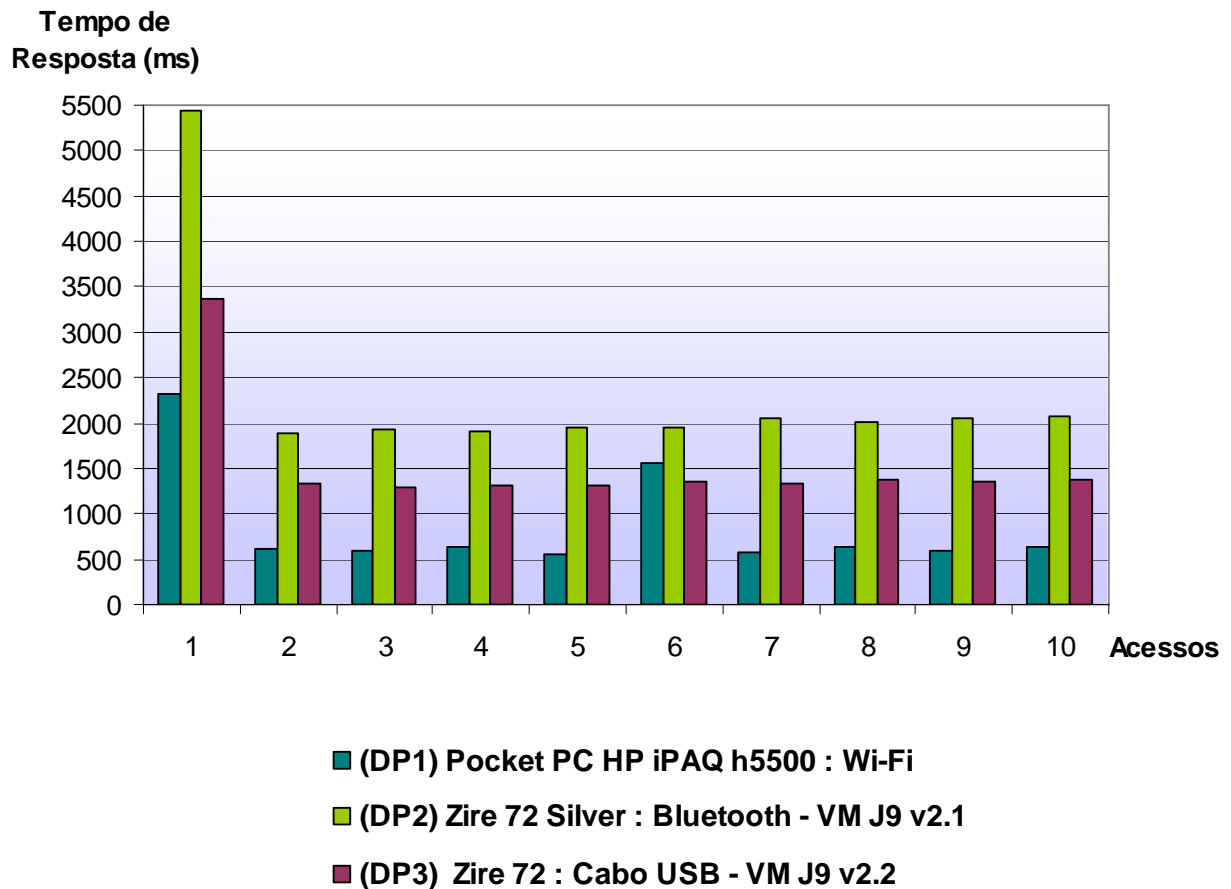


Figura 3-8 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-17, 3-18 e 3-19.

Assim, propõe-se uma nova bateria de testes, mas desta vez adicionando o dispositivo mais lento como sendo o primeiro a disparar a consulta.

Tabela 3-20 Teste D, entre Wi-Fi, Bluetooth e cabo USB (DP2,DP3,DP1)

1° a Responder = DP1	2° a Responder = DP3	3° a Responder = DP2
1°-2404 ms	1°-4060 ms	1°-5030 ms
2°-715 ms	2°-1310 ms	2°-1910 ms
3°-601 ms	3°-1320 ms	3°-1910 ms
4°-612 ms	4°-1330 ms	4°-1940 ms
5°-615 ms	5°-1340 ms	5°-1930 ms
6°-646 ms	6°-1360 ms	6°-1990 ms
7°-613 ms	7°-1380 ms	7°-2040 ms
8°-672 ms	8°-1330 ms	8°-2030 ms
9°-481 ms	9°-1360 ms	9°-2090 ms
10°-644 ms	10°-1370 ms	10°-2100 ms

Tabela 3-21 Teste E, entre Wi-Fi, Bluetooth e cabo USB (DP2,DP3,DP1)

1° a Responder = DP1	2° a Responder = DP3	3° a Responder = DP2
1°-2372 ms	1°-3610 ms	1°-4650 ms
2°-627 ms	2°-1340 ms	2°-1870 ms
3°-618 ms	3°-1300 ms	3°-1870 ms
4°-643 ms	4°-1330 ms	4°-2010 ms
5°-617 ms	5°-1330 ms	5°-1970 ms
6°-670 ms	6°-1350 ms	6°-2040 ms
7°-587 ms	7°-1350 ms	7°-2060 ms
8°-657 ms	8°-1380 ms	8°-2040 ms
9°-714 ms	9°-1360 ms	9°-2060 ms
10°-648 ms	10°-1360 ms	10°-2080 ms

Tabela 3-22 Teste F, entre Wi-Fi, Bluetooth e cabo USB (DP2,DP3,DP1)

1° a Responder = DP1	2° a Responder = DP3	3° a Responder = DP2
1°-1740 ms	1°-3080 ms	1°-4650 ms
2°-497 ms	2°-1330 ms	2°-1870 ms
3°-646 ms	3°-1310 ms	3°-1910 ms
4°-655 ms	4°-1320 ms	4°-1930 ms
5°-611 ms	5°-1330 ms	5°-1940 ms
6°-643 ms	6°-1360 ms	6°-1970 ms
7°-617 ms	7°-1340 ms	7°-2020 ms
8°-642 ms	8°-1380 ms	8°-2030 ms
9°-611 ms	9°-1360 ms	9°-2030 ms
10°-644 ms	10°-1370 ms	10°-2130 ms

Novamente os testes confirmam os resultados, conforme pode ser melhor observado, na Figura 3-9 com o gráfico demonstrativo das Tabelas 3-20, 3-21 e 3-22.

Acesso concorrente entre Wi-Fi, Bluetooth, Cabo USB

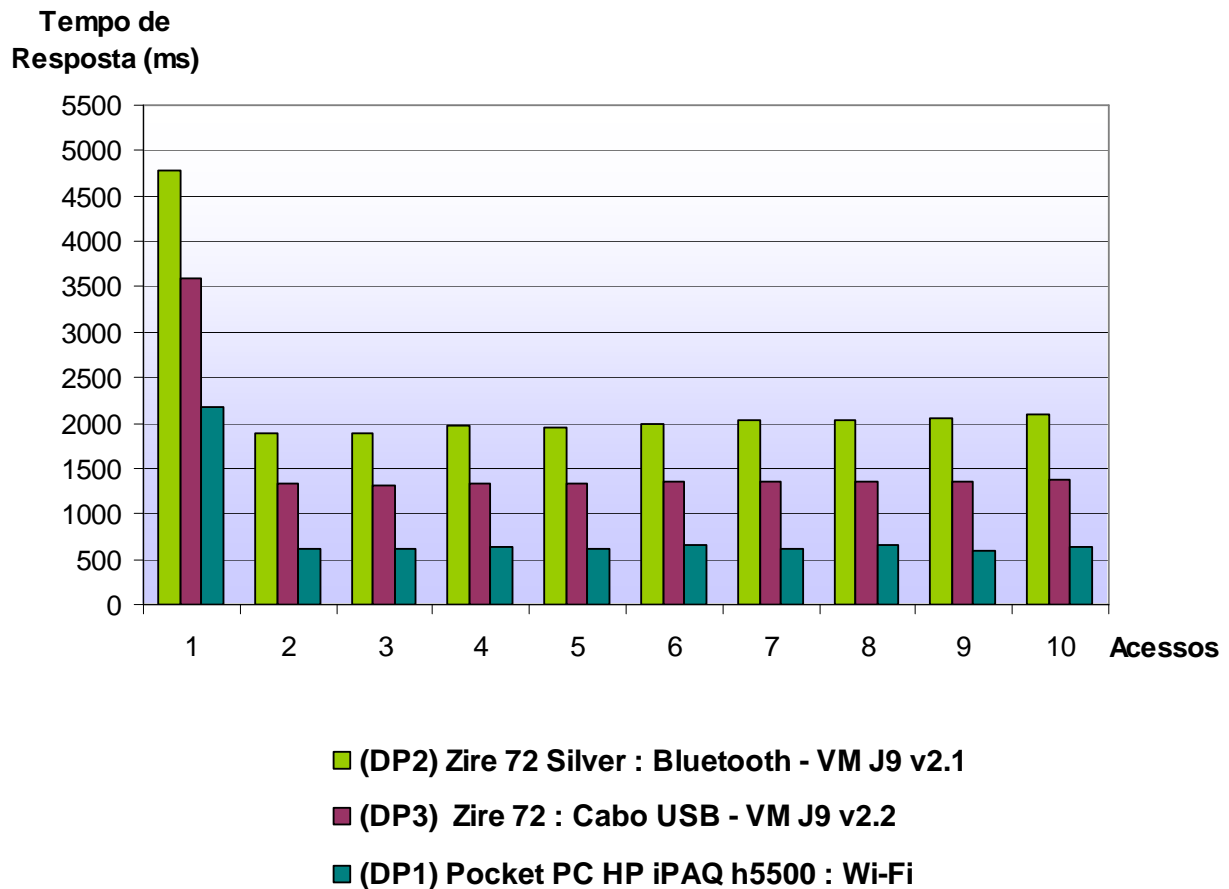


Figura 3-9 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-20, 3-21 e 3-22.

Porém ainda resta mais uma última alternativa de comparação entre estes dispositivos. A utilização de uma versão mais recente da *virtual machine*. Os resultados destes testes são apresentados a seguir.

3.3.2. Acesso concorrente entre Wi-Fi, Bluetooth, Cabo USB. (Nova versão de VM)

Dispositivo 1 (DP1): Pocket PC HP iPAQ h5500 com acesso Wi-Fi.

Dispositivo 2 (DP2): Zire 72 Silver com acesso Bluetooth e VM J9 v2.2

Dispositivo 3 (DP3): Zire 72 com acesso via Cabo USB e VM J9 v2.2

Dados acessados: <http://10.30.71.6/consultas/system.php>

Método: (http/POST)

Tabela 3-23 Teste G, entre Wi-Fi, Bluetooth e cabo USB(DP2,DP3,DP1)

1º a Responder = DP1	2º a Responder = DP3	3º a Responder = DP2
1º-2032 ms	1º-3280 ms	1º-3790 ms
2º-3486 ms	2º-1330 ms	2º-1590 ms
3º-632 ms	3º-1310 ms	3º-1570 ms
4º-640 ms	4º-1320 ms	4º-1580 ms
5º-612 ms	5º-1330 ms	5º-1580 ms
6º-652 ms	6º-1370 ms	6º-1590 ms
7º-616 ms	7º-1340 ms	7º-1610 ms
8º-653 ms	8º-1380 ms	8º-1560 ms
9º-611 ms	9º-1360 ms	9º-1630 ms
10º-677 ms	10º-1360 ms	10º-1620 ms

Tabela 3-24 Teste H, entre Wi-Fi, Bluetooth e cabo USB(DP2,DP3,DP1)

1º a Responder = DP1	2º a Responder = DP3	3º a Responder = DP2
1º-1869 ms	1º-3170 ms	1º-3530 ms
2º-645 ms	2º-1350 ms	2º-1550 ms
3º-606 ms	3º-1300 ms	3º-1560 ms
4º-651 ms	4º-1330 ms	4º-1570 ms
5º-610 ms	5º-1330 ms	5º-1590 ms
6º-648 ms	6º-1350 ms	6º-1590 ms
7º-615 ms	7º-1340 ms	7º-1610 ms
8º-653 ms	8º-1380 ms	8º-1590 ms
9º-612 ms	9º-1360 ms	9º-1600 ms
10º-645 ms	10º-1370 ms	10º-1630 ms

Tabela 3-25 Teste I, entre Wi-Fi, Bluetooth e cabo USB(DP2,DP3,DP1)

1º a Responder = DP1	2º a Responder = DP3	3º a Responder = DP2
1º-2009 ms	1º-3150 ms	1º-4170 ms
2º-640 ms	2º-1350 ms	2º-1680 ms
3º-612 ms	3º-1300 ms	3º-1680 ms
4º-655 ms	4º-1850 ms	4º-1730 ms
5º-608 ms	5º-1330 ms	5º-1940 ms
6º-649 ms	6º-1350 ms	6º-1720 ms
7º-614 ms	7º-1340 ms	7º-1620 ms
8º-642 ms	8º-1380 ms	8º-1610 ms
9º-614 ms	9º-1360 ms	9º-1580 ms
10º-645 ms	10º-1370 ms	10º-1660 ms

Apesar dos testes não apresentarem uma nova ordem para as respostas dos dispositivos, confirmando como acesso mais rápido Wi-Fi, seguido do via cabo USB e por último o Bluetooth, pode-se observar uma melhora no tempo de acesso devido ao uso de uma VM mais recente. Esta melhora pode ser melhor percebida observando a Figura 3-10 com o gráfico demonstrativo das Tabelas 3-23, 3-25 e 3-26.

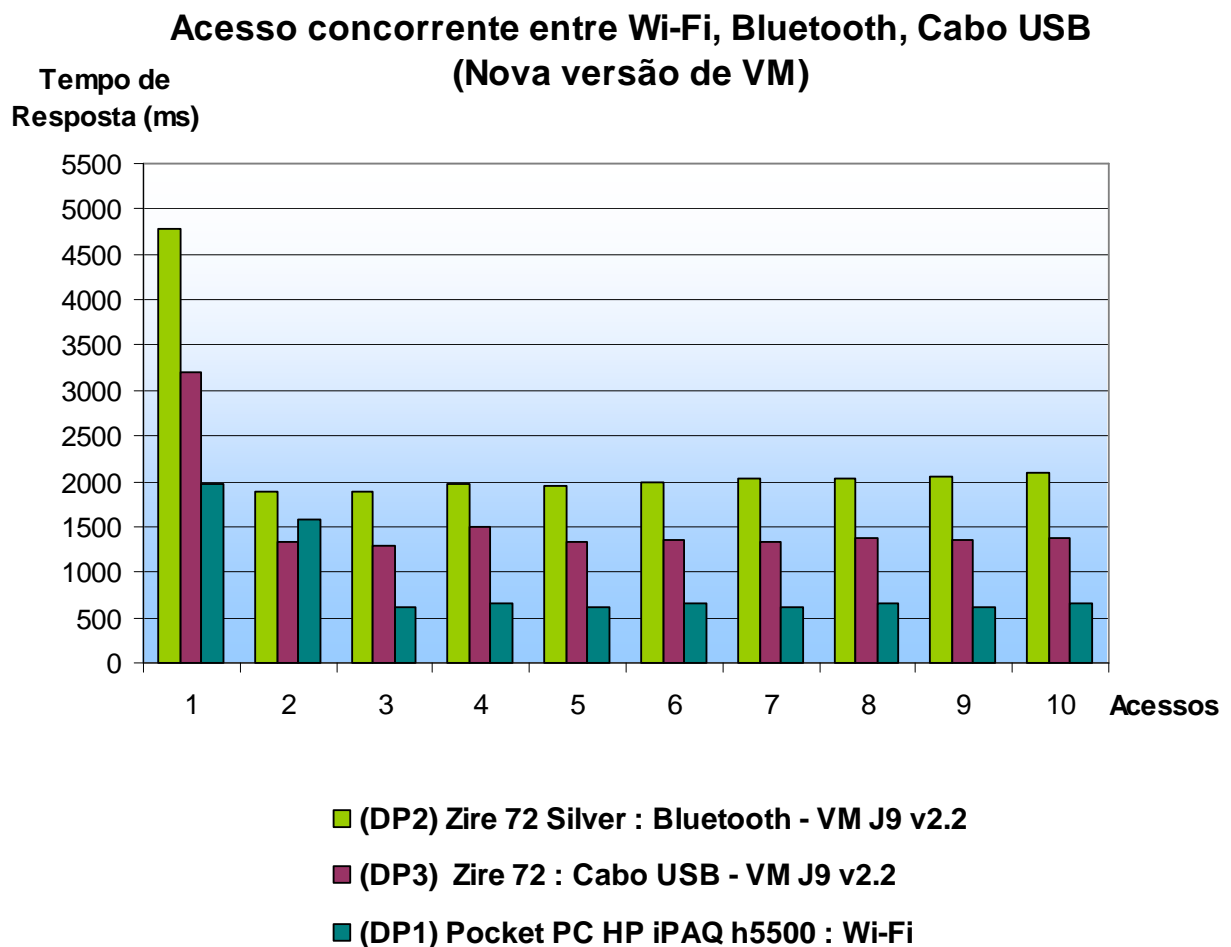


Figura 3-10 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-23, 3-24 e 3-25.

Assim abre-se margem para testes comparativos de acesso entre dispositivos móveis com máquinas virtuais Java diferentes. Serão utilizados dispositivos móveis com mesmo hardware e mesma versão de sistema operacional, para não comprometer os resultados dos testes.

3.3.3. Acesso concorrente entre Bluetooth e VM com versões diferentes

Dispositivo 1 (DP1): Zire 72 Silver com acesso= Bluetooth e VM J9 v2.1

Dispositivo 2 (DP2): Zire 72 Silver com acesso= Bluetooth e VM J9 v2.2

Dados acessados: <http://10.30.71.6/consultas/system.php> (http/POST)

Tabela 3-26 Teste A-Desempenho de máquina virtual (DP1,DP2)

1º a Responder = DP2	2º a Responder = DP1
1º-3680 ms	1º-5030 ms
2º-1530 ms	2º-1860 ms
3º-1580 ms	3º-1920 ms
4º-1550 ms	4º-1880 ms
5º-1540 ms	5º-1930 ms
6º-1600 ms	6º-1930 ms
7º-1600 ms	7º-1990 ms
8º-1560 ms	8º-1970 ms
9º-1580 ms	9º-2050 ms
10º-1550 ms	10º-2090 ms

Tabela 3-27 Teste B-Desempenho de máquina virtual (DP1,DP2)

1º a Responder = DP2	2º a Responder = DP1
1º-7700 ms	1º-9670 ms
2º-1520 ms	2º-1830 ms
3º-1560 ms	3º-1880 ms
4º-1550 ms	4º-1860 ms
5º-1540 ms	5º-1930 ms
6º-1560 ms	6º-1950 ms
7º-1580 ms	7º-1950 ms
8º-1550 ms	8º-1950 ms
9º-1580 ms	9º-1990 ms
10º-1600 ms	10º-2020 ms

Conforme pode ser observado na Figura 3-11 com o gráfico demonstrativo das Tabelas 3-26 e 3-27, a Máquina Virtual com versão mais recente obteve o melhor desempenho.

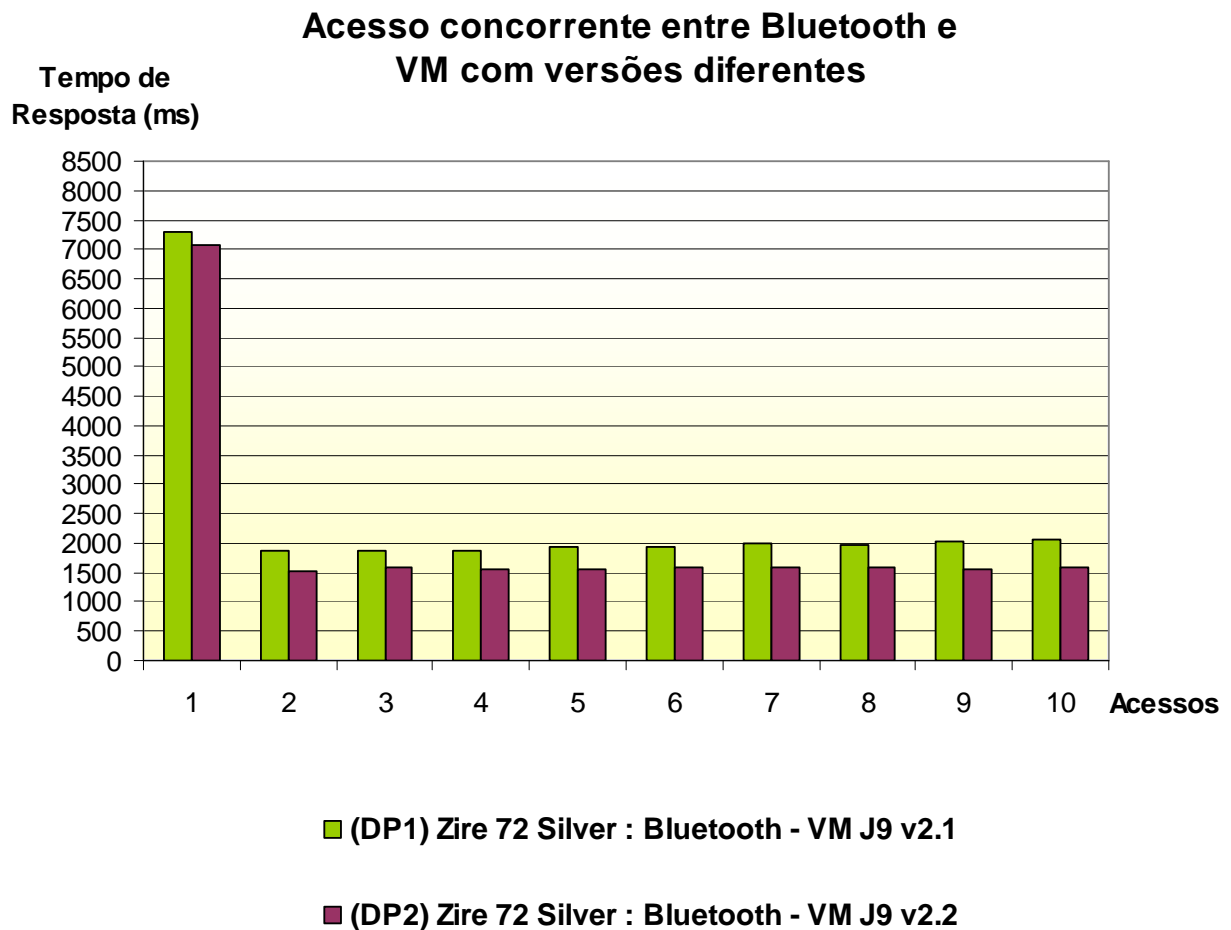


Figura 3-11 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-26 e 3-27.

Resta agora, inverte a ordem de disparo de acesso, para verificar se os resultados persistem.

Tabela 3-28 Teste C-Desempenho de máquina virtual (DP2,DP1)

1º a Responder = DP2	2º a Responder = DP1
1º-9850 ms	1º-7190 ms
2º-1540 ms	2º-1890 ms
3º-1570 ms	3º-1860 ms
4º-1560 ms	4º-1890 ms
5º-1560 ms	5º-1950 ms
6º-1550 ms	6º-1950 ms
7º-1570 ms	7º-2010 ms
8º-1620 ms	8º-1990 ms
9º-1540 ms	9º-2010 ms
10º-1610 ms	10º-2040 ms

Tabela 3-29 Teste D-Desempenho de máquina virtual (DP2,DP1)

1º a Responder = DP2	2º a Responder = DP1
1º-7060 ms	1º-8890 ms
2º-1520 ms	2º-1910 ms
3º-1550 ms	3º-1900 ms
4º-1550 ms	4º-1910 ms
5º-1570 ms	5º-1890 ms
6º-1560 ms	6º-2000 ms
7º-1600 ms	7º-1960 ms
8º-1540 ms	8º-1990 ms
9º-1550 ms	9º-2010 ms
10º-1620 ms	10º-2040 ms

Conforme demonstra a Figura 3-12, os resultados persistem, com a Máquina Virtual mais recente obtendo um melhor desempenho.

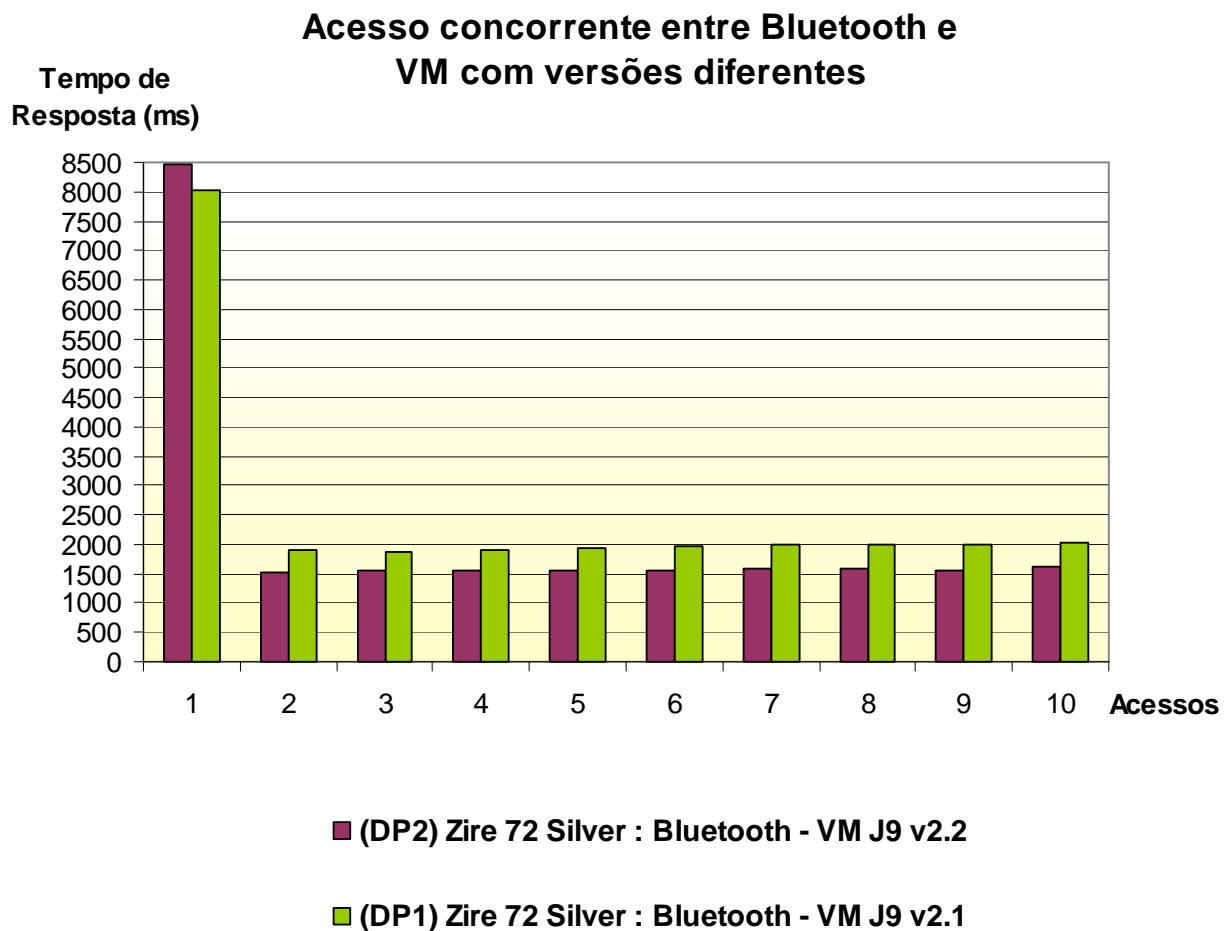


Figura 3-12 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-28, 3-29.

Os testes comprovam que não apenas o hardware deve ser avaliado para determinar o desempenho de uma conexão, mas no caso de utilizar uma aplicação que rode sob máquina virtual, a versão da mesma deve ser levada em consideração.

3.3.4. Acesso concorrente PDA X iPAQ

O próximo teste realiza acesso concorrente entre dois dispositivos móveis com hardware e sistema operacional diferente, porém com mesmo método de acesso.

Dispositivo 1 (DP1): Zire 72 Silver com acesso Bluetooth e VM J9 v2.2

Dispositivo 2 (DP2): iPAQ h5500 Acesso= Bluetooth e VM J9

Dados acessados: <http://10.30.71.6/consultas/system.php> (http/POST)

Tabela 3-30 Teste A Bluetooth (DP1,DP2)

1º a Responder = DP2	2º a Responder = DP1
1º-2874 ms	1º-3930 ms
2º-760 ms	2º-1540 ms
3º-719 ms	3º-1580 ms
4º-763 ms	4º-1520 ms
5º-721 ms	5º-1540 ms
6º-761 ms	6º-1600 ms
7º-719 ms	7º-1580 ms
8º-764 ms	8º-1560 ms
9º-720 ms	9º-1610 ms
10º-762 ms	10º-1570 ms

Tabela 3-31 Teste B Bluetooth (DP1,DP2)

1º a Responder = DP2	2º a Responder = DP1
1º-2162 ms	1º-4710 ms
2º-734 ms	2º-1540 ms
3º-716 ms	3º-1540 ms
4º-783 ms	4º-1420 ms
5º-721 ms	5º-1530 ms
6º-760 ms	6º-1550 ms
7º-718 ms	7º-1540 ms
8º-764 ms	8º-1530 ms
9º-714 ms	9º-1550 ms
10º-802 ms	10º-1600 ms

Conforme pode ser observado na Figura 3-13 com o gráfico demonstrativo das Tabelas 3-30 e 3-31, o dispositivo iPAQ, obteve o melhor desempenho.

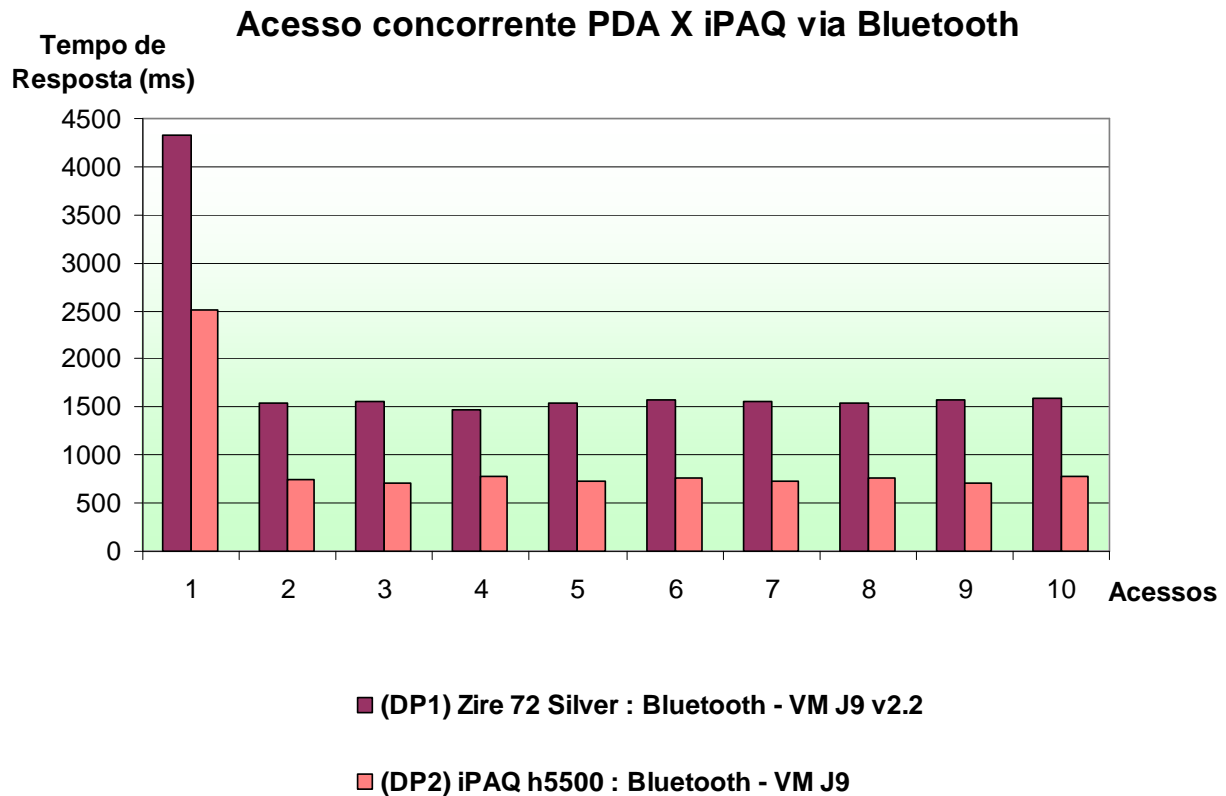


Figura 3-13 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-30 e 3-31.

Resta agora, inverte a ordem de disparo de acesso, para verificar se os resultados persistem.

Tabela 3-32 Teste C bluetooth (DP2,DP1)

1° a Responder = DP2	2° a Responder = DP1
1°-2725 ms	1°-3730 ms
2°-723 ms	2°-1470 ms
3°-716 ms	3°-1540 ms
4°-773 ms	4°-1530 ms
5°-712 ms	5°-1550 ms
6°-785 ms	6°-1550 ms
7°-700 ms	7°-1570 ms
8°-750 ms	8°-1550 ms
9°-742 ms	9°-1600 ms
10°-774 ms	10°-1590 ms

Tabela 3-33 Teste D bluetooth (DP2,DP1)

1º a Responder = DP2	2º a Responder = DP1
1º-2433 ms	1º-4320 ms
2º-748 ms	2º-1610 ms
3º-719 ms	3º-1530 ms
4º-767 ms	4º-1530 ms
5º-829 ms	5º-1640 ms
6º-767 ms	6º-1560 ms
7º-711 ms	7º-1550 ms
8º-785 ms	8º-1560 ms
9º-706 ms	9º-1600 ms
10º-767 ms	10º-1610 ms

Conforme demonstra a Figura 3-14, os resultados persistem, com a dispositivo móvel iPAQ obtendo um melhor desempenho.

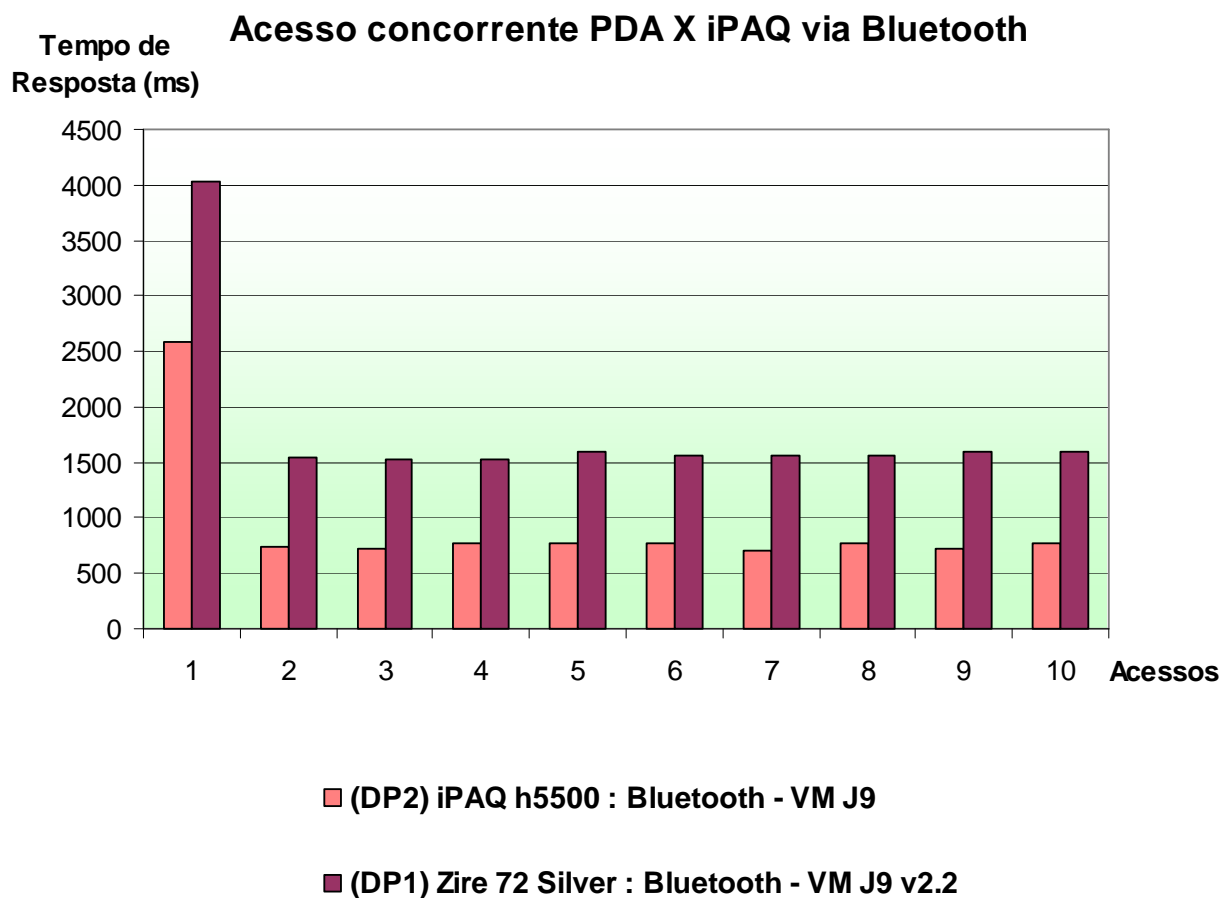


Figura 3-14 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-32 e 3-33.

É inevitável negar que modelos mais atuais de dispositivos, com hardware e softwares mais atualizados, são fundamentais para obtenção de bons resultados no que se refere a meios de acesso a rede. Pode-se observar também, que em muitos casos o hardware tem papel mais importante do que o próprio meio de acesso.

3.4. Testando conexões lógicas

Tão importantes quanto os meios físicos de acesso, são as conexões lógicas e os protocolos utilizados. Até agora, todos os testes foram feitos utilizando conexões http sob TCP/IP, porém agora as conexões serão avaliadas sob uma nova perspectiva.

3.4.1. Acesso http a arquivos estático.

Dispositivo Móvel: Palm Zire 72

Sistema Operacional: Palm OS 5.8.2

Dispositivo de Rede: USB Bluetooth Device

Virtual Machine: J9 - MIDP 2.0 v.2.2

Conexão (http) http://10.30.71.6/consultas/256bytes.txt (http/post) http e txt

Tabela 3-34 Acesso a arquivo estático via conexão http.

256bytes.txt	512bytes.txt	1024bytes.txt
1º-2910 ms	1º-3200 ms	1º-4580 ms
2º-670 ms	2º-850 ms	2º-1590 ms
3º-670 ms	3º-860 ms	3º-1610 ms
4º-640 ms	4º-880 ms	4º-1610 ms
5º-660 ms	5º-880 ms	5º-1610 ms
6º-650 ms	6º-930 ms	6º-1640 ms
7º-660 ms	7º-850 ms	7º-1590 ms
8º-640 ms	8º-860 ms	8º-1630 ms
9º-660 ms	9º-900 ms	9º-1620 ms
10º-650 ms	10º-860 ms	10º-1700 ms

Conforme mostra a Tabela 3-34, não se observou uma redução do tempo de acesso significativa dos arquivos estáticos em relação a os acessos a arquivos dinâmicos. A Figura 3-15 apresenta o gráfico demonstrativo da Tabela 3-34.

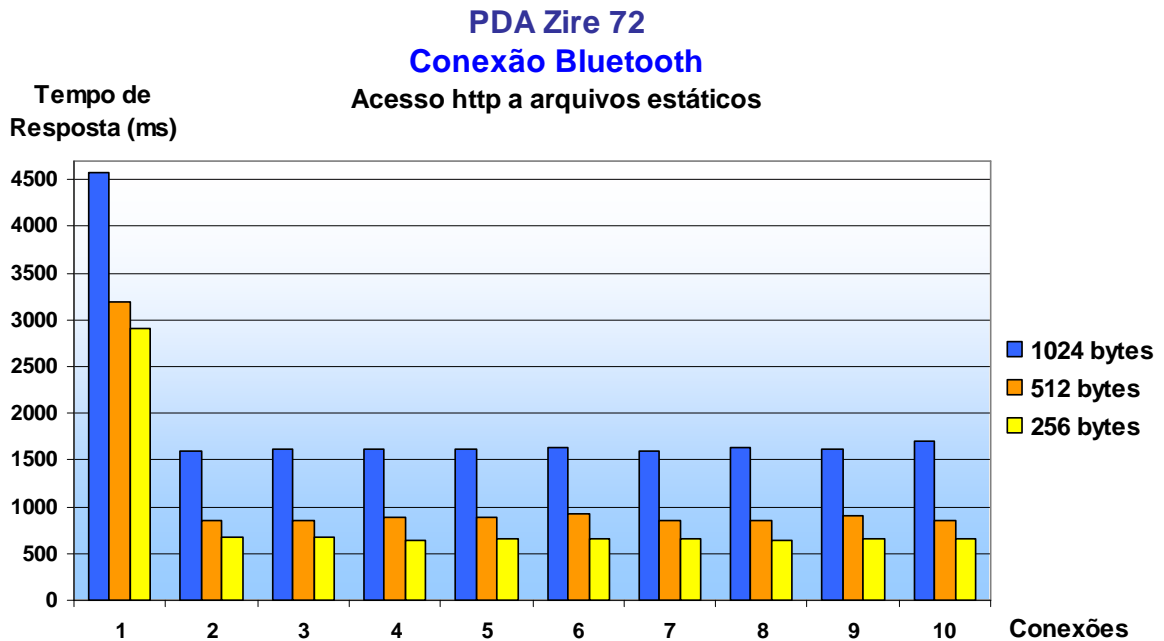


Figura 3-15 Gráfico demonstrativo da Tabela 3-34.

Para reduzir ainda mais o tempo de acesso as informações do servidor, apresenta-se nas Tabela 3-35 os tempos de acesso sem o uso de conexão http.

3.4.2. Acesso stream a arquivos estático.

Dispositivo Móvel: Palm Zire 72

Sistema Operacional: Palm OS 5.8.2

Dispositivo de Rede: USB Bluetooth Device

Virtual Machine: J9 - MIDP 2.0 v.2.2

Conexão (stream) <http://10.30.71.6/consultas/256bytes.txt>

Tabela 3-35 Acesso stream a arquivos estático.

256bytes.txt	512bytes.txt	1024bytes.txt
1º-2570 ms	1º-2520 ms	1º-2470 ms
2º-370 ms	2º-420 ms	2º-470 ms
3º-370 ms	3º-370 ms	3º-490 ms
4º-380 ms	4º-380 ms	4º-450 ms
5º-380 ms	5º-370 ms	5º-520 ms
6º-400 ms	6º-380 ms	6º-490 ms
7º-380 ms	7º-370 ms	7º-1000 ms
8º-380 ms	8º-390 ms	8º-480 ms
9º-380 ms	9º-390 ms	9º-450 ms
10º-370 ms	10º-380 ms	10º-490 ms

Conforme demonstra a Figura 3-16, o acesso a dados sem o uso da conexão http, apresenta um melhor tempo de acesso.

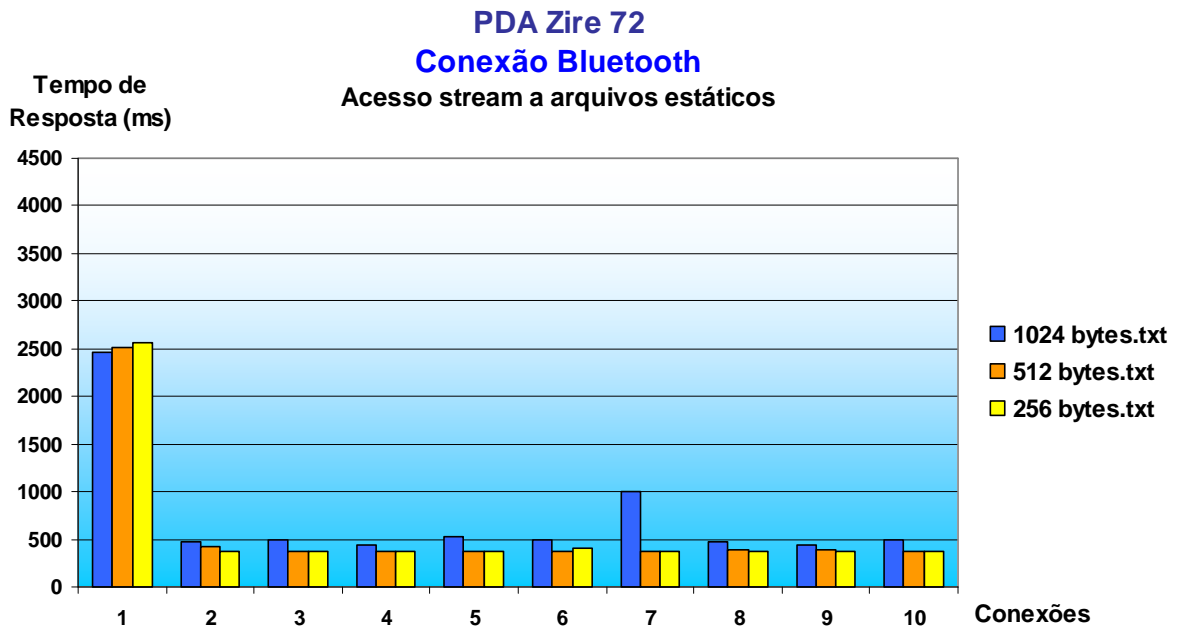


Figura 3-16 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-35.

Testamos agora os acesso a arquivos dinâmicos com o acesso stream.

Tabela 3-36 Acesso stream a arquivos dinâmicos.

PHP 256 bytes	PHP 512 bytes	PHP 1024 bytes
1º-2570 ms	1º-2370 ms	1º-2920 ms
2º-450 ms	2º-1330 ms	2º-470 ms
3º-380 ms	3º-390 ms	3º-470 ms
4º-380 ms	4º-430 ms	4º-450 ms
5º-420 ms	5º-400 ms	5º-510 ms
6º-370 ms	6º-370 ms	6º-480 ms
7º-390 ms	7º-380 ms	7º-500 ms
8º-380 ms	8º-420 ms	8º-450 ms
9º-390 ms	9º-390 ms	9º-450 ms
10º-420 ms	10º-360 ms	10º-460 ms

Conforme mostra as Tabelas 3-36 e 3-35, as conexões com o uso de stream, apresentam um melhor desempenho em relação a os acessos com uso de conexões http. Porem

conforme demonstra as Figura 3-17 e 3-16, não se observou uma diferença significativa entre acesso a arquivo estáticos e dinâmicos neste método.

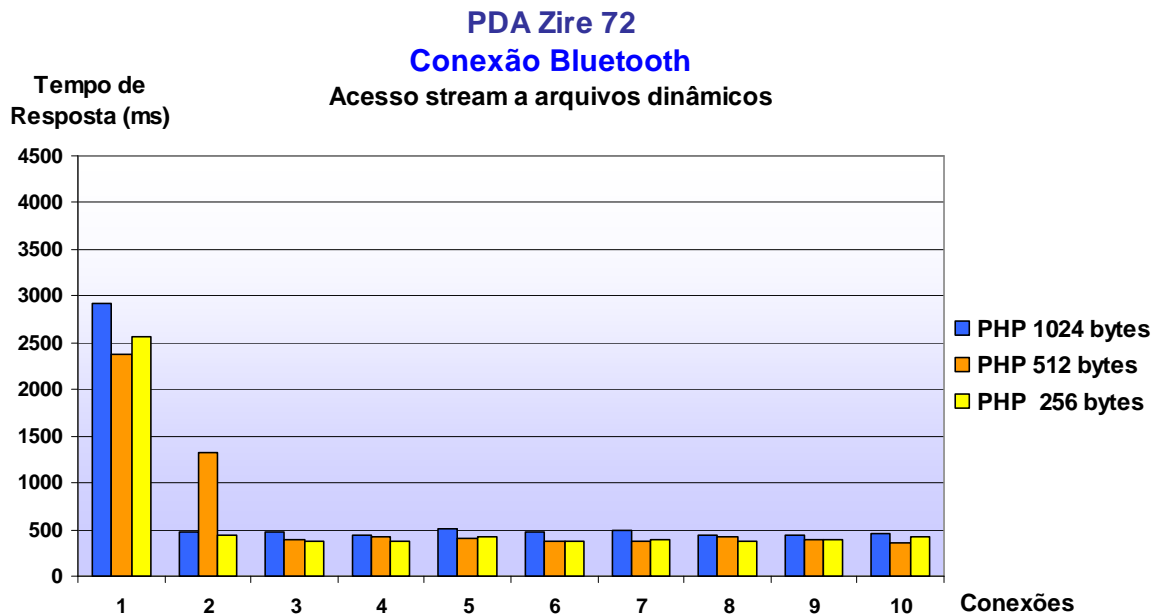


Figura 3-17 Gráfico demonstrativo das Tabelas 3-36

3.5. Teste de interface gráfica

Muitos dos programas desenvolvidos para empresas de sistemas de energia utilizam interfaces gráficas para interação com o sistema.

Esta visualização do sistema elétrico em forma gráfica permite uma nova visão dos eventos da rede elétrica, desta forma estas características também são desejadas para serem implementadas em PDAs.

Por este motivo será realizada uma série de testes para indicar as características e melhor forma de aproveitamento destas funcionalidades para o uso de dispositivos móveis em empresas de sistema de energia.

Os teste foram realizados com o uso da API de baixo nível da plataforma MIDP J2ME, com o uso de dispositivos com telas *touch screen*, como o Zire 72 da Palm, por exemplo. O *touch screen* é uma funcionalidade que permite uma fácil interação do usuário com o sistema, pois a entrada de dados se dá através de toques na tela do dispositivo com uma caneta apropriada, a qual supre a função que seria de um mouse em um computador *desktop*.

Os teste não visam definir qual o melhor dispositivo marca ou modelo, mas sim apontar os melhores caminhos para implementação de programas com interface gráfica em PDAs, de acordo com as necessidade de cada projeto.

A primeira bateria de teste visa demonstrar a capacidade de processamento gráfico dos dispositivos. O teste consiste em medir o tempo em milisegundos necessário por cada dispositivo desenhar 60000 retângulos em posições variadas na tela. A figura do retângulo foi escolhida por ser usada freqüentemente em gráficos de redes, com mostra o Código Fonte 3-1.

Código Fonte 3-1 Executa 60.000 vezes o desenho de um retângulo.

```

1. for (int j=1;j<200;j++)
2.     for (int i=1;i<300;i++)
3.         {
4.             g.drawRect(1+i,10+j,10,20);
5.         }

```

Tabela 3-37 Teste comparativo de desempenho gráfico entre dispositivos.

Dispositivo	Sistema Operacional	Máquina Virtual	Tempo
Ipaq	Windows CE 4.2	IBM J9 MIDP 2.0	11462 ms
Zire 72 Silver	Palm OS 5.2.8	IBM J9 MIDP 2.0 V2.2	1140 ms
Palm M125	Palm OS 4.1	SUN MIDP 1.0 V1.0	65160 ms
SPH-I330	Palm OS 3.5	SUN MIDP 1.0 V1.0	50670 ms

Na Tabela 3-37, pode-se observar que entre os dispositivos com MIDP 2.0 o maior tempo para desenhar os sessenta mil retângulos foi do dispositivo iPAQ, que por sua vez é o dispositivo com maior capacidade de processamento entre os da Tabela 3-37, e o que também apresenta nos teste de conexão o melhor desempenho. Pode-se então concluir que: o dispositivo móvel que apresentar um bom desempenho, quanto a conexões de redes, não necessariamente deve apresentar um bom desempenho quanto a processamento de imagens.

Se um gerente de projeto de um sistema para PDAs baseado fortemente em telas gráficas, determinar antecipadamente a compra de vários dispositivos, levando em consideração apenas o últimos modelo lançado no mercado, poderá ter complicações com seus clientes de projeto, pois não necessariamente estes dispositivos devem ter um bom desempenho quanto a parte gráfica. Para isto é necessário e recomendado fortemente o teste de *Benchmark*, a fim de determinar o desempenho do dispositivo para a aplicação específica.

Os teste com gráficos, também reforçaram a diferença de desempenho entre configurações da VM. Os testes mostram que Máquinas Virtuais diferentes, mas testada sob

mesmo Hardware e Sistema Operacional, apresentam uma diferença de desempenho significativa, que também pode ser modificado com alteração de determinados parâmetros.

Os parâmetros a que se referimos não estão disponíveis em todas as *virtuais machines*, mas o que deve ser ressaltado aqui é que se devem conhecer bem as configurações disponíveis para cada máquina virtual e explorá-las com cuidado para evitar-se condenar a viabilidade de um projeto por não explorar todas as propriedades e funcionalidade disponíveis de cada plataforma. As configurações comentadas aqui são descritas e comparadas na Tabela 3-38.

Tabela 3-38 Teste comparativo de desempenho de VM e de sua configurações.

Dispositivo	Sistema Operacional	Máquina Virtual	Opções	Tempo
IPAQ	Windows CE 4.2	IBM J9 MIDP 2.0		11462 ms
Zire 72 Silver	Palm OS 5.2.8	SUN MIDP 1.0 v1.0		4970 ms
Zire 72 Silver	Palm OS 5.2.8	SUN MIDP 1.0 v1.0	P/B	4410 ms
Zire 72 Silver	Palm OS 5.2.8	IBM J9 MIDP 2.0 v2.1		1240 ms
Zire 72 Silver	Palm OS 5.2.8	IBM J9 MIDP 2.0 v2.1	DB	1100 ms
Zire 72 Silver	Palm OS 5.2.8	IBM J9 MIDP 2.0 v2.1	HR	1290 ms
Zire 72 Silver	Palm OS 5.2.8	IBM J9 MIDP 2.0 v2.1	HR DB	1140 ms
Zire 72 Silver	Palm OS 5.2.8	IBM J9 MIDP 2.0 v2.2		1240 ms
Zire 72 Silver	Palm OS 5.2.8	IBM J9 MIDP 2.0 v2.2	DB	1100 ms
Zire 72 Silver	Palm OS 5.2.8	IBM J9 MIDP 2.0 v2.2	HR	1290 ms
Zire 72 Silver	Palm OS 5.2.8	IBM J9 MIDP 2.0 v2.2	HR DB	1140 ms
PALM m125	Palm OS 4.1	SUN MIDP 1.0 v1.0		78540 ms
PALM m125	Palm OS 4.1	SUN MIDP 1.0 v1.0	P/B	65160 ms
SPH-I330	Palm OS 3.5	SUN MIDP 1.0 v1.0		60390 ms
SPH-I330	Palm OS 3.5	SUN MIDP 1.0 v1.0	P/B	50670 ms

onde as siglas DB, HR e P/B significam:

DB = Double Buffering

Dobra a capacidade de memória disponível para armazenar objetos e garante um melhor desempenho da aplicação.

HR = High Resolution Coordinates

Alta resolução permite uma definição de tela maior com imagens mais agradáveis para quem usa as aplicações, porém ocupam mais memória e exigem um maior desempenho do processador, em alguns casos pode tornar a aplicação mais lenta.

P/B = Preto e Branco

Esta opção é útil para minimizar o consumo de processador por parte da aplicação, com gráficos em pretos e brancos diminui-se o trabalho do processador e garante um maior desempenho da aplicação, mas com perda da qualidade da imagem. Ideal para dispositivos com tela monocromática, ou com baixa capacidade de processamento gráfico.

3.6. Testes de projeção de gráficos

Em muitos casos os valores representados em forma de gráficos e tabelas demonstram de forma mais clara os resultados. Assim, é desejável também testar a capacidade de gerar e demonstrar resultados em formatos de gráficos e comparar as formas de obtê-los.

Para os testes foi criada uma imagem que se representa um gráfico, conforme mostra a Figura 3-18:

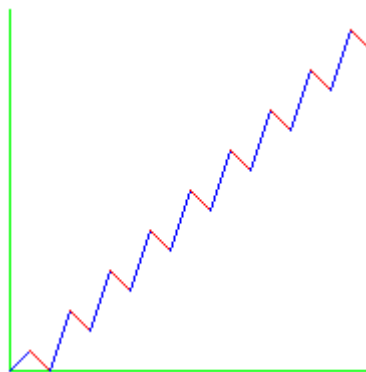


Figura 3-18 Imagem usada nos testes de geração de gráficos.

Para visualizar este gráfico na tela do PDA, foram utilizadas quatro formas de obtenção da imagem.

- **Primeira forma:**

A imagem é compilada juntamente com a aplicação e carregada em tempo de execução.

- **Segunda forma:**

Uma imagem PNG é gerada em tempo real através de uma aplicação escrita em PHP do lado do servidor, conforme mostra o código fonte a seguir. Esta aplicação é solicitada através de uma conexão com o servidor via *Bluetooth*. Este meio de comunicação foi escolhido, por estar presente em dois dispositivos diferentes, PDA Palm Zire 72 e o Pocket PC iPAQ h5500, e assim permitir uma comparação entre os dois.

Código Fonte 3-2 Gera imagem PNG do lado do servidor.

```

1.  <?
2.  header ("Content-type: image/png");
3.  $imagem = imagecreate (200, 200);
4.  $corFundo = imagecolorallocate ($imagem, 255, 255,255);
5.  $corLinha = imagecolorallocate ($imagem, 0,255, 0);
6.  imageline ($imagem, 10,190, 190,190, $corLinha);
7.  imageline ($imagem, 10,10,10,190, $corLinha);
8.  $x1=10;
9.  $y1=190;
10. $x2=20;
11. $y2=180;
12. for ($i=1;$i<10;$i++)
13.   {
14.     $corLinha = imagecolorallocate ($imagem, 0, 0,255);
15.     imageline ($imagem,$x1,$y1,$x2,$y2, $corLinha);
16.     $x1=$x2;
17.     $y1=$y2;
18.     $x2=$x2+10;
19.     $y2=$y2+10;
20.     $corLinha = imagecolorallocate ($imagem, 255, 0, 0);
21.     imageline ($imagem,$x1,$y1,$x2,$y2, $corLinha);
22.     $x1=$x2;
23.     $y1=$y2;
24.     $x2=$x2+10;
25.     $y2=$y2-30;
26.   }
27.  imagepng ($imagem);
28.  ?>

```

- **Terceira forma:**

A imagem está armazenada no servidor em formato de arquivo PNG e é solicitada pela aplicação através de uma conexão via bluetooth.

- **Quarta forma:**

A imagem é gerada em tempo de execução no próprio dispositivo móvel, conforme mostra o Código **Fonte 3-3**. Para fins de comparação de desempenho, o algoritmo de criação da imagem no servidor e no PDA são os mesmos.

Código Fonte 3-3 Gera imagem PNG no dispositivo móvel.

```

1. g.setColor(255,255,255);
2. g.fillRect(0,200, getWidth(), getHeight());
3. g.setColor(0,255,0);
4. g.drawLine(10,190, 190,190);
5. g.drawLine( 10,10,10,190);
6. int x1=10;
7. int y1=190;
8. int x2=20;
9. int y2=180;
10. for (int i=1;i<10;i++)
11. {
12.     g.setColor(0,0,255);
13.     g.drawLine(x1,y1,x2,y2);
14.     x1=x2; y1=y2; x2=x2+10; y2=y2+10;
15.     g.setColor(255,0,0);
16.     g.drawLine(x1,y1,x2,y2);
17.     x1=x2; y1=y2; x2=x2+10; y2=y2-30;
18. }
```

3.6.1. Resultados do testes para geração de gráficos.

Dispostivo A: PDA Palm Zire 72

Virutal Machine: IBM J9

Conexão: Bluetooth

Primeira forma (imagem compilada) = 210 ms

Segunda forma (imagem gerada em PHP) = + - 650 ms

Terceira forma (arquivo PNG no servidor) =+ - 660 ms

Quarta forma (imagem gerada no PDA) = 0 ms

Dispositivo B: Pocket PC iPAQ h5500

Virtual Machine: IBM J9

Conexão: Bluetooth

Primeira forma (imagem compilada) = + - 49 ms

Segunda forma (imagem gerada em PHP) = + - 190 ms

Terceira forma (arquivo PNG no servidor)= +- 190 ms

Quarta forma (imagem gerada no PDA) = +- 12 ms

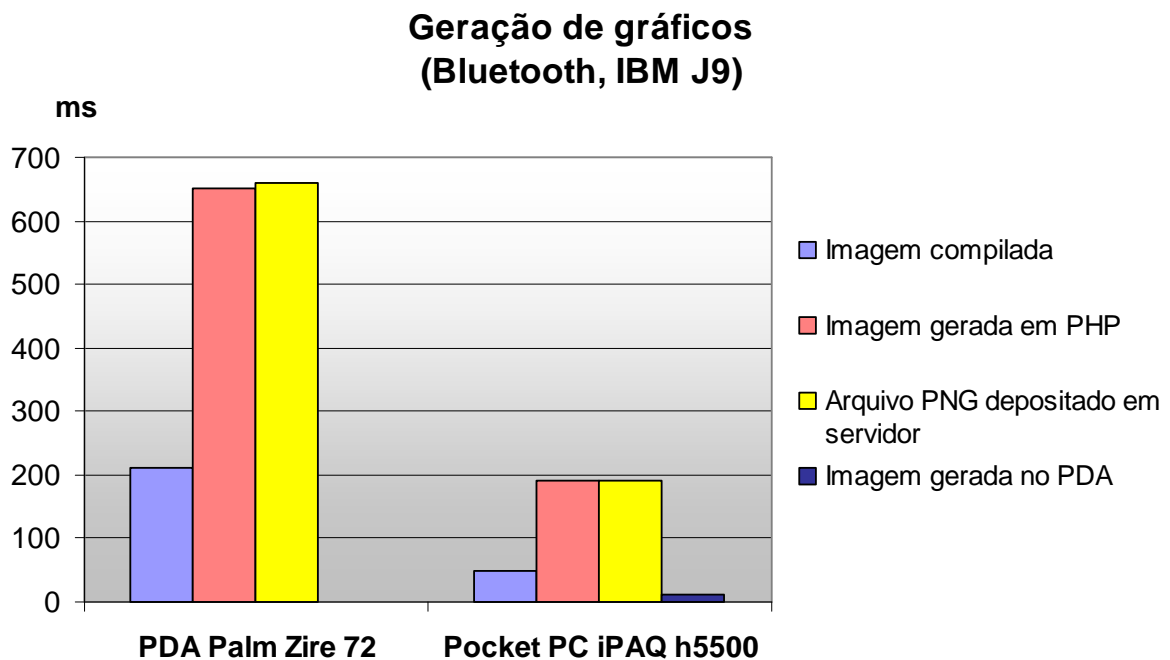


Figura 3-19 Gráfico dos resultados dos testes para geração de gráficos.

Conforme demonstra a Figura 3-19, pode-se perceber a importância dos testes para definição de melhor forma de emprego para os dispositivos móveis de acordo com as características de hardware e software.

Os teste da primeira forma apresentaram como melhor performance o dispositivo B, que por sua vez tem mais memória e capacidade de processamento. O dispositivo B também apresentou um melhor desempenho na obtenção da imagem através de uma conexão. Com apenas estes dados, poderia se pensar que o melhor dispositivo para implementação de aplicações gráficas é provavelmente o dispositivo com maior capacidade de hardware. Porém, os

testes demonstram um desempenho superior a todos, por parte do dispositivo A na quarta forma de geração do gráfico, com tempo inferior a 1 ms.

Também pode-se observar que das 4 formas de testes a que apresentou o melhor resultado nos dois dispositivos foi a quarta forma, o que indica claramente que em caso de projetos que implementem resultados gráficos, estes devem ser gerados no próprio dispositivo.

3.7. Teste de cálculos com valores inteiros

Um dispositivo móvel não deve ter seu uso limitado apenas à coleta de dados, pois possui capacidade de hardware e software que permitem o processamento dos valores coletados e, em muitos casos, com a aplicação de cálculos matemáticos.

Para fins de determinar a viabilidade ou não de executar cálculos com valores inteiros em dispositivos móveis, foi definido como teste a execução de 1.000.000 de cálculos envolvendo as quatro operações matemáticas mais comuns, conforme mostra o Código Fonte 3-4.

Código Fonte 3-4 Cálculos com números inteiros

```
1. for (int j=1;j<1000;j++)
2.     for (int i=1;i<1000;i++)
3.         valor=5*j+i-3/2;
```

A execução deste código originou como resultado para análise a Tabela 3-39.

Tabela 3-39 Teste de Performance de cálculos matemáticos de valores inteiros

Dispositivo	Sistema Operacional	Máquina Virtual	Tempo
iPAQ	Windows CE 4.2	IBM J9 MIDP 2.0	480 ms
Zire 72 Silver	Palm OS 5.2.8	IBM J9 MIDP 2.0 v2.2	850 ms
Zire 72 Silver	Palm OS 5.2.8	IBM J9 MIDP 2.0 v2.1	890 ms
Zire 72 Silver	Palm OS 5.2.8	SUN MIDP 1.0 v1.0	23200 ms
PALM m125	Palm OS 4.1	SUN MIDP 1.0 v1.0	+75000 ms
SPH-I330	Palm OS 3.5	SUN MIDP 1.0 v1.0	+75000 ms

Os resultados demonstraram que os dispositivos móveis com maior capacidade de processamento como o iPAQ, apresentam resultados de desempenho superiores a dispositivos com menor capacidade de processamento, sendo este um comportamento já esperado. Porém os testes apresentam resultados distintos quando comparamos dispositivos com mesma capacidade de hardware e software, mas com *virtual machines* diferentes. Neste caso os resultados

demonstram que até uma simples atualização de versão como J9 V2.1 para J9 v2.2, apresentam desempenhos diferentes.

Cabe destacar que os resultados de testes com cálculos de números inteiros não apresentam diferença de valores quanto ao uso ou não de *Double Buffering*.

3.8. Teste com valores inteiros e emuladores

È pratica comum entre programadores de J2ME utilizar emuladores para testes de software como forma de ganhar tempo durante a fase de programação do projeto. Desta forma foi analisado o desempenho dos emuladores de diferentes kits de desenvolvimentos Java, como forma de compará-los entre si e com os resultados dos encontrados nos testes com dispositivos. Assim, obteve-se os resultados descritos pela Tabela 3-40.

Tabela 3-40 Teste de Performance de cálculo matemático de valores inteiros com emuladores no computador.

Plataforma Emulada	Tempo
J2ME Wireless Toolkit 1.0.4_02	+453 ms
J2ME Wireless Toolkit 2.2	+845 ms
Sun Java Wireless Toolkit 2.3	+813 ms
Sun Java Wireless Toolkit 2.5 for CLDC,	+328 ms
Sun Java Wireless Toolkit 2.5 for CLDC, Beta 2	+328 ms

**Os kits de desenvolvimentos testados foram todos os disponíveis na data de desenvolvimento desta dissertação.*

Pode ser observado pelos resultados dos testes com cálculos de valores inteiros, apresentados na Tabela 3-40, que os valores se alteram de kit para kit e que quanto mais atualizada a versão, melhor é o desempenho do emulador.

Os valores da tabela 3.40 acima levantaram uma outra questão:

Programas compilados com kits de desenvolvimentos diferentes apresentariam resultados diferentes nos testes?

Para responder esta questão foi compilado um único programa para cálculos com números inteiros, mesmo programa, em diferentes kits de desenvolvimentos e, posteriormente, cada compilação executada nos diferentes kits foram testadas em um mesmo dispositivo. Os resultados são apresentados na próxima Tabela 3-41.

Tabela 3-41 Teste de Performance de cálculos matemáticos de valores inteiros compilados em kit de desenvolvimentos diferentes.

Plataforma	Zire 72	Emulador
J2ME Wireless Toolkit 1.0.4_02	890 ms	+453 ms
J2ME Wireless Toolkit 2.2	890 ms	+845 ms
Sun Java Wireless Toolkit 2.3	890 ms	+813 ms
Sun Java Wireless Toolkit 2.5 for CLDC,	890 ms	+328 ms
Sun Java Wireless Toolkit 2.5 for CLDC, Beta 2	890 ms	+328 ms

Os resultados dos testes demonstraram que não existe diferença de performance nos dispositivos móveis em relação ao kit de desenvolvimento em que o programa foi compilado, pois como pode ser observado na Tabela 3-41, todos os testes com o Zire 72 apresentaram resultados idênticos. Porém, os resultados dos testes em emuladores demonstraram uma diferença significativa entre os kits de desenvolvimentos testados, esta diferença é demonstrada na Figura 3-20.

Cálculos matemáticos de valores inteiros

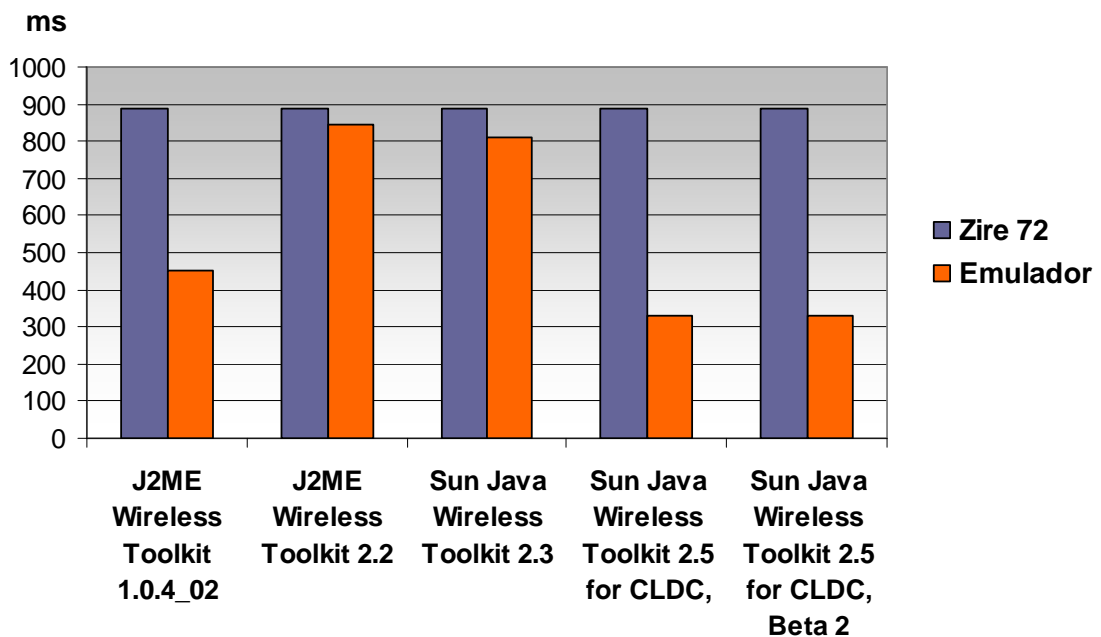


Figura 3-20 Gráfico demonstrativo da Tabela 3-41.

3.9. Teste de cálculos com valores reais

Em programação os cálculos com números reais ocupam mais memória e também exigem um maior tempo de processamento, desta forma foram também comparados os resultados dos desempenhos obtidos pelos dispositivos móveis com números reais.

Nesta dissertação, os cálculos com números reais e inteiros foram realizados por testes distintos, mas em uma aplicação prática, a maioria dos cálculos utiliza os dois tipos de variáveis conjuntamente. O extrato do código fonte demonstra um cálculo com números reais.

Código Fonte 3-5 Cálculo para números reais.

```
1.  for (int j=1;j<1000;j++)
2.      for (int i=1;i<1000;i++)
3.          valor=5.2f*j+i-3.3f/2.5f;
```

Observação: A letra "f" no Código Fonte 3-5, não é uma variável, ela é usada para indicar que o número é do tipo float (com ponto flutuante). Esta é uma característica da linguagem de programação J2ME.

Tabela 3-42 Teste de Performance de cálculos matemáticos de valores reais

Dispositivo	Sistema Operacional	Máquina Virtual	Reais	Inteiros
iPAQ	Windows CE 4.2	IBM J9 MIDP 2.0	2474 ms	480 ms
Zire 72 Silver	Palm OS 5.2.8	IBM J9 MIDP 2.0 v2.2	1920 ms	850 ms
Zire 72 Silver	Palm OS 5.2.8	IBM J9 MIDP 2.0 v2.1	2000 ms	890 ms
Zire 72 Silver	Palm OS 5.2.8	SUN MIDP 1.0 v1.0	ERRO	ERRO

Os valores dos testes com cálculos foram executados com prioridade total para a execução da função que calculava os valores. Se for utilizada juntamente com o cálculo a chamada de outros eventos, como por exemplo, toques na tela, os valores serão alterados para valores maiores, ou seja, estes valores representam o menor valor possível com o cálculo.

Observando os resultados dos testes, nota-se que em cálculos em ponto flutuante o dispositivo iPAQ teve pior performance, e contrário a isto, nos testes com cálculos de números inteiros ele obteve o melhor desempenho. Estes valores surpreendem, pois este dispositivo possui processador com maior frequência e também maior quantidade de memória RAM.

3.9.1. Teste de cálculos com valores reais realizados no servidor e acessados via conexão http.

Uma abordagem para suprir as deficiências de processamento e memória dos dispositivos móveis é repassar os cálculos matemáticos para uma estação servidora.

Para testar esta abordagem foram elaboradas uma série de testes, os quais buscam os resultados em dois programas no servidor. O primeiro programa é executado em um *script* PHP, conforme mostra o Código Fonte 3-6.

Código Fonte 3-6 Executa cálculos com números reais em *script* PHP.

```

1.  <?
2.  $valor=0;
3.  for ($j=1;$j<1000;$j++)
4.      for ($i=1;$i<1000;$i++)
5.          {
6.              $valor=5.2*$j+$i-3.3/2.5;
7.          }
8.  echo $valor;
9.  ?>

```

O segundo programa é executado em um programa compilado em linguagem de programação C, conforme mostra o Código Fonte 3-7.

Código Fonte 3-7 Executa cálculos com números reais em programa C.

```

1.  int main(int argc, char *argv[])
2.  {
3.      float valor=0;
4.      printf("Content-type: text/plain; charset=iso-8859-1\n\n");
5.      for (int j=1;j<1000;j++)
6.          for (int i=1;i<1000;i++)
7.              valor=5.2*j+i-3.3/2.5;
8.      printf ("%f",valor);
9.      return 0;
10. }

```

Teste A**Dispositivo:** iPAQ**Sistema operacional:** Windows CE 4.2**Máquina virtual:** IBM J9 MIDP 2.0**Tempo de Calculo no Dispositivo:** 2474 ms**Conexão:** HTTP via Wi-Fi.**Calculo executado em:** Programa PHP

Tabela 3-43 Resultados do Teste A.

Coluna de Comparação 256 bytes	Resposta do Cálculo 9 bytes
1º-2100 ms	1º-2798 ms
2º-318 ms	2º-1165 ms
3º-269 ms	3º-1176 ms
4º-195 ms	4º-1184 ms
5º-298 ms	5º-1187 ms
6º-196 ms	6º-1177 ms
7º-221 ms	7º-1179 ms
8º-270 ms	8º-1175 ms
9º-218 ms	9º-1190 ms
10º-272 ms	10º-1172 ms

O programa script PHP no lado do servidor após ser acionado apenas retorna para o cliente PDA a resposta do cálculo, que em tamanho representa 9 bytes. Para efeito de comparação, coloca-se na coluna direita da Tabela 3-43 as respostas do cálculo, e na coluna da esquerda da Tabela 3-43 os resultados dos testes de performance de conexão, que buscava no servidor um valor de 256 bytes em mesmas condições de acesso. Pode se observar em comparação com os resultados da Tabela 3-43 que, devido ao tempo necessário para gerar o cálculo por parte da aplicação PHP, o tempo de retorno de uma resposta de 9 bytes é maior do que uma resposta de 256 bytes sem o cálculo. O tempo de processamento de aplicações por parte do servidor deve ser levado em conta tanto quanto a quantidade de bytes envidas por esta aplicação, estes resultados são melhor visualizados no gráfico da Figura 3-21.

Para efeitos de comparação, no Teste B são refeitos os testes com uso de conexão bluetooth, conforme mostra a Tabela 3-44.

Teste A

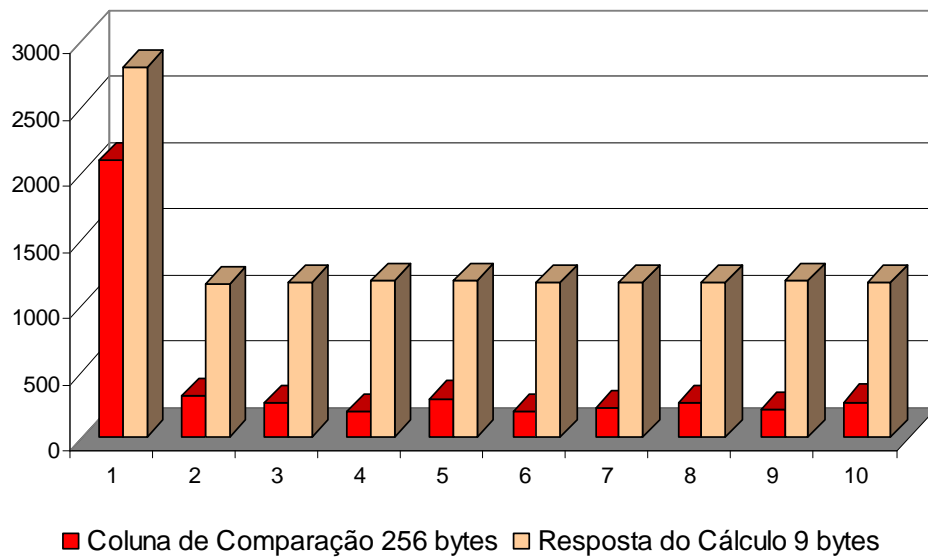


Figura 3-21 Gráfico demonstrativo dos resultados do Teste A.

Teste B

Dispositivo: iPAQ

Sistema operacional: Windows CE 4.2

Máquina virtual: IBM J9 MIDP 2.0

Tempo de Calculo no Dispositivo: 2474 ms

Conexão: HTTP via Bluetooth.

Calculo executado em: Programa PHP

Tabela 3-44 Resultados do Teste B

Coluna de Comparação 256 bytes	Resposta do Cálculo 9 bytes
1º-2108 ms	1º-3636 ms
2º-790 ms	2º-1368 ms
3º-737 ms	3º-1249 ms
4º-779 ms	4º-1278 ms
5º-750 ms	5º-1291 ms
6º-782 ms	6º-1272 ms
7º-740 ms	7º-1269 ms
8º-781 ms	8º-1269 ms
9º-740 ms	9º-1260 ms
10º-780 ms	10º-1320 ms

Novamente, conforme mostra a Figura 3-22, os testes demonstraram que não apenas a quantidade de dados deve ser levada em consideração, mas também o tempo de processamento da aplicação que está sendo executada no servidor.

Teste B

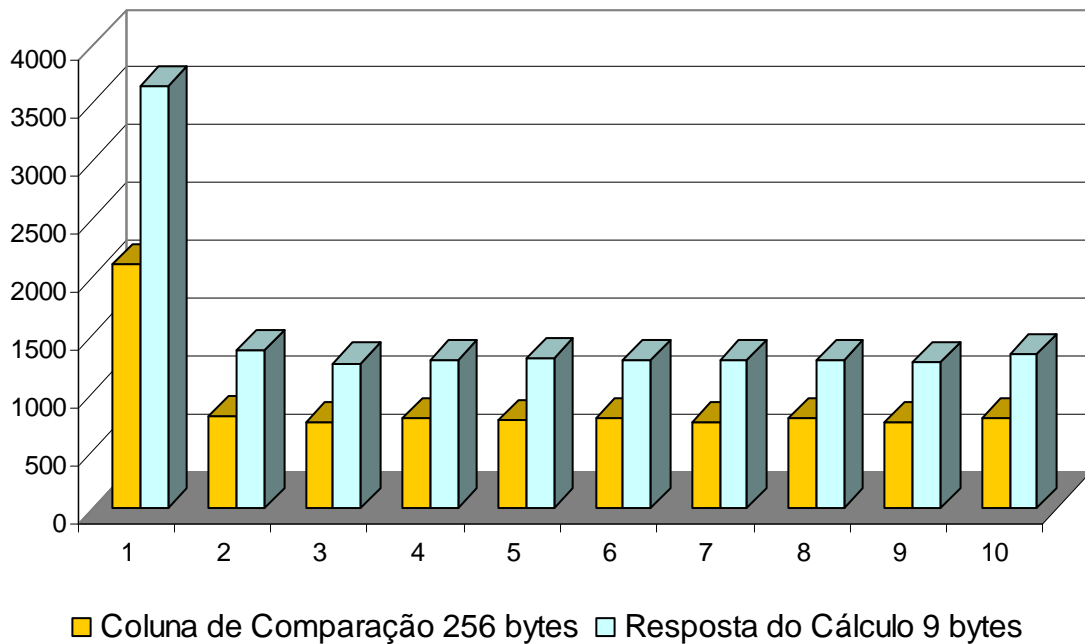


Figura 3-22 Gráfico demonstrativo dos resultados do Teste B.

Como PHP é uma linguagem de programação interpretada, o tempo de processamento é superior ao de uma linguagem compilada. Desta forma os próximos testes utilizaram para resolver os cálculos do lado do servidor uma linguagem compilada, neste caso C. Os resultados em linguagem C apresentaram duas casas decimais a mais de precisão na resposta, o que pode ser percebido pelos 2 bytes adicionais no tamanho da resposta enviada pelo servidor, passando de 9 bytes para 11 bytes. Os resultados dos testes são mostrados na Tabela 3-45.

Teste C

Dispositivo: iPAQ

Sistema operacional: Windows CE 4.2

Máquina virtual: IBM J9 MIDP 2.0

Tempo de Calculo no Dispositivo: 2474 ms

Conexão: HTTP via Bluetooth.

Calculo executado em: Programa C

Tabela 3-45 Resultados do Teste C.

Coluna de Comparação 256 bytes	Resposta do Cálculo 11 bytes
1º-2108 ms	1º-1977 ms
2º-790 ms	2º-383 ms
3º-737 ms	3º-302 ms
4º-779 ms	4º-285 ms
5º-750 ms	5º-310 ms
6º-782 ms	6º-406 ms
7º-740 ms	7º-295 ms
8º-781 ms	8º-303 ms
9º-740 ms	9º-295 ms
10º-780 ms	10º-295 ms

Desta vez observou-se uma queda significativa nos valores dos resultados enviados pelo servidor, demonstrando que a utilização de programas compilados pode reduzir o tempo de acesso ao servidor, conforme mostra a Figura 3-23.

Teste C

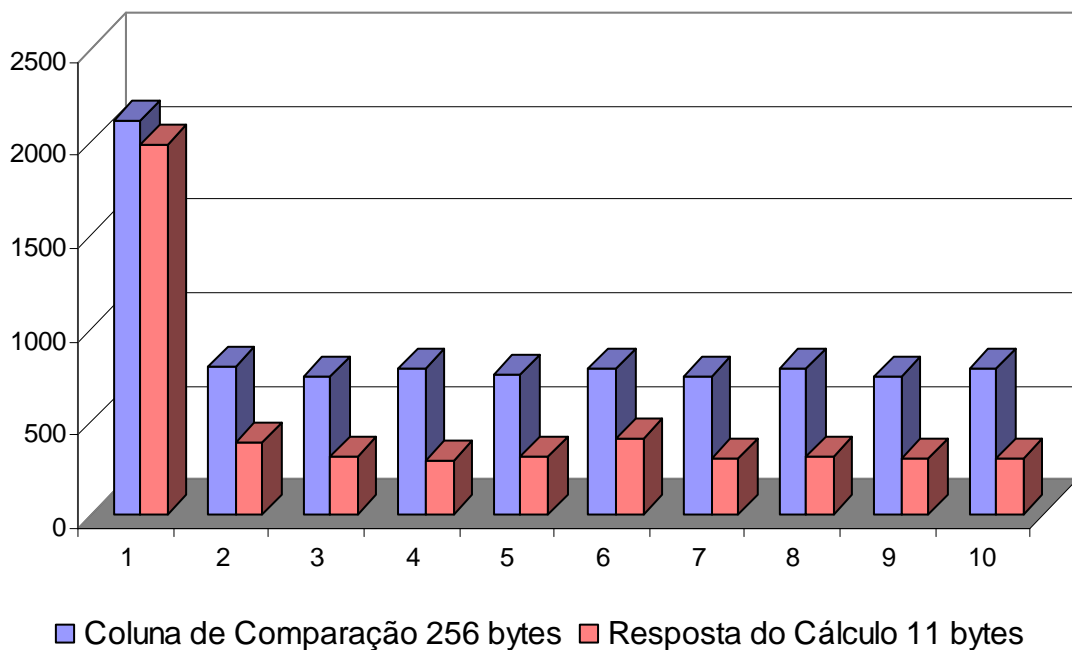


Figura 3-23 Gráfico demonstrativo dos resultados do Teste C.

Com o teste a seguir pode-se verificar uma redução ainda maior do tempo de acesso, por estar ter sido feito com uma conexão *Wi-Fi*.

Teste D**Dispositivo:** iPAQ**Sistema operacional:** Windows CE 4.2**Máquina virtual:** IBM J9 MIDP 2.0**Tempo de Calculo no Dispositivo:** 2474 ms**Conexão:** HTTP via Wi-Fi**Calculo executado em:** Programa C

Tabela 3-46 Resultados do Teste D

Coluna de Comparação 256 bytes	Resposta do Cálculo 11 bytes
1º-2100 ms	1º-1467 ms
2º-318 ms	2º-153 ms
3º-269 ms	3º-681 ms
4º-195 ms	4º-172 ms
5º-298 ms	5º-170 ms
6º-196 ms	6º-171 ms
7º-221 ms	7º-171 ms
8º-270 ms	8º-175 ms
9º-218 ms	9º-171 ms
10º-272 ms	10º-174 ms

Conforme a Tabela 3-46, o tempo de acesso diminui aplicando-se uma conexão mais rápida, esta diminuição é representada na Figura 3-24.

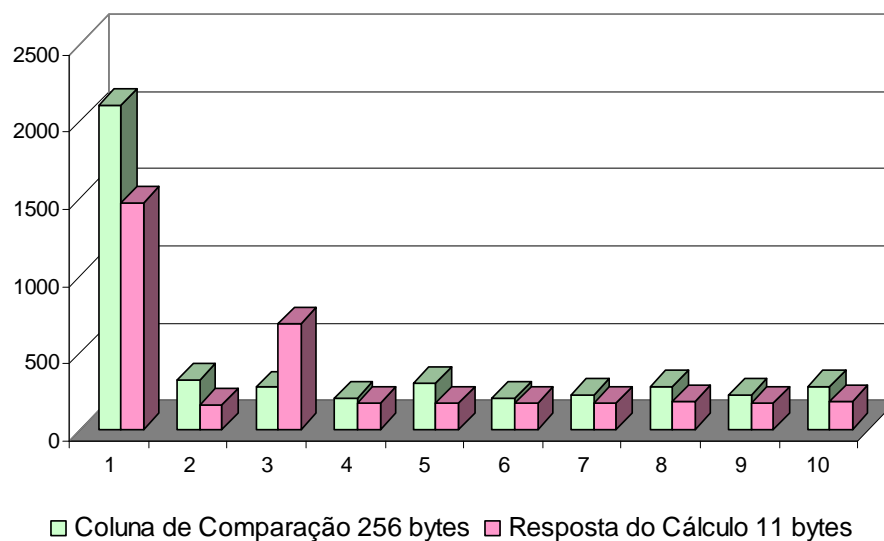
Teste D.

Figura 3-24 Gráfico demonstrativo dos resultados do Teste D.

Porém verifica-se no próximo teste a comparação destes resultados, com os obtidos por um acesso com o uso de um protocolo mais leve, onde o tempo demonstrado da Figura 3-25, apresenta o melhor desempenho.

Teste E

Dispositivo: iPAQ

Sistema operacional: Windows CE 4.2

Máquina virtual: IBM J9 MIDP 2.0

Tempo de Calculo no Dispositivo: 2474 ms

Conexão: Stream via Wi-Fi

Calculo executado em: Programa C

Tabela 3-47 Resultados do Teste E

Com o uso de HTTP 11 bytes	Sem o uso de HTTP 11 bytes
1º-1467 ms	1º-2059 ms
2º-153 ms	2º-41 ms
3º-681 ms	3º-39 ms
4º-172 ms	4º-42 ms
5º-170 ms	5º-38 ms
6º-171 ms	6º-40 ms
7º-171 ms	7º-40 ms
8º-175 ms	8º-40 ms
9º-171 ms	9º-40 ms
10º-174 ms	10º-41 ms

A Tabela 3-47, apresenta os resultados de acesso com o uso do protocolo http, e sem o uso do protocolo http.

Pode-se também observar que o tempo de calculo no dispositivo é de 2474 ms, e que o mesmo calculo quando executado no servidor e posteriormente transferido para o dispositivo móvel e em alguns casos 60 vezes menor.

Essas diferenças podem ser melhor observadas através da Figura 3-25, que apresenta o gráfico demonstrativo dos resultados do Teste E.

Teste E.

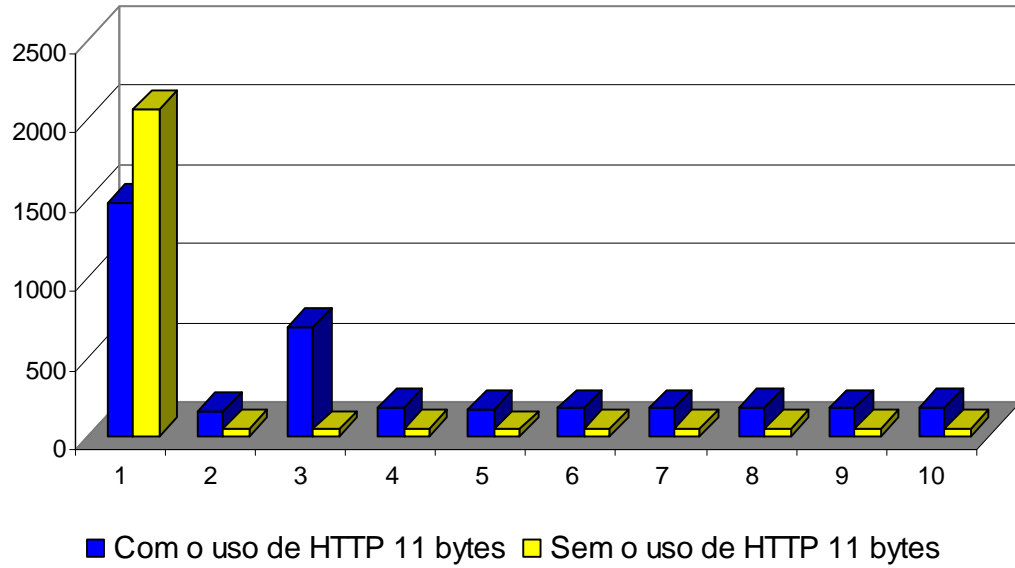


Figura 3-25 Gráfico demonstrativo dos resultados do Teste E.

No próximo capítulo serão apresentados casos de uso e aplicações de computadores móveis.

4. CASOS DE USO E SISTEMAS DESENVOLVIDOS

O foco desta dissertação é a utilização de computação móvel para suporte a atividades de empresas de distribuição de energia elétrica. Sendo assim, como forma de validar e colaborar com as idéias apresentadas, este capítulo apresenta novas abordagens para o uso dos dispositivos móveis em empresas de energia elétrica como solução para redução de gastos e melhoria da qualidade de serviço. Inicialmente apresenta-se quatro casos de uso e após são descritas as aplicações desenvolvidas.

4.1. Casos de Uso

A seguir são apresentados quatro casos de uso: cadastramento de redes, gestão de ativos, apoio a gerenciamento de informações e suporte a operação e manutenção.

4.1.1. Cadastramento de Redes

As empresas necessitam não apenas manter seu cadastro de equipamentos e dispositivos para controle patrimonial, mas também manter o mapa da rede elétrica atualizada, pois não basta apenas saber quais equipamentos dispõem, mas sua localização e em quais condições de trabalho se encontram. Dessa forma, o cadastramento e a manutenção da base de dados cadastral da rede é fundamental, sendo esta uma área para investimento em dispositivos móveis, pois com o uso destes equipamentos podem-se substituir as ultrapassadas planilhas de papéis e garantir maior agilidade e precisão nos cadastros, conforme mostra a Figura 4-1.

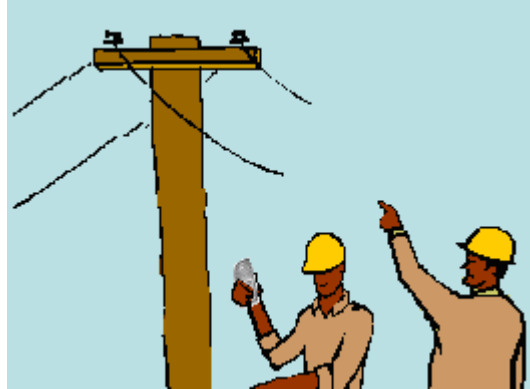


Figura 4-1 Uso do PDA para cadastro de redes elétricas.

O levantamento das informações é realizado pelo eletricitista diretamente no PDA, o qual possui um aplicativo que permite a entrada gráfica e tabular da rede sob inspeção. Os dados podem ser inseridos como uma nova rede ou atualizados sobre uma base de dados previamente carregada. Isto diminui o fluxo da informação e valida localmente a entrada de dados, permitindo depois o envio diretamente das informações ou a descarga na base da empresa.

4.1.2. Gestão de Ativos

O controle patrimonial é essencial e indispensável em qualquer empresa. Entretanto as empresas distribuidoras de energia possuem uma particularidade, pois grande parte do seu patrimônio está distribuído fisicamente pela sua área de concessão (postes, transformadores, banco de capacitores, etc) e expostas a condições adversas de clima e segurança.

Além disto, é desejável ter o controle do estado atual de funcionamento e condições de operação do equipamento, para evitar surpresas quanto á distribuição de energia, como falhas em transformadores ou queda de postes (podres, desalinhados, etc), o que acarreta a interrupção do fornecimento de energia, causando prejuízos econômicos e afetando a imagem da empresa, e podendo ainda acarretar em multas por parte da agência reguladora pelo descumprimento de índices de desempenho em relação a continuidade do fornecimento.

Com o uso de dispositivos móveis pode-se garantir um trabalho mais prático e rápido, uma vez que estes dispositivos podem consultar os dados dinamicamente, evitando assim que a equipe de eletricitistas carregue grandes quantidades de papéis e planilhas, como mostrado esquematicamente na Figura 4-2.

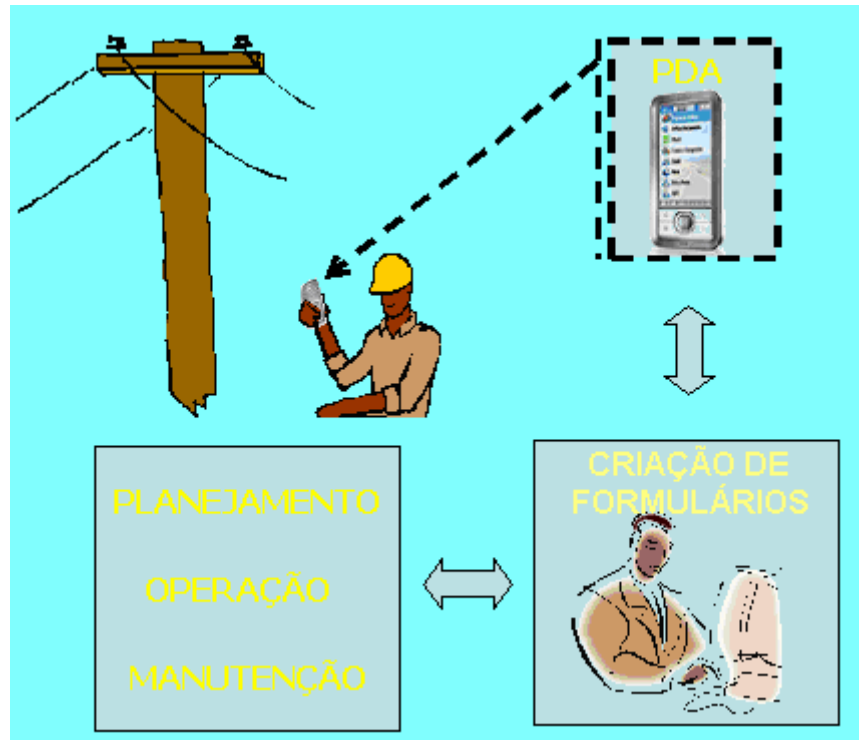


Figura 4-2 Uso de PDA para gestão de ativos.

4.1.3. Apoio ao gerenciamento de informações e tomada de decisões

Aplicações corporativas estão sendo cada vez mais utilizadas pelas empresas para a gestão de negócios, pois permitem que sejam tomadas decisões rápidas baseadas nas informações mais recentes de sua base de dados.[23].

A decisão correta no momento certo é o diferencial entre o melhor e o pior resultado de uma equipe de gerenciamento de sistemas de energia. A medida que os sistemas de energia crescem e novas regulamentações são editadas, aumenta o fluxo de informações e a massa de dados de diferentes fontes que devem ser acessados para tomada de decisão. Muitas vezes em reuniões gerenciais é necessário acesso a informações de operação e, não raramente, a dados históricos de operação do sistema. Equipes de diferentes departamentos podem também necessitar o acesso de forma iterativa a este tipo de informação para suporte a suas atividades, muitas vezes em tempo real, como é o caso, por exemplo, do chefe do centro de operação ou do engenheiro responsável pela operação do sistema.

O uso de computação móvel para apoiar atividades iterativas de consulta e gerenciamento de informações de operação, conforme mostra a Figura 4-3, poderá ser um diferencial de tempo e dinheiro na execução de projetos.



Figura 4-3 O uso do PDA em reuniões de projeto.

4.1.4. Suporte à Operações de Manutenção

Toda concessionária de distribuição de energia elétrica possui milhares de transformadores, chaves e outros equipamentos em sua rede de distribuição. Existe hoje uma enorme demanda por operações de manutenção nesses equipamentos, exigindo uma atualização constante das bases de dados contendo informações técnicas e de manutenção dos equipamentos instalados. [24]. As redes elétricas exigem uma constante vigilância e manutenção preventiva, pois a falha em um equipamento pode ocasionar a falta de abastecimento em todo um bairro, deixando um grande número de consumidores sem energia. O processo de manutenção é essencial, o que significa que quanto mais rápido, ágil e econômico para empresa este processo tornar-se, maior será a segurança e confiabilidade na rede elétrica, e maior será a qualidade do serviço prestado aos consumidores finais. Uma forma de tornar este procedimento mais eficiente é a utilização de dispositivos móveis, os quais podem dispor do histórico e dos manuais de manutenção e operação dos equipamentos, bem como permitir acessar informações remotas sobre determinado dispositivo, com mostra a Figura 4-4.

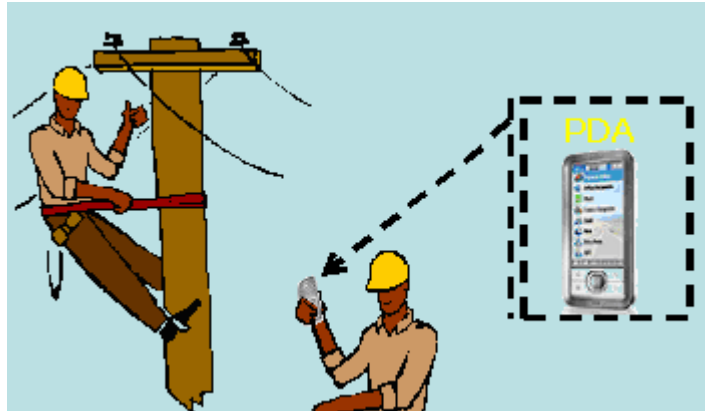


Figura 4-4 Equipe de manutenção acessando informações via PDA.

4.2. Vantagens

O uso de terminais móveis abre novos campos para a automatização e informatização de um vasto conjunto de atividades [25]. Apresenta-se a seguir alguns tópicos que podem ter seu desempenho melhorado:

- **Ganho de tempo**

Não é necessário repassar as planilhas com os dados coletados pelos eletricitistas para um digitador agregá-los ao sistema. Os dados são repassados através de um programa apropriado para isto, indo diretamente para o banco de dados através de conexões *wireless*.

- **Facilidade no preenchimento de formulários**

Alguns campos devem ser preenchidos de forma descritiva e em muitos casos o coletor de dados não dispõem de uma mesa ou local adequado para apoiar a planilha, o que faz com que a escrita não seja uniforme, e confunda o digitador que passará os dados da planilha para o sistema.

- **Ganho em agilidade**

Os dados coletados podem ser enviados através da Internet, isto significa que diariamente o sistema é alimentado e atualizado com os novos dados coletados sem a necessidade de esperar os responsáveis pelas coletas retornarem a sede da empresa com as planilhas em papel.

- **Economia de papel e facilidade de transporte**

O coletor de dados não corre o risco de ficar sem formulário em pleno trabalho, pois a capacidade dos dispositivos móveis permite o armazenamento e coleta de vários formulários eletrônicos. Além disso, a não utilização de papel e canetas contribui para a diminuição de custos da empresa e para a melhoria de aspectos ambientais. Adicionalmente, não é necessário levar vários tipos de formulários para o local da coleta dos dados, o que significa peso desnecessário a ser carregado, pois vários tipos de formulário podem ser armazenados no PDA sem aumentar seu peso.

- **Ganho com a validação dos dados**

Conforme o tipo de formulário pode se fazer uma validação dos dados preenchidos localmente, auxiliando assim o coletor em eventuais distrações no preenchimento.

- **Ganho com a interatividade do formulário**

Um formulário eletrônico permite uma interatividade com o seu operador, como, por exemplo, fazer cálculos que possam auxiliar nos tipos corretos das ocorrências que esta sendo preenchidas.

- **Formulário do tamanho certo**

Em alguns casos quando determinados campos são preenchidos, é eliminada a necessidade do preenchimento de outros, e nestes casos, com o uso de um formulário eletrônico é possível apresentar para o operador do formulário apenas os campos relevantes e que devem ser preenchidos.

- **Validação dos dados**

Ao final do preenchimento de uma planilha o sistema verificaria a consistência da mesma para evitar que campos sejam mantidos sem preenchimento, evitando que o trabalho precise ser refeito voltando ao local da coleta dos dados para retificar este erro.

- **Evita rasuras na planilha de preenchimento**

Os formulários eletrônicos preenchidos podem ser retificados facilmente, isto evita as rasuras que ocorreriam em um formulário de papel.

- **Visão gráfica dos dados**

A tomada de decisão e entendimento dos dados pode ser dar de forma mais rápida através de uma visão gráfica da situação. E em alguns casos, os dados só podem ser apresentados de forma gráfica. Estes gráficos podem ser calculados e visualizados em tempo real, e modificados automaticamente de acordo com os novos dados coletados, o que não seria possível em formulário de papel.

Estas são algumas das vantagens do uso de dispositivos móveis nas execuções e tarefas que antes eram feitas com o uso de planilhas de papel.

4.3. Aplicações desenvolvidas

As aplicações descritas a seguir foram desenvolvidas para demonstrar, testar e comprovar de forma prática a aplicabilidade dos dispositivos móveis descritas no capítulo 3. Foram desenvolvidas aplicações protótipos específicas para as áreas de cadastramento de novas redes, gestão de ativos, suporte a operações de manutenção e apoio a informações gerenciais. Estas aplicações são detalhas a seguir.

4.3.1. Tempo Real

O sistema “Tempo Real” foi desenvolvido para dar suporte à tomada de decisão de ações gerenciais de operação, e como o próprio nome indica, trata-se de aplicações para obtenção de informações em tempo real. Estas informações são obtidas de diversos sistemas de operação, programas em PHP, programas em CGI (*Common Gateway Interface*) e uma base de dados histórica da operação.

Também foi necessário desenvolver um ambiente para indicação de quais sistemas e quais informações serão obtidas. Este sistema foi desenvolvido para operar em ambiente *web*, assim pode ser acessado através da *internet* por qualquer computador que possua um programa navegador para a *web*, como o Internet Explorer, por exemplo. A Figura 4-5 apresenta uma tela deste sistema.

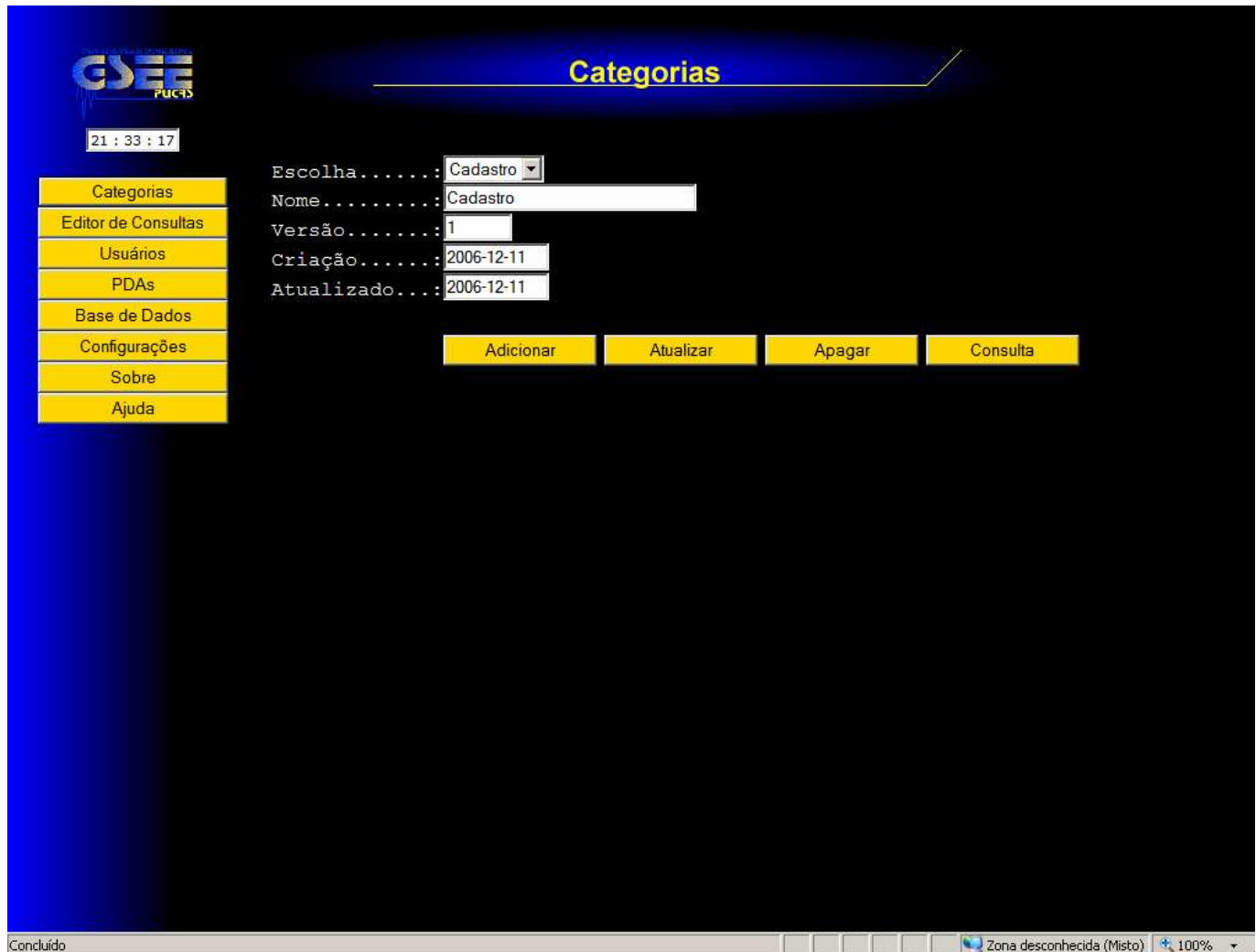


Figura 4-5 Tela de configurações do modo servidor do sistema "Tempo Real".

Para as demonstrações práticas desta aplicação, foram desenvolvidas consultas a informações de banco de dados que contém o cadastro da rede, base CADSE, e base que contém os dados históricos de operação, base HOL.

A base CADSE, cujo nome é a abreviação de CADastro do Sistema Elétrico, armazena as informações técnicas e patrimoniais dos equipamentos e dispositivos cadastrados no sistema. A base HOL, cujo nome significa Histórico On Line, contém as informações dos estados dos

dispositivos em determinado dia e hora. Estes estados são capturados pelo sistema SCADA (*Supervision Control and Data Aquisition*) e armazenados na base HOL. A Figura 4-6 demonstra a consulta a esta base.



Figura 4-6 Tela do PDA, com o sistema “Tempo Real”.

4.3.2. Formulários

O sistema “Formulários” foi desenvolvido para atuar em aplicações de Gestão de Ativos. Esta aplicação tem como particularidade a criação de formulários de consultas em tempo real ou através da utilização de formulários dinâmicos armazenados no PDA. Isto foi necessário devido à natureza desta área, onde a variedade de ativos administrados, bem como suas características, são muitas e exigem para cada caso suas particularidades. Assim tem-se tantos formulários de consultas quantas características de um determinado dispositivo que precisa ser analisada. Para isto foi criada uma classe em J2ME que recebe a descrição de como deve ser os formulários e o implementa em tempo de execução. Os formulários por sua vez são desenvolvidos por uma aplicação programada em J2SE no lado do servidor, conforme mostra a Figura 4-7.

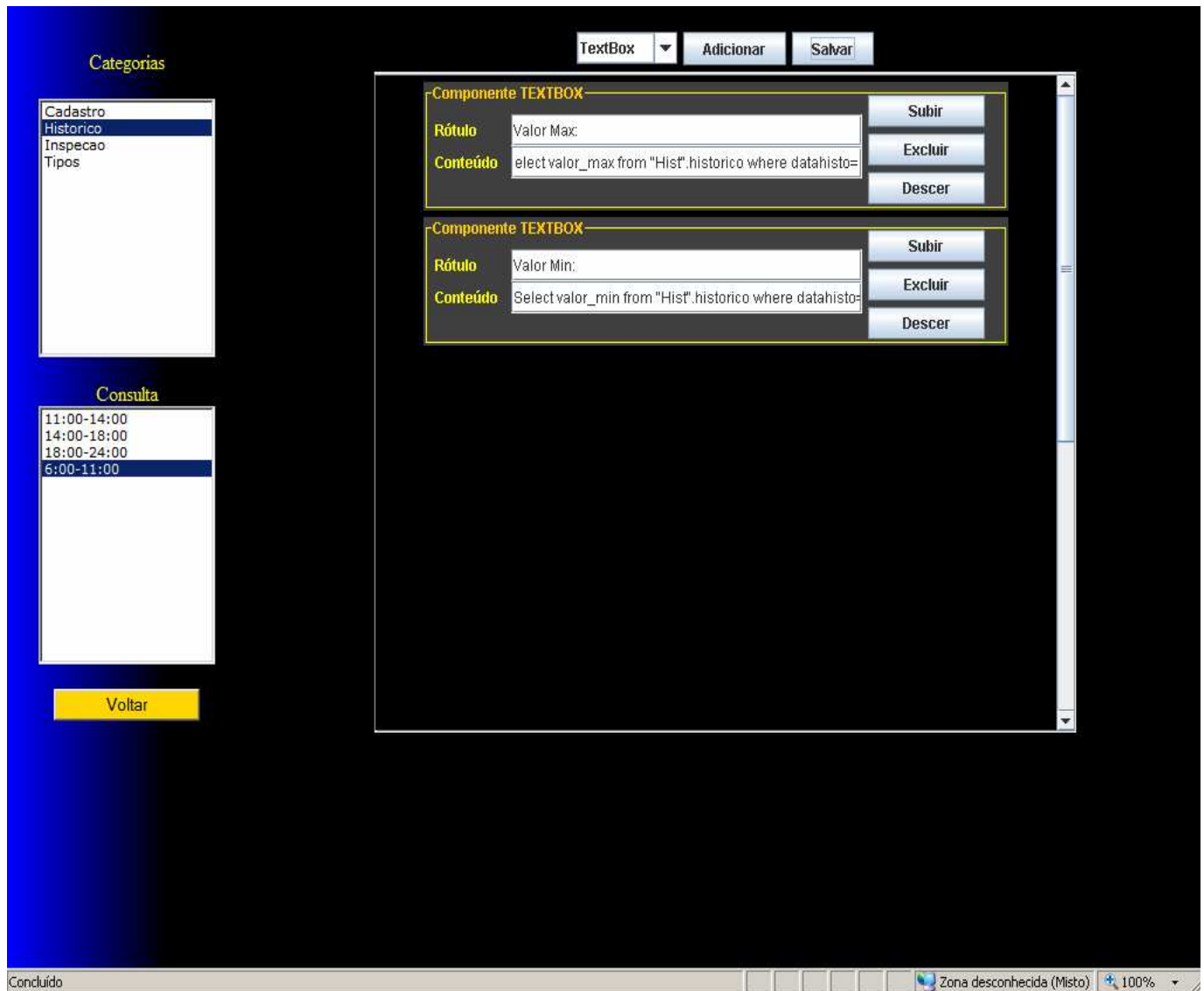


Figura 4-7 Tela do programa para desenvolvimento de formulários.

Com isto é possível desenvolver uma interface para gerenciamento de gestão de ativos, voltadas às necessidades de cada empresa e de cada equipamento. Como exemplo de aplicação, foi criado um formulário para verificação de poste, conforme pode ser visto na Figura 4-8.



Figura 4-8 Tela do programa “Formulário”.

4.3.3. Editor de Redes

A evolução da indústria *wireless* através das tecnologias GSM/GPRS (*Global System for Mobile / General Packet Radio Service*), juntamente com a tecnologia Java para o desenvolvimento de aplicações móveis, e dos próprios dispositivos móveis, veio possibilitar a criação de aplicações elaboradas utilizando gráficos, cores, imagens e outros recursos.[23].

O “Editor de Redes” é uma aplicação que demonstra como prático e fácil pode ser o cadastro de uma rede com a ajuda de um dispositivo móvel. Através de uma tela “touch screen” o eletricitista adiciona os componentes da rede um a um através de um simples toque. O editor ainda permite alterar a rede projetada, salvar e enviá-la diretamente para o servidor, evitando o trabalho de

digitação das planilhas conforme a forma tradicional de edição. A Figura 4-9 apresenta uma tela que demonstra esta aplicação.



Figura 4-9 Tela do programa “Editor de Redes”.

4.3.4. Manutenção de Redes

A aplicação “Manutenção de Redes” foi desenvolvida para suporte a “Operações de Manutenção”, unindo as características de duas aplicações em uma. A interface do “Editor de Redes” mas com a possibilidade de usar um editor de “Formulários”, assim oferece uma interface gráfica e amigável para as operações de manutenção de rede, mas com os detalhes de informações que um formulário pode oferecer, conforme mostra a Figura 4-10.

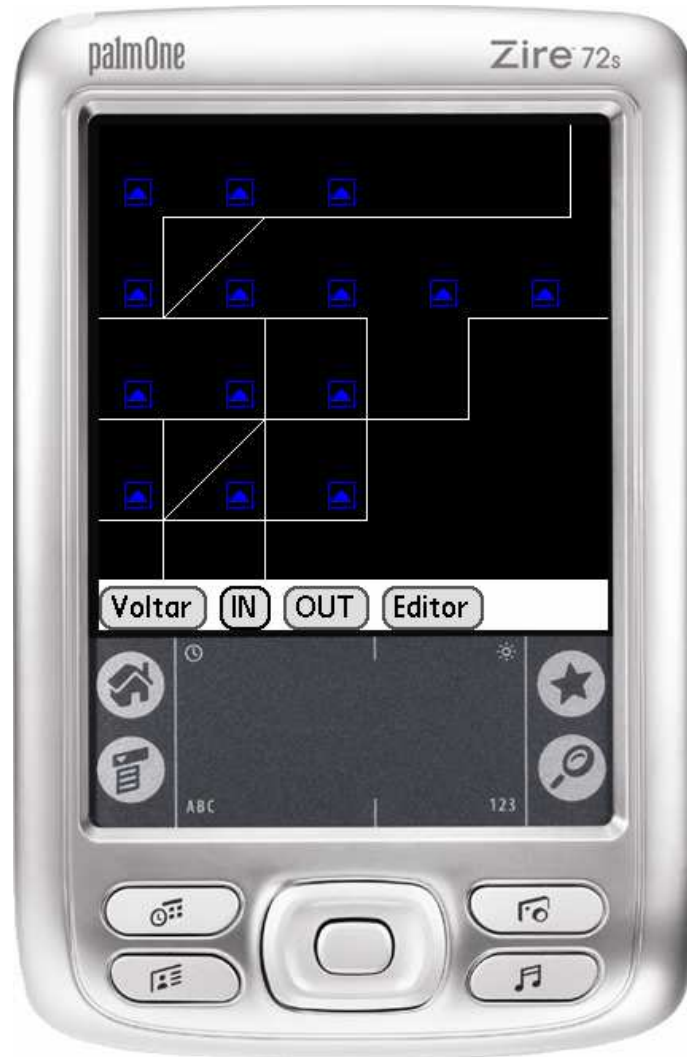


Figura 4-10 Tela do programa “Manutenção de Redes”.

O próximo Capítulo apresenta as conclusões deste trabalho.

5. CONCLUSÕES

O tratamento de informações de operação e manutenção em uma empresa de energia elétrica é fator primordial na estratégia e na produtividade. A necessidade cada vez maior de dispor de diferentes tipos de informações, de bases em tempo real ou de bases históricas ou cadastrais, com mobilidade e velocidade é, sem dúvida, o diferencial do nível técnico e gerencial de uma distribuidora de energia. Desta forma, a utilização de computação e dispositivos móveis é a escolha natural para preencher esta demanda. O avanço nas tecnologias de dispositivos móveis como os Personal Digital Assistant - PDA e mais recentemente os smartphones, estão criando uma revolução na tecnologia da informação e na sua utilização como suporte a gerência e operação de sistemas elétricos. O foco principal desta dissertação foi demonstrar as possibilidades e viabilidades de implementações de aplicações para dispositivos móveis para suporte a operação e manutenção de sistema elétricos, e não comparar desempenho entre marcas e modelos de PDAs como estudos e testes de *benchmark*.

As conclusões da dissertação se relacionam aos testes de desempenho e implementações realizadas, comentando os aspectos positivos e negativos da utilização de PDA com diferentes características de memória, sistema operacional, linguagem de programação, virtual machine - VM e conexões físicas, como mostrado pela Tabela 3.1. A diversidade de dispositivos utilizados nos testes permite avaliar quais as características de hardware e software que devem ser observadas em cada situação, e assim também demonstrar formas de melhorar a performance de aplicações, utilizando alternativas que supram as deficiências dos dispositivos em cada caso estudado.

As seguintes conclusões sintetizam o trabalho desenvolvido, agrupadas por tópicos relacionados ao desempenho dos dispositivos em relação a:

- **Desempenho de acesso a informação**

O objetivo foi avaliar o desempenho das formas de acesso disponíveis e não definir qual a melhor forma de conexão. Para este propósito utilizou-se dos dispositivos Palm Zire 72 Silver e um Pocket PC iPAQ h5500, ambos devidamente equipados com os meios físicos de acesso necessários para os testes. Para testar a velocidade de acesso às informações do servidor, foram usadas três formas de acessos: Cabo USB, Bluetooth e Wi-Fi, os quais foram selecionados por serem os mais comuns e utilizados em PDAs para comunicação em rede. Foram utilizadas aplicações em linguagem PHP e executadas no servidor, para testes dinâmicos, e acesso a arquivos para testes estáticos.

Em relação ao meio de acesso do dispositivo móvel as principais conclusões obtidas foram as seguintes:

- **Conexões Físicas**

Acesso singular – Neste tipo de acesso foi criado um ambiente para permitir a avaliação da conexão de um dispositivo por vez ao servidor.

Bluetooth - Os acesso via *bluetooth* apresentaram melhores resultados no dispositivo Pocktet PC iPAQ h5500 em relação ao Palm Zire 72. Uma característica desta conexão é que a primeira interação com o servidor exige mais tempo para retornar uma resposta, o que indica que não é conveniente desenvolver aplicações que solicitem apenas um valor por acesso quando o tempo de acesso for crucial para o programa. Os próximos acessos à primeira conexão levam menos da metade do tempo da primeira interação para retornar uma resposta. Este atraso ocorre devido a necessidade de negociar a conexão entre cliente e servidor antes da solicitação dos dados. Esta situação pode ser contornada através de um acesso a um conjunto maior de dados e armazenagem no dispositivo para uso posterior. Este tipo de acesso é adequado para aplicações que necessitam pouco acesso a base de dados, como as de aquisição de dados e cadastro. Não é adequada para acesso a base de dados de tempo real para acompanhamento de informações.

Cabo USB - Embora a conexão com cabo USB apresentar uma resposta mais rápida, possui o inconveniente de que o cabo exige uma configuração prévia do computador e também a instalações de programas adicionais, o que em muitos casos não é possível devido a permissões do sistema operacional impostas pelo administrador da rede. Outro inconveniente desta forma de acesso é a perda parcial da mobilidade com o dispositivo, pois o usuário do sistema fica dependente de um contato direto com computador previamente configurado toda vez que precisa atualizar os dados.

Wi-Fi – Além de ser uma tendência de acesso para os dispositivos móveis e possuir maior alcance, a conexão Wi-Fi apresentou o melhor desempenho em relação ao Bluetooth e via cabo. Através dos testes realizados, ficou claro que o acesso via Wi-Fi responde com maior rapidez as requisições, sendo um meio de acesso predominante em termos de velocidades se comparados ao Bluetooth e o acesso via cabo.

Outro aspecto importante é avaliar a condição do tipo de hardware, pois onde o tempo de acesso ao servidor é fator crucial na implementação da aplicação, deve-se levar também em conta testes de desempenho de hardware e, em alguns casos, determinar para o projeto uma configuração mínima de hardware.

Acesso concorrente – Neste tipo de acesso foi criado um ambiente para ocorrerem acessos concorrentes em um mesmo servidor. Novamente, a conexão com o dispositivo com Bluetooth apresenta um tempo de acesso maior, sendo dentre os três, o último a apresentar seus resultados. Os testes realizados com uma Virtual Machine mais atualizada não alterou a ordem para as respostas dos dispositivos, confirmando como acesso mais rápido Wi-Fi, seguido do cabo USB e por último o Bluetooth, entretanto pode se observar uma melhora no tempo de acesso devido ao uso de uma VM mais recente.

- **Conexões Lógicas**

Tão importantes quanto os meios físicos de acesso, são as conexões lógicas e os protocolos utilizados. O acesso via http a arquivos estático, apesar de apresentar ainda uma maior redução de tempo de acesso, não demonstra grande diferença de tempo entre requisição de informações em arquivos dinâmicos e estáticos. O acesso stream a arquivos estático apresenta uma maior redução de tempo de acesso, entretanto este método não demonstra grande diferença de tempo entre requisição de informações em arquivos dinâmicos e estáticos.

- **Interface Gráfica**

Os testes visaram demonstrar a capacidade de processamento gráfico dos dispositivos, utilizando a medição do tempo em milisegundos necessário para cada dispositivo desenhar 60000 retângulos em posições variadas na tela. A figura do retângulo foi escolhida por ser usada freqüentemente em gráficos de redes. Através dos resultados conclui-se que o dispositivo móvel que apresentar um bom desempenho quanto a conexões de redes, não necessariamente deve apresentar um bom desempenho quanto a processamento de imagens. Em relação a utilização e exibição de gráficos é recomendado o teste de Benchmark, a fim de determinar o desempenho do dispositivo para a aplicação específica. Os testes com gráficos também reforçaram a diferença de desempenho entre configurações de Virtual Machines diferentes, as quais foram testadas sob mesmo hardware e sistema operacional, e apresentam uma diferença de desempenho significativa com alteração de determinados parâmetros. Foram também realizados testes de quatro formas de projeção de gráficos em dispositivo tipo PDA. A imagem gerada em tempo de execução no próprio dispositivo móvel foi a que apresentou o melhor resultado nos dois dispositivos, o que indica claramente que em caso de projetos que implementem resultados gráficos, eles devem ser gerados no próprio dispositivo.

- **Operações aritméticas**

Para avaliar a viabilidade de executar cálculos em dispositivos móveis, foram realizados testes com valores inteiros e reais. Para valores inteiros foi definido como teste a execução de 1.000.000 de cálculos envolvendo as quatro operações matemáticas mais comuns (soma, subtração, multiplicação e divisão). Os resultados demonstraram que os dispositivos móveis com maior capacidade de processamento como o iPAQ, apresentam resultados de desempenho superiores a dispositivos com menor capacidade de processamento, sendo este um comportamento já esperado. Porém os testes apresentam resultados distintos quando comparamos dispositivos com mesma capacidade de hardware e software, mas com *virtuais machines* diferentes. Neste caso os resultados demonstram que até uma simples atualização de versão como J9 V2.1 para J9 v2.2, apresentam desempenhos diferentes. Outra observação é que os resultados de testes com cálculos de números inteiros não apresentam diferença de valores quanto ao uso ou não de *Double Buffering*.

Foi também analisado o desempenho dos emuladores de diferentes kits de desenvolvimentos Java, como forma de compará-los entre si e com os resultados dos encontrados nos testes com dispositivos. Pode ser observado pelos resultados dos testes com cálculos de valores inteiros que os valores se alteram de kit para kit e que quanto mais atualizada a versão, melhor é o desempenho do emulador. Entretanto, se os programas são compilados em kits de desenvolvimento diferentes e executados em diferentes dispositivos, não existe diferença de performance.

Nesta dissertação, os cálculos com números reais e inteiros foram realizados por testes distintos, mas na vida real, a maioria dos cálculos utiliza os dois tipos de variáveis conjuntamente. Os valores dos testes com cálculos foram executados com prioridade total para a execução da função que calculava os valores. Observando-se os resultados dos testes, nota-se que em cálculos com ponto flutuante o dispositivo iPAQ teve pior performance, e contrário a isto, nos testes com cálculos de números inteiros ele obteve o melhor desempenho. Estes valores surpreendem, pois este dispositivo possui processador com maior frequência e também maior quantidade de memória RAM.

Uma abordagem para suprir as deficiências de processamento e memória dos dispositivos móveis é repassar os cálculos matemáticos para uma estação servidora e realizar acesso via conexão física.

Para ilustrar a dissertação e mostrar a aplicação das conclusões dos testes realizados, foram analisados casos de uso e desenvolvidas quatro aplicações protótipos: cadastramento de novas redes, gestão de ativos, suporte a operações de manutenção e apoio a informações gerenciais.

O uso de terminais móveis abre novos campos para a automatização e informatização de um vasto conjunto de atividades, apresentando a melhoria do desempenho nos seguintes tópicos:

- Facilidade no preenchimento de formulários
- Ganho em tempo e agilidade
- Economia de papel e facilidade de transporte
- Ganho com a validação dos dados
- Ganho com a interatividade do formulário
- Formulário do tamanho certo
- Validação dos dados
- Evita rasuras na planilha de preenchimento
- Visão gráfica dos dados

O desenvolvimento deste trabalho permitiu realizar um estudo sobre várias tecnologias e aspectos relacionados à computação móvel. Este assunto é emergente e multidisciplinar, abrangendo muitas áreas de conhecimento, dentre as quais destaca-se a tecnologia da informação, telecomunicações e aplicações para a área de engenharia elétrica. Além de se esperar uma contribuição acadêmica com a dissertação, também é acreditado alcançar no final deste trabalho um sistema implementado que trará vários benefícios que serão agregados as aplicações desenvolvidas pelo Grupo de Sistemas de Energia Elétrica – GSEE para empresas do setor elétrico.

5.1. Futuros Trabalhos

Em relação ao que foi desenvolvido nesta dissertação pode-se citar como sugestões para futuros trabalhos, o estudo sobre as vantagens e desvantagens da implementação de uma rede *wireless* com tecnologia WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) [39], que

cubra toda a área de uma concessionária de energia elétrica. A tecnologia WiMAX utiliza as especificações do padrão IEEE 802.16 com um alcance para ser usado em redes metropolitanas.

A seguir, são citadas algumas das possíveis vantagens do emprego desta tecnologia em empresas distribuidoras de energia elétrica:

- Viabilizar a comunicação entre a equipe técnica, com o operador no COD (Centro de Operação da Distribuição);
- Enviar imagens para o COD, para detalhar estados críticos de conservação de equipamentos em rotinas de manutenção;
- Monitoração por vídeo das subestações, para uma maior segurança;
- Executar rotinas de manobras em equipamento a distância, sem necessitar o deslocamento de equipes técnicas para este propósito.
- Coletar dados de equipamentos de medição, para monitoramento da rede.

As sugestões apresentadas acima, já estão disponíveis e vem sendo utilizadas pelas empresas de distribuição de energia, porém o WiMAX traz como diferencial, praticidades e baixo custo na implementação deste recursos.

6. REFERÊNCIAS

- [1] ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica** -[on-line], <http://www.aneel.gov.br/>, Último acesso em 21 de Fevereiro de 2007.
- [2] C.O.Pretto, G.V.Rancich, F.A.Lemos, M.A.Rosa. *Forced Outages Information Treatment System and Cause Identification Based on Mobile Computing and Neural Networks. Power. Power Tech, Bolonha*: [on CD], 2003.
- [3] C.O.Pretto, F.A.Lemos, M.A.Rosa. *Computational System For Outage Causes Identification And Analysis For Assessment Of Distribution Systems Reliability Index*. CIRED, Barcelona: [on CD], May 2003.
- [4] J.M Silva F, V.P. Ferrari, A.G. Reichel, M.T. Nakahata, A.R Alemida. *Desenvolvimento de um Sistema de Coleta de Dados para Inspeção de Usinas, Subestações e Linhas de Transmissão*. CITENEL: Anais do II Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica, 2003.
- [5] C. M. S. Figueiredo, E. Nakamura. *Computação Móvel: Novas Oportunidade e Novos Desafios*. T&C Amazonas, Ano 1, nº2. Jun de 2003.
- [6] Microsoft. **Microsoft** -[on-line], <http://www.microsoft.com/brasil/>, Último acesso em 21 de Fevereiro de 2007.
- [7] Palm. **Palm** -[on-line], <http://www.palm.com/us/>, Último acesso em 21 de Fevereiro de 2007.
- [8] Symbian. **Symbian** -[on-line], <http://www.symbian.com/>, Último acesso em 22 de Fevereiro de 2007.
- [9] Nokia. **Nokia** -[on-line], <http://www.nokia.com.br>, Último acesso em 21 de Fevereiro de 2007.
- [10] Motorola. **Motorola** -[on-line], <http://www.motorola.com/>, Último acesso em 21 de Fevereiro de 2007.
- [11] Ericsson. **Ericsson** -[on-line], <http://www.ericsson.com/br/>, Último acesso em 20 de Fevereiro de 2007.

- [12] Panasonic. **Panasonic** -[on-line], <http://www.panasonic.com.br/> ,Último acesso em 21 de Fevereiro de 2007.
- [13] Siemens. **Siemens** -[on-line], <http://www.siemens.com.br> ,Último acesso em 22 de Fevereiro de 2007.
- [14] Sun Microsystems **.Java Sun Microsystems** -[on-line], <http://java.sun.com/> ,Último acesso em 21 de Fevereiro de 2007.
- [15] Sun Microsystems. **J2ME Sun** -[on-line], <http://java.sun.com/javame/index.jsp> ,Último acesso em 21 de Fevereiro de 2007.
- [16] Sony. **Sony** -[on-line], <http://www.sony.com.br/corporate> ,Último acesso em 22 de Fevereiro de 2007.
- [17] G.J. Peres, M. R. da Silva, **Symbian - Sistema Operacional para Dispositivos Móveis**, Curitiba - Paraná-Brasil ,Último acesso em 21 de Fevereiro de 2007.
- [18] IBM. **IBM WebSphere** -[on-line], <http://www-306.ibm.com/software/websphere/> ,Último acesso em 21 de Fevereiro de 2007.
- [19] Keogh, James. **J2ME: The Complete Reference**.USA: Corel VENTURA, 2003.
- [20] Mattos, Érico Tavares de. **Programação Java para Wireless**. São Paulo: Digerati Books 2005.
- [21] Mr. S. Kulkarni, Miss S. Diwan and N. K. Bansode. **Device Independent Mobile Application Controller for Remote Administration of a Server over a GPRS Link using a J2ME Cellular**. IEEE, 2004.
- [22] T. Knyziak; W. Winiecki; **The New Prospects of Distributed Measurement Sstems Using Java 2 Micro Edition Mobile Phone**. IEEE, 2003.
- [23] IBM. **Guia de Instalação do MIDP, para Dispositivos Windows Mobile 2003**.
- [24] M. Debbabi, M. Saleh, C. Talhi, S. Zhioua. **Security Analysis of Mobile Java**. IEEE 2005.
- [25] M. Debbabi, M. Saleh, C. Talhi, S. Zhioua. **Java for Mobile Devices: A Security Study**. IEEE 2005.
- [26] O. Kolsi; T. Virtanen. **MIDP 2.0 Security Enhancements**. IEEE, 2004.
- [27] R.A.de Faria, **Treinamento Avançado em XML**. São Paulo: Digerati Books, 2005.
- [28] J. Niederauer, **PHP com XML**, 2002 Novatec Editora Ltda.
- [29] kXML. **kXML**-[on-line], <http://kxml.sourceforge.net/> ,Último acesso em 21 de Fevereiro de 2007.
- [30] J.C. S. Cadoso, **m-GIS: MOBILE Gis**, setembro 2003 INESC Porto Portugal.

- [31] H. N. Lê; M. Nygard; *Mobile Transaction System for Supporting Mobile Work*. IEEE, 2005.
- [32] LaRocca, James. *802.11 Demystified*, USA: MacAllister Publishing Services, 2002
- [33] Sun Microsystem; Qusay Mahmoud. *J2ME Low-Level Network Programming with MIDP 2.0*, Novembro de 2000.
- [34] IEEE. *The Institute of Electrical and Electronics Engineers* -[on-line], <http://www.ieee.org/portal/site> ,Último acesso em 22 de Fevereiro de 2007.
- [35] ISM. *ISM Indústria Médica Científica*-[on-line],<http://www.itu.int/ITU-R/terrestrial/faq/index.html> ,Último acesso em 21 de Fevereiro de 2007.
- [36] PHP. *PHP: Hypertext Preprocessor*-[on-line], <http://www.php.net/> ,Último acesso em 21 de Fevereiro de 2007.
- [39] *Revista de Wimax* on line <http://www.revistadewimax.com.br/> ,Último acesso em 22 de Fevereiro de 2007.

7. Anexo A

Apresentado no Décimo Segundo Encontro Regional Ibero-americano do CIGRÉ em Foz do Iguaçu-Pr, Brasil de 20 a 24 de maio de 2007.

USO DE COMPUTAÇÃO MÓVEL PARA ACESSO E GERENCIAMENTO DE ROTINAS DE OPERAÇÃO

L. B. Rocha*

F. A. B. Lemos*

J. Jeffeman. Filho*

D. P. Correa*

***Pontifícia Universidade Católica do RS - PUCRS**

A decisão correta no momento certo é o diferencial entre o melhor e o pior resultado de uma equipe de gerenciamento de sistemas de energia. À medida que os sistemas de energia crescem e novas regulamentações são editadas, aumenta o fluxo de informações e a massa de dados de diferentes fontes que devem ser acessados para tomada de decisão. Muitas vezes em reuniões gerenciais é necessário acesso a informações de operação e, não raramente, a dados históricos de operação do sistema. Equipes de diferentes departamentos podem também necessitar o acesso de forma iterativa a este tipo de informação para suporte a suas atividades, muitas vezes em tempo real, como é o caso, por exemplo, do chefe do centro de operação ou do engenheiro responsável pela operação do sistema. Este artigo propõe a construção e utilização de uma rede de dispositivos de computação móvel para suportar atividades iterativas de consulta e gerenciamento de informações de operação. São apresentados comentários sobre tecnologias de computação móvel e aspectos envolvidos na construção de aplicações e redes de dispositivos de computação móvel.

PALAVRAS-CHAVE

Operação de sistemas elétricos, computação móvel, gestão de energia.

1. INTRODUÇÃO

O fluxo de informações para suportar a operação dos atuais sistemas de energia tem se tornado cada vez maior e mais complexo, uma vez que as mudanças estruturais, gerenciais e de regulamentação da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL e os relacionados aos Procedimentos de Redes do Operador Nacional do Sistema – ONS são dinâmicos para acompanhar a evolução tecnológica e prover a segurança, qualidade e confiabilidade dos sistemas de energia. Além disso, cada vez mais é necessário aos profissionais ligados a operação e manutenção do sistema acessar informações de diversas fontes de forma rápida, prática e sem a necessidade de estar fisicamente localizado no ambiente da empresa. Muitas vezes em reuniões gerenciais é necessário acessar a informações de operação e não raramente a dados históricos de operação do sistema. Este acesso deve ser feito de forma rápida, prática e principalmente com mobilidade, ou seja, em qualquer lugar, sem a necessidade de estar em frente a um computador.

Neste sentido, a utilização de tecnologias de computação e comunicação móvel são uma escolha lógica e adequada para adicionar a característica de mobilidade no acesso a informação, estando em contínuo avanço em termos de disponibilidade, funcionalidade e custos, o que as torna atraentes para os planos de automatização das empresas. Essas tecnologias permitem, ainda, uma grande variedade de aplicações, sendo a escolha de uma ou outra, ponderada pelas características do problema. Dentre essas tecnologias pode-se citar o *Personal Digital Assistant* – PDA, conhecido como *Palm-Top*, os modernos telefones celulares, os smartphones, que combinam funções de PDA e telefone celular, e a comunicação de dados via rede de telefonia celular [1].

Recentemente as empresas de energia elétrica têm investido na pesquisa e desenvolvimento de sistemas que utilizam computação móvel no apoio a diversos serviços. Várias aplicações tem sido desenvolvidas [1][2], como a que utiliza telefones celulares para envio de dados de ocorrências, utilizando mensagens SMS (Short Message) [1], o sistema para aquisição de dados de eventos não programados em redes de distribuição [2][3], o sistema para localização de equipamentos em redes e acesso as informações via telefone celular [4], sistema de auxílio nas rotinas de inspeção e manutenção de redes de distribuição [2] e o sistema para aquisição de dados de Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCH utilizando transmissão de dados via telefonia celular [2] [5].

Na área de operação é particularmente importante a disponibilidade de acesso a informações do histórico de operação, onde são armazenados os dados da operação em tempo real, da base de dados de eventos e ocorrências e da base de dados de cadastro de equipamentos. Este conjunto de informações é utilizado, primariamente, por engenheiros e despachantes do centro de operações e do setor de manutenção, sendo também utilizados, como forma de apoio, por outros setores da empresa que necessitam de informações de operação para a tomada de decisão e/ou avaliação gerencial. Estas informações devem, muitas vezes, estarem disponíveis para acesso on-line, na forma de consulta, ou de maneira interativa, para permitir que diferentes profissionais, através de controle de acesso possam interagir com diferentes bases de dados de forma remota e com mobilidade. Um exemplo é a possibilidade de acesso pelos diretores da empresa ou pelo profissional que estiver de sobreaviso.

Com base nos requisitos e necessidades explicitadas acima, este artigo propõe a construção e utilização de uma rede de dispositivos de computação móvel para suportar atividades iterativas de consulta e gerenciamento de informações de operação. É apresentado como exemplo um sistema dividido em dois sub-sistemas, um *sistema cliente* para operar nos dispositivos móveis, o qual é o responsável pelas consultas interativas de informações, e o *sistema servidor*, com acesso através de ambientes web, que permita determinar quais informações serão acessadas e que possibilite a configuração de diretivas de acesso aos dispositivos para garantir a segurança.

O sistema foi desenvolvido para ser operado através de uma interface simples e funcional, que se adapte as mais diferentes telas dos diversos modelos de dispositivos móveis a venda do mercado. A fim de atender a diversidade de hardwares e sistemas operacionais, foi escolhida JAVA como a linguagem de programação multiplataforma.

2. TECNOLOGIAS ENVOLVIDAS

Um dos fatores de sucesso no desenvolvimento do projeto esta diretamente ligado às tecnologias envolvidas na sua implementação. A figura 1 demonstra uma possível visão de um ambiente e a integração das tecnologias envolvidas.

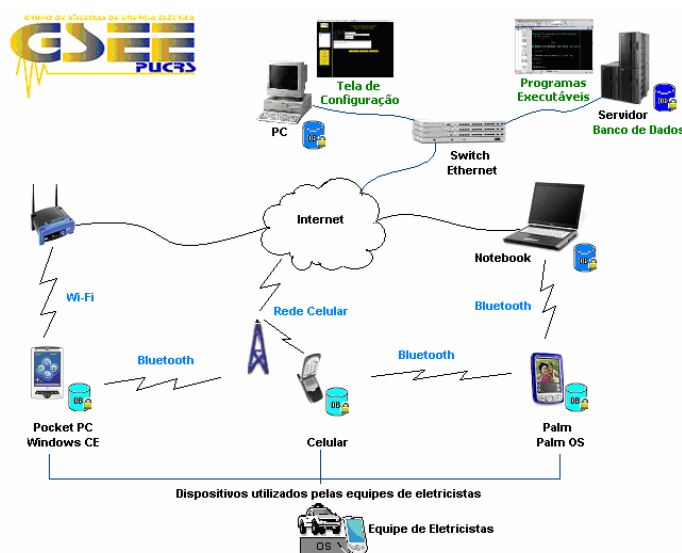


FIGURA 1 – INTEGRAÇÃO E TECNOLOGIAS ENVOLVIDAS.

As próximas seções destacam as principais tecnologias envolvidas para implementação do sistema e comentários sobre pontos importantes neste tipo de projeto, descrevendo e avaliando as principais relevâncias.

2.1 Linguagem de Programação Escolhida

Para dar suporte a diferentes tipos e modelos de PDAs (Personal Digital Assistants) e telefones celulares, o programa para dispositivos móveis foi desenvolvido utilizando a tecnologia Java [6], por sua característica multiplataforma. Esta opção ocorreu devido a o grande número de modelos, marcas e sistemas operacionais existentes para equipamentos móveis, assim não se corre o risco de implementar um sistema que poderia tornar-se obsoleto devido ao rápido lançamento de novos modelos de dispositivos móveis no mercado. A tecnologia Java estende-se desde aplicações para pequenos dispositivos como também desktops e até servidores, como mostra a Figura 2.



Figura 2- Plataforma Java

Dentre as tecnologias apresentadas na Figura 2 foi utilizado J2ME (Java Micro Edition), desenvolvida pela Sun Microsystem [6] [7], especificamente para dispositivos móveis. Isto permite que o sistema rode em qualquer dispositivo (PDAs, Smartphones e Celulares) que tenha uma máquina virtual instalado.

2.2 Dispositivos Móveis Envolvidos

Os dispositivos móveis utilizados foram um PDA da Palm, modelo Zire 72, com sistema operacional Palm OS 5.4, um PDA da HP, modelo IPAC com sistema operacional Windows CE e um telefone celular NOKIA, modelo 7610, com sistema operacional Symbian. Todos os programas desenvolvidos foram implementados e testados em emuladores antes de serem embarcados nos dispositivos físicos, como pode ser visto na Figura 3. A vantagem deste procedimento se refere ao fato de que no emulador podem ser testados programas e interfaces sem a necessidade de carregar o programa no dispositivo móvel.



Figuras 3 – Programa em Execução em Hardware Real e em Emulador.

2.3 Comunicação Entre os Dispositivos

Os dispositivos móveis possuem diferentes tecnologias de comunicação, tais como, Wi-Fi, Bluetooth, Infra-Red, dentre outros. Para manter a conectividade entre todos os dispositivos e ao sistema, optou-se por desenvolver o sistema na camada de aplicação do protocolo TCP/IP, utilizando o protocolo de aplicação HTTP, que esta amplamente difundida. Assim, todos os dispositivos móveis podem interagir com o servidor independente do meio de comunicação físico utilizado pelo dispositivo. Na figura 4 é demonstrada a organização das camadas do protocolo TCP/IP com destaque para a camada de aplicação.

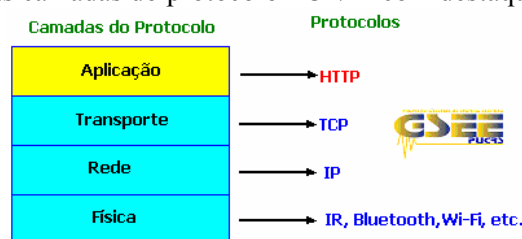


Figura 4 - Camada do Protocolo TCP/IP

2.4 Banco de Dados

A persistência dos dados é algo fundamental na implementação de uma rede de dispositivos móveis. A figura 5 mostra as bases de dados para armazenamento e manipulação das informações nos diferentes sub-sistemas envolvidos.



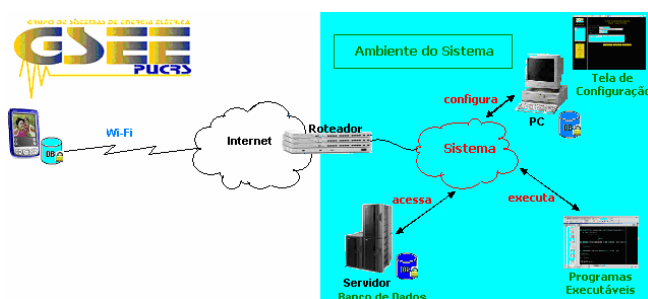
Figura 5 – Bases de dados do sistema

Para armazenar os dados que são de acesso comum a todos os dispositivos móveis no servidor, optou-se pelo SGBD (Sistema Gerenciador de Banco de Dados) PostgreSQL 8.0 [8], dado que este é um banco de dados robusto, de boa integridade referencial, FreeWare e tem versões para as principais plataformas de sistemas operacionais utilizadas no mercado, como Windows e Linux. Devido a característica de ser uma banco de dados leve, ele também pode ser usado como base de dados intermediária quando os dispositivos móveis não tiverem acesso à base de dados principal devido a algum problema de

comunicação. Para a persistência dos dados nos dispositivos móveis foram analisados diversos sistemas e formas de armazenamento. Devido à estrutura das informações estarem organizadas em formato XML (Extensible Markup Language) [9], não foi necessário optar por sistemas proprietários para armazenar os dados ou de um componente extra para ser instalado juntamente com o sistema. Assim, optou-se por utilizar o sistema de armazenamento nativo de Java, o RMS (Record Management System).

3. O SISTEMA DESENVOLVIDO

O sistema desenvolvido é dividido em dois sub-sistemas, o Client Side “Sistema pelo lado do cliente” e o Server Side o “O Sistema pelo lado do servidor”. A figura 6 ilustra a integração entre a aplicação cliente e a aplicação servidora.



7.1. Figura 6 – Integração entre os sistemas Cliente e Servidor

3.1 Sistema Servidor (Server Side)

O sistema pelo lado do servidor foi desenvolvido para utilização em ambiente Web, a fim de permitir seu uso em qualquer computador com acesso a Internet ou Intranet da empresa, evitando a instalação e configuração local em todas as estações de trabalho, facilitando, desta forma, a manutenção e atualização da aplicação. Nele é possível configurar todas as interações e informações a serem consultadas pelos profissionais envolvidos e ajudá-los na tomada de decisão. O ambiente pode ser visto na figura 7.

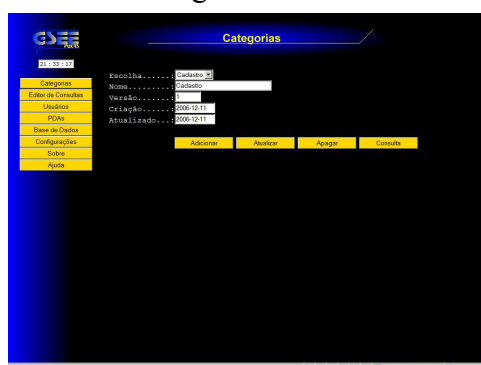


Figura 7 – Ambiente Web para desenvolvimento das consultas.

Uma característica do sistema desenvolvido é permitir a configuração não apenas das informações a serem acessadas, mas também dados particulares das bases consultadas (figura 7). Desta maneira a ferramenta permite a integração de sistemas com diferentes plataformas, pois cada consulta pode ser feita em um banco de dados diferente localizado inclusive em servidores distintos. Nem todas as informações serão obtidas de uma base de dados com valores estáticos, em alguns casos será necessário obter valores em tempo real, isto significa interagir com outros programas

que estarão em execução ou que deverão ser acionados para se obter os dados requeridos, como por exemplo, scripts e CGIs (Common Gateway Interface).

Dessa forma, este sistema se comporta como uma interface de integração para diferentes programas e serviços, não comprometendo a segurança dos demais sistemas por permitir um acesso a programas executáveis a partir de um dispositivo móvel, pois tanto pelo lado dos sistemas cliente como do servidor, é possível configurar as devidas permissões de usuários e de acesso ao sistema, bem como a identificação do PDA que está requisitando a informação. Esta característica é importante para o controle do nível de acesso a diferentes tipos de informações. Pela característica do ambiente ser baseada em Web, a segurança pode ser reforçada com ferramentas adicionais, e comuns a este tipo de ambiente, como Firewalls, Proxys e configurações de segurança conforme o Servidor Web empregado pela empresa.

O uso e aproveitamento da ferramenta têm por tendência apresentar uma maior performance no decorrer de seu uso, pois as informações solicitadas são armazenadas no sistema servidor a título de histórico para posterior análise das consultas mais comuns feitas pelos usuários. A partir destas informações é possível reavaliar as consultas feitas e comparar com os resultados obtidos nos projetos executados. Também permite redefinir e reorganizar as categorias tendo como base os grupos comuns de consultas solicitadas ao servidor, o que permitirá uma busca mais rápida das informações. É possível também definir perfis dos usuários e quais as principais consultas que influenciaram na sua tomada de decisão.

3.2 O Sistema Cliente (*Client Side*)

O programa embarcado no dispositivo móvel foi desenvolvido com uma interface amigável de fácil manuseio pelo usuário, uma vez que necessita ser visualizado em dispositivos com tela reduzida sem perder seu potencial de uso. A interface do sistema foi desenvolvida em forma de listas, conforme mostra a figura 8, sendo simples porém funcionais. Estas listas devem permitir consultas aos dados desejados de forma rápida e fácil. Na figura 8 é mostrado um exemplo de menu principal do programa cliente com seus quatro principais módulos: Consultas, *Download*, *Uploads* e Configurações.

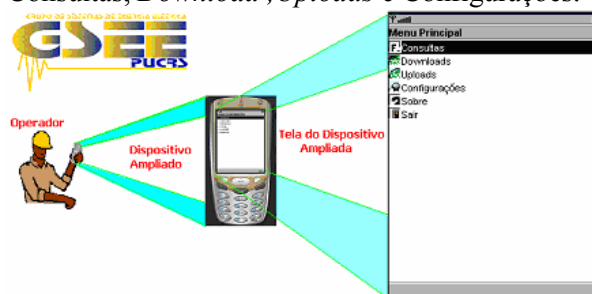


Figura 8 - Tela do Dispositivo

3.2.2 *Download*

O Módulo de *Download* permite buscar no servidor todos os formulários de consultas que foram previamente criados. Ele não apenas faz o *download* dos dados como também compara as consultas do servidor com as do dispositivo móvel, permitindo que o operador não baixe duas vezes o mesmo módulo. O histórico das informações consultadas permite gerar uma análise das principais consultas e relevâncias para tomada de decisões em projeto, esta é uma boa área pra investir em mineração de dados como forma de reduzir o tempo e a consulta de dados repetidos.

3.2.3 Consultas

Pode ser considerado o principal módulo do sistema. Nesse módulo são selecionadas as categorias de informações que devem ser acessadas em tempo real, e das quais deseja-se obter detalhes para tomada de decisões, conforme mostra a figura 9. A escolha da categoria é uma estratégia para minimizar o trabalho de quem está utilizando o aparelho, pois sem elas, todas as consultas estariam em uma única lista, o que tornaria cansativo pra usuários menos pacientes percorrer uma longa lista a procura da consulta correta. O

o sistema permite acessar não apenas valores de um banco de dados, mas também requisitar valores de scripts e programas CGIs.

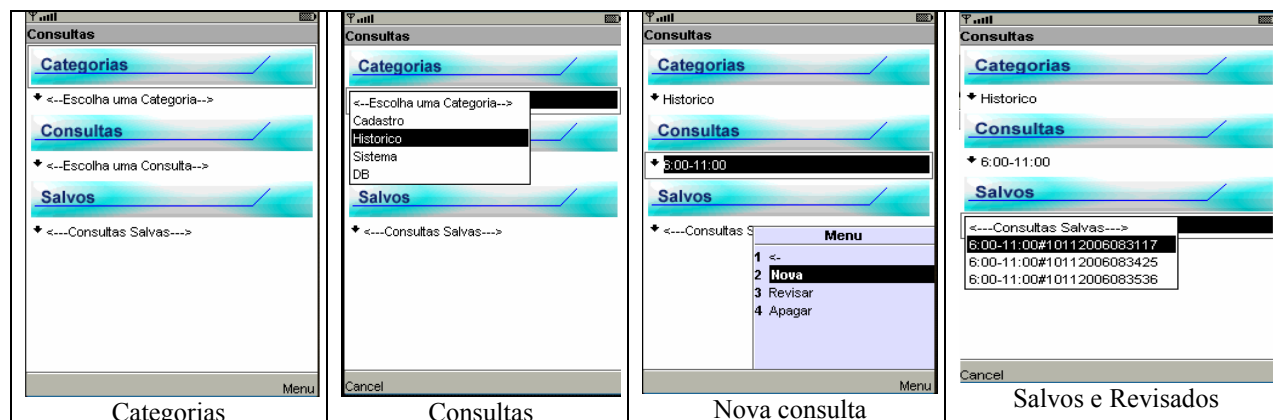


Figura 9 – Seqüência de telas para consulta de informações

3.2.4 Salvar e Revisar

O retorno dos valores consultados será de acordo com a consulta planejada na interface do lado do servidor, assim cada consulta poderá ter um formato de resposta diferente, pois o sistema não está limitado a apenas um tipo de valor ou tamanho de resposta, uma vez que a tela de visualização de resposta permite barras de rolagem. É comum também que determinadas consultas apresentem resultados expressivos do ponto de vista operacional ou de planejamento, desta forma é interessante que estes valores sejam salvos no dispositivo para posterior análise e revisão, como mostra a Figura 9 – Salvos e Revisados.

3.2.5 Upload

O módulo *Upload* permite enviar para o servidor todos os dados consultados e salvos. Através do servidor essas consultas se tornam compartilhadas com os demais dispositivos móveis da rede, permitindo que informações consultadas e relevantes sejam de conhecimento comum. Também se mantém com este procedimento um histórico das informações consultadas que traçam um perfil de qual foram às informações relevantes na tomada de decisão, permitindo aplicar técnicas de mineração de dados para extração de conhecimento.

3.2.6 Configurações

Um das questões relevantes para redes de dispositivos móveis é o fator segurança, pois por ser uma rede sem fio torna-se mais vulnerável a ataques de intrusos. Para isto algumas medidas de segurança devem ser tomadas, como a prévia identificação do dispositivo que está acessando as informações, bem como o usuário que mantém o acesso ativo. Estes dados são configurados no módulo Configurações, como mostra a figura 10.

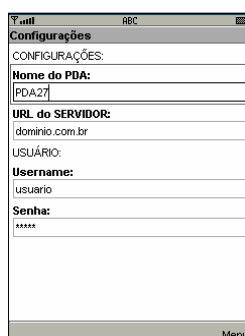


Figura 10 – Tela de configuração do PDA.

4. CONCLUSÃO

Neste artigo apresentou-se uma proposta de utilização de uma rede de dispositivos móveis para acesso e gerenciamento de informações de operação de sistemas elétricos. Foram apresentadas e comentados aspectos relacionados as tecnologias envolvidas, linguagens de programação, base de dados e meios de comunicação. Apresentou-se um protótipo de sistema que está sendo desenvolvido, baseado na estrutura cliente-servidor e suportado pela WEB. Os resultados alcançados até o momento permitem identificar as potencialidades do uso da computação móvel para substituir processos manuais de inserção e consulta de informações, explorando ainda os recursos de mobilidade e interatividade que pode ser obtido com as tecnologias e utilizadas, tanto em nível de hardware quanto em nível de software.

BIBLIOGRAFIA

- [1] CIGRE Task Force 35.07 (2002). The Benefits of Mobile Data How Can They be Realised?. Report of CIGRE Task Force 35.07.
- [2] C. O. Preto; M. A. da Rosa; F. A. B. Lemos; T. T. dos Santos “Utilização de computação móvel para qualificação das rotinas de coleta de dados em redes de distribuição”. Revista da Sociedade Brasileira de Automática. Artigo aceito para publicação.
- [3] C. O. Preto ; M. A. ROSA; F. A. B. LEMOS. “Data Acquisition Using Mobile Computing Technology to Enhance Operation and Maintenance Planning”. In: 18th CIRED - International Conference and Exhibition on Electricity Distribution, 2005, Turin. 18th CIRED - International Conference and Exhibition on Electricity Distribution, 2005. v. 1. p. 1-6.
- [4] M.E. Monteiro, E.S. Moura, A.B Drago, L.O.B.S Santos, P.F.S Amaral, J.G.P. Filho, P.F. Rosal, G.D. Bazelatto “Sistema para Identificação Local de Equipamentos Instalados nas Linhas de Distribuição por Meio de Coordenadas Geográficas (GPS) e Acesso a Banco de Dados via Telefone Celular”. II Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica - CITENEL. Salvador- Bahia. 2003
- [5] T.T. dos Santos, R.K. Pavão, A.S. Quadra e F.A.B. Lemos (2004). Aquisição de Dados Remotos Provenientes de Pequenas Centrais Hidroelétricas via Telefonía Celular. IEEE T&D, São Paulo [em CD].
- [6] <http://java.sun.com/javame/index.jsp>
- [7] Vartan Piroumian “Wireless J2ME Platform Programming”. Prentice Hall PTR. 2002
- [8] <http://www.postgresql.org/>
- [9] <http://www.w3.org/XML/>

8. ANEXO B

Apresentado no 19th CIRED 2007 - International Electricity Conference & Exhibition 2007, de 21 a 27 de Maio de 2007 em Viena, Áustria.

OPERATION INFORMATION MANAGEMENT USING MOBILE NETWORK

Luciano B. ROCHA
GSEE-PUCRS - Brazil
lubero@gmail.com

Flávio A. B. LEMOS
GSEE-PUCRS - Brazil
lemos@ee.pucrs.br

Daniel P. CORREA
GSEE-PUCRS - Brazil
daniel.correa@pucrs.br

Jaime JEFFMAN FILHO
GSEE-PUCRS - Brazil
jjeffman@ee.pucrs.br

ABSTRACT

This paper presents a proposal of a mobile network to manage and access information related with operation of electrical networks. To support different models and types of PDA (Personal Digital Assistants) and mobile phones, the application is being developing using Java Technology. This option was made due to different types, models and operational systems available for mobile equipment, since Java is multiplatform software. To illustrate the paper are presented examples of access and consult of historical and equipments database using PDA.

INTRODUCTION

Electrical utilities are in the forefront of change in operation practices and how they operate their business. Nowadays, a common matter in electrical utilities is the containment or reduction of the cost base whilst maintaining and in many cases improving business efficiency and performance. New challenges in working practices is forcing electrical utilities re-evaluate the communication networks and services that support theirs business. In this way, the use of mobile technologies is a natural choice.

There are many industries and services areas that use mobile technology to enhance process and service quality. The emergence of mobile computing is creating a wide range of application, fast becoming indispensable in our modern society. Several benefits can be derived from the implementation of effective mobile data solutions, since mobile technologies are maturing in terms of availability, functionality and costs [1] [2].

The authors have been working with mobiles technologies in power system area. References [3] [4] [5] present some examples of utilization of PDA and smartphones for inspection routines, operation and maintenance planning and outage cause identification, respectively.

The availability of electric system information for power system operation is fundamental for a safe and economic

operation. The correct decision and the agility to do it is the difference between the best and the worst result obtained in operation area. The information access of historical database, equipment database and database of events and outages must be ease to manipulate, since it is necessary several consults to consolidate and display customized information. Primarily, this set of information is used for engineers and dispatchers of the operational centre and maintenance teams. However, others sectors such as planning, commercial and executives need to make use of this information for strategic decisions and to support technical and economics analysis. Sometimes, it is need to have the information for on-line access using programmed queries or in an interactive form, in order to allow mobile devices to make customized remote consults from different databases. An example of this functionality is a remote access of current or historical demand, demand forecasting or outage information using PDA or mobile phone by directors or technical staff outside the utilities.

MOBILE TECHNOLOGY

Mobile technology is fast become indispensable in our modern society, mobile phones and PDA (Personal Digital Assistants) will probably merge in single equipment. The wireless capability of these new mobile devices provides a new way to deal with information and opens wide new possibilities for this technology. The recent proliferation of cheap, small and increasingly powerful mobile computers provide the application of these equipment in areas that would be impossible years ago, mainly areas that needs graphical capabilities, wireless communication and memory storage. There are several fields that mobile technology could be applied inside a power system utility. Each process that collect or need remote information can be enhancing using mobile technology. In this paper were used two mobile devices, the Personal Digital Assistant – PDA and smartphone.

Smartphones

Smartphones are mobile phones with PDA functionality. The major disadvantage at present, very small display size, may be overcome in the near future. Smartphones with the same display size as the available on PDA are called WDA (wireless digital assistant)[1]. Figure 2 presents two types of smartphones.



Figure 2 - Smartphone

The second is a PDA with characteristics of mobile phone, called WDA.

PROPOSAL SYSTEM

Dispatch and Control Centres need to manage a lot of information, which are stored in historical database in order to provide information for operation and planning processes. There are many data application that could deliver benefits to the energy business using mobile devices and computing. The utilization of mobile devices can bring resources and services closer to the managers, dispatchers and engineers, enabling quicker response times, better services, and more efficient resource management. Additionally, field crew can access to real time data and operation information using mobile devices such as PDA and smartphone. Figure 3 shows an example of mobile network.

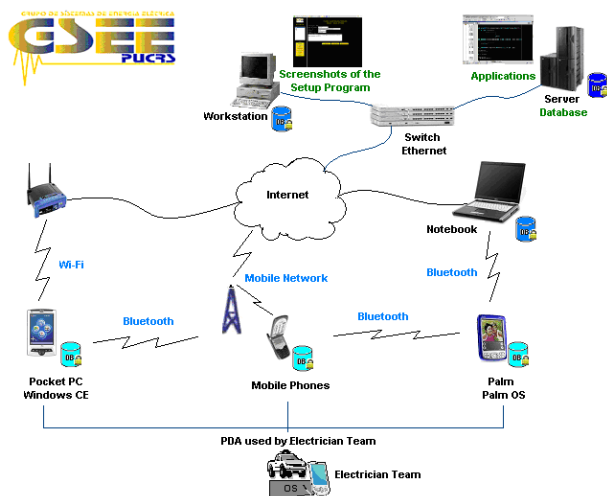


Figure 3 – Example of a mobile network

Next sections present some characteristics of the developed system.

Communication Aspects

Mobile devices use different communication technologies, like Wi-Fi, Bluetooth, Infra-Red, etc [6]. In order to assure the connectivity between the mobiles devices and computers, it is used HTTP protocol and TCP/IP, as shown in Figure 4.

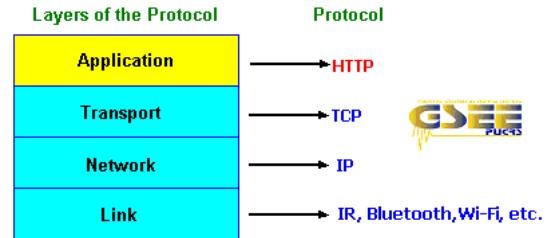


Figure 4 – Protocol Layers

This feature allows mobile devices interaction with servers independently of physical infrastructure.

Programming Languages

To support different models and types of PDA (Personal Digital Assistants) and mobile phones, the application is was developed in Java Technology, since Java is multiplatform programming language that permit to create applications to desktops, servers and mobile equipments (figure 5). This option was made due to different types, models and operational systems available for mobile equipments [7].



Figure 5 – Java Platform

The Java technology used in this application is J2ME (Java Micro Edition)[8], which was developed by Sun Microsystems for mobile devices. This permit that application can be executed in any mobile equipment (PDA, Smart Phone, Table PC, Mobile Phone) with a virtual machine installed.

Databases and Information Exchange

The data manipulation is essencial in a network of mobile devices. Figure 6 depicts the databases used in diferrent sub-systems that are part of mobile network.



Figure 6 – System databases

The common information is stored in the PostgreSQL 8.0 master database [9]. The database choice was due to characteristics of robustness, freeware and options for Windows and Linux operation systems. This database can be used as auxiliary database when the mobile devices can not access the main database. The information is stored in mobile devices using RMS (Record Management System) [10], which is a native characteristic of Java Language. The structure of system information is stored and exchanged using XML (Extensible Markup Language) [11].

The mobile system device integrates J2ME[8] and PHP [12] to access the server database. Firstly, the mobile application, written in J2ME, creates a HTTP request, adding the parameters which will be send to the PHP application by the POST method. After, a HTTP connection is opened between the Web server and the mobile device through a TCP/IP network, like the Internet for instance. At the Web server side, the PHP application receives from the client the necessary parameters to establish a connection with the HOL database, where the query is done according to the values received from the PDA. After the database query, the PHP application returns the values to the mobile device. The mobile device receives the values sent by the PHP application and then processes it according its application.

One of this method advantages is the complexity reduction of the implementation in the server side, because the many simultaneous connections done by several mobile device are responsibility from the webserver application, leaving to the programmer only the complexity of the database requests. The mobile devices were testing considering performance of data exchange, as showed by Table I.

Table I – Test of access time of mobile devices

Communication	Mobile Device	Data Size	First Access	Other Access
Bluetooth	PALM Zire 72	256 bytes	2710ms	690ms
Bluetooth	PALM Zire 72	512 bytes	3250ms	900ms
Bluetooth	PALM Zire 72	1024 bytes	3870ms	1720ms
Cable USB	iPAQ HP h5500	256 bytes	582ms	650ms
Cable USB	iPAQ HP h5500	512 bytes	1161ms	1006ms
Cable USB	iPAQ HP h5500	1024 bytes	1477ms	1410ms
Wi-Fi	iPAQ HP h5500	256 bytes	309ms	240ms
Wi-Fi	iPAQ HP h5500	512 bytes	380ms	370ms
Wi-Fi	iPAQ HP h5500	1024 bytes	620ms	580ms

Mobile Devices Used

Table II shows the devices used for testing of the proposal system. The purpose was to assess the performance of different types of mobile devices considering characteristics of operational system, memory and processor.

Table II – Mobile devices used

Device	Communication	Operational System	Processor / Memory
PDA PALM ZIRE 72	Bluetooth Infrared USB	Palm OS 3.5	ARM INTEL 312MHZ / 32 MB RAM
PDA PALM ZIRE 72 Silver	Bluetooth Infrared USB	Palm OS 5.2.8	ARM INTEL 312MHZ / 32 MB RAM
SmartPhone Samsung SPH-I330	AMPS800/CDMA 8000 USB Infrared	Palm OS 3.5	Phone: 32 Mb + SRAM 8 Mb PDA: 4 MB + DRAM 16 MB
HP iPAQ Pocket PC h5500	wireless 802.11b Bluetooth Infrared USB	Windows CE 4.2	400 MHz Intel XScale/ 48 MB ROM/ 128 MB RAM

EXAMPLES OF SYSTEM UTILIZATION

In this sections are presented some examples of operation data information and equipment information, which are provided by system developed.

Operation Data Information

This feature allows the user to access demand information. There are four consult options: Demand (Max, date hour, min, date, hour), Power demand forecast (next day, real and forecast for a period), Load curve (tabular and graphics) and Outage information (equipment, cause, hour and date). Figure 7 shows the main menu of operation data information and figures 8 and 9 show the results of demand and power demand forecast database queries, respectively.



Figure 7 – Main menu of operation data information



Figure 8 - Results of demand database query.



Figure 9 – Results of power demand forecast database query.

Equipment Information

This characteristic allows the user to access equipment information from master database and can be customised by user. Figure 10 shows a screen with main menu of operation data information.



Figure 10 - Main menu of operation data information

After the choice of equipment consult, PDA shows the equipment description. Figure 10 shows a screen with seven equipment consult options: transformer, transmission line, breaker, switch, relay, generator and customer. Figure 11 shows the results of transformer database query.



Figure 11 - Results of transformer database query.

CONCLUSION

The mobile computing technology improves efficiency and accuracy of several processes in a power utility. The mobile technology opens a wide range of new possibilities to enhance the utility internal process, making the information flow easy and reliable. In this paper was presented a computational system based on mobile computing network for information management of operation of distribution

system. Some aspects involved mobile computing such as technologies, programming languages, database, performance and functionality had been presented and commented. The results obtained allow identifying the potentialities of the use of mobile computing in power system operation routines. Information access and insertion in operation database had presented excellent results in relation the performance and functionality. The security was kept through the use of safe protocols that use encrypted information.

REFERENCES

- [1] CIGRE Task Force 35.07, 2002. "The Benefits of Mobile Data. How Can They be Realised?" *Report of CIGRE Task Force 35.07*.
- [2] Bruegge, B. Bennington, "Applications of wireless research to real industrial problems. Applications of mobile computing and communication" *Personal Communications, IEEE*, Volume: 3 , Issue: 1 , Feb. 1996, Pages:64 - 71.
- [3] C.O.Pretto, F.A.Lemos, M.A.Rosa "Computational System For Outage Causes Identification And Analysis For Assessment Of Distribution Systems Reliability Index" *CIREDA*, Barcelona, May 2003 [on CD].
- [4] C.O.Pretto, M.A.Rosa, F.A.Lemos "Data Acquisition using Mobile Computing Technology to Enhance Operation and Maintenance Planning ". 18th *CIREDA*, Turin, June 2005 [on CD].
- [5] C.O.Pretto, M.A.Rosa, F.A.Lemos, R. Faller "New Approach of Electrical Distribution Inspections Routines using Mobile Technology". 18th *CIREDA*, Turin, June 2005 [on CD].
- [6] J. LaRocca, 2002, 802.11 DEMYSTIFIED. McGraw-Hill , New York, NY-USA.
- [7] JAVA Official – <http://java.sun.com>
- [8] J. Keogh, 2003, J2ME : the complete reference. McGraw-Hill, New York – NY-SUA
- [9] The PostgreSQL Global Development Group, PostgreSQL 8.0.10 Documentation, 1996-2005 on line <http://www.postgresql.org/docs/8.0/interactive/index.html>
- [10] Sun Microsystems Inc., Eric Giguere, Databases and MIDP, Understanding the Record Management System, February 2004, on line <http://developers.sun.com/techtopics/mobility/midp/articles/databasesrms/>
- [11] W3C, Extensible Markup Language (XML), 2006/09/11 on line <http://www.w3.org/XML/>
- [12] J. Castagnetto, S. Schumann, H. Rawat, C. Scollo, D. T. Veliath, 1999, Professional PHP programming. Vrox Press Birmingham , UK.

