

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

SÉRGIO VIEIRA PATRÍCIO

BANCO DE DADOS PARA DISPOSITIVOS PDAs:

UMA ANÁLISE DAS SUAS POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES

CRICIÚMA, DEZEMBRO DE 2007

SÉRGIO VIEIRA PATRÍCIO

**BANCO DE DADOS PARA DISPOSITIVOS PDAs:
UMA ANÁLISE DAS SUAS POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado para obtenção do Grau de
Bacharel em Ciência da Computação da
Universidade do Extremo Sul
Catarinense.**

**Orientador: Prof. MSc. Daniel Pezzi da
Cunha**

CRICIÚMA, DEZEMBRO DE 2007

SÉRGIO VIEIRA PATRÍCIO

**BANCO DE DADOS PARA DISPOSITIVOS PDAs:
UMA ANÁLISE DAS SUAS POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES**

Submetido ao corpo docente do Departamento de Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense como um dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

Prof^a MSc. Ana Cláudia Garcia Barbosa

Coordenadora do Curso de Ciência da Computação

Banca Examinadora:

Prof. MSc. Daniel Pezzi da Cunha (UNESC)

Orientador

Prof. MEng. Evânio Ramos Nicoleit

Esp. Fabricio Colombo Machado

Dedico este trabalho a minha família e em especial aos meus pais, que sempre me incentivaram nessa caminhada mostrando que a constante busca pelo conhecimento poderia levar-me a grandes vitórias.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, que me deu força para poder continuar quando mais precisei fazendo com que os momentos difíceis não fossem momentos de derrota.

Aos meus pais Salezio e Ilédia, os maiores responsáveis por eu ter chegado onde cheguei. Por serem os pais mais fortes, corajosos e batalhadores que eu já conheci. Por sempre terem feito tudo por mim. Por terem me dado tudo que estava ao alcance dos dois. Por serem as pessoas mais importantes da minha vida.

Não poderia deixar de agradecer aos meus dois irmãos, Daniel e Maike, que apesar da distancia sempre estiveram do meu lado, me apoiando e incentivando em todos os períodos da minha vida acadêmica.

Ao meu grande amigo Moacyr Couto e Junior Trajano, porque sem a ajuda e motivação, passada por esses dois irmãos, jamais teria conseguido. Muito obrigado meus grandes amigos!

A minha noiva que amo muito, pelos momentos em que não pude estar presente, pelo apoio de sempre e por sobreviver às minhas constantes oscilações de humor durante o desenvolvimento desse trabalho.

Agradeço também o meu professor e orientador Daniel Pezzi da Cunha, pela paciência, dedicação, inspiração, idéias, incentivo e tempo dispensado no acompanhamento e orientação deste trabalho.

Ao meu professor e amigo Adson Caldas, pelo empenho prestado durante o desenvolvimento desse projeto. Sua ajuda foi fundamental para que esse trabalho pudesse atingir todos os objetivos esperados nessa pesquisa.

Também agradeço a pessoa que colaborou muito durante o desenvolvimento desse trabalho, auxiliando em muitos pontos relativos ao levantamento bibliográfico necessário para conclusão desse projeto. Meu amigo Pedro de Hollanda, um pernambucano muito camarada e prestativo.

Não poderia deixar de agradecer a todos meus professores e amigos que no decorrer da minha vida acadêmica compartilharam conhecimentos que foram essenciais na conclusão dessa etapa extremamente importante da minha vida.

“Entrega o teu caminho ao Senhor, confie nele
e o mais ele fará.”

Salmos 37:5

RESUMO

A Computação móvel em conjunto com aplicações destinadas a esse ambiente tem sofrido fortes avanços nos últimos anos. Fruto dessa realidade, observa-se significativamente um aumento de tais tecnologias que podem ser aplicadas em diversas áreas da sociedade. Do exposto, a utilização de banco de dados nos dispositivos PDAs já é uma realidade. Os principais SGBDs, como Oracle, DB2 Everyplace e SQL Server oferecem versões compactas para o desenvolvimento de aplicações móveis, possibilitando aos programadores variadas opções de gerenciamento de dados para dispositivos móveis. O presente estudo tem por finalidade apresentar uma pesquisa, que visa analisar os principais bancos de dados para dispositivos PDAs, identificando as suas principais potencialidades e limitações. Para tal, desenvolveu-se um aplicativo destinado a área de medicina que tem por objetivo funcional realizar o controle de medicação dos pacientes que estejam sob cuidados médicos permitindo ao usuário inserir, alterar, excluir e consultar a base de dados do programa.

Como ferramenta de apoio para a presente pesquisa o aplicativo visa utilizar os recursos disponíveis em um dos Bancos de Dados estudados, analisando suas principais potencialidades e limitações. Para elaboração do aplicativo, alguns procedimentos foram utilizados durante o seu desenvolvimento como: a criação do Banco de Dados, que inclui a criação das tabelas, a modelagem do Banco de Dados e a prévia inserção dos dados nas tabelas para posterior manipulação.

Palavras-Chaves: Banco de Dados, Computação móvel, Dispositivos PDAs (Personal Digital Assistant).

ABSTRACT

The mobile computer together with applications for this environment has been strong advances in recent years. Fruit this reality, there is significantly increased by such technologies can be applied in various areas of society. From the foregoing, the use of the database in PDA devices is already a reality. The major SGBDs such as Oracle, DB2 Everyplace and SQL Server versions offer compact for the development of mobile applications, enabling programmers to various options for managing data to mobile devices. This study aims to present a survey, which aims to examine the main databases for PDA devices, identifying their main potential and limitations. For this, an application is developed for the area of medicine that aims to achieve operational control of medication for patients who are under medical care allowing the user to insert, modify, delete and consult the database of the program. As a tool to support this research the application seeks to use the resources available in one of the Database's studied by analyzing its main potential and limitations. For preparing the application, some procedures were used during its development such as: the creation of the Database, which includes the creation of tables, the modeling of the Database and prior insertion of data in tables for further manipulation.

Key-words: Database, Mobile Computing, devices PDAs (Personal Digital Assistant).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Primeiro computador portátil - Osborne-1	33
Figura 2. Newton MessagePad.....	35
Figura 3. Tela do sistema operacional Palm OS.....	39
Figura 4. Tela do sistema operacional Windows Móble	42
Figura 5. Tela do sistema operacional ALP (ACCESS Linux Platform)	44
Figura 6. Utilização da computação móvel em empresas de transportes.....	52
Figura 7. Utilização da computação móvel em depósitos para controle de estoque....	52
Figura 8. Arquitetura de bancos de dados distribuídos	55
Figura 9. Arquitetura das bases remotas e da base consolidada	58
Figura 10. Componentes do Oracle Database Lite.....	72
Figura 11. Tela da ferramenta de Gerenciamento	90
Figura 12. Emulador.....	95
Figura 13. Tela do SQL Server Management Studio.....	96
Figura 14. Tela de Cadastro de Paciente do aplicativo	97
Figura 15. Tela de Alteração de Paciente do aplicativo.....	97
Figura 16. Tela de Consulta de Posologia do aplicativo.....	97
Figura 17. Exibição de erro ao tentar criar uma <i>Trigger</i>	98
Figura 18. Exibição de erro ao tentar criar uma <i>Stored Procedure</i>	99
Figura 19. Recurso de Criptografia do SQL Server 2005 Compact Edition.....	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Fabricantes de dispositivos PDAs	35
Tabela 02. Empresas que desenvolvem Sistemas Operacionais para dispositivos PDAs	38
Tabela 03. Comparação entre os bancos de dados para dispositivos PDAs	92
Tabela 04. Utilização da Linguagem SQL	100

LISTA DE SIGLAS

ACID	Atomicidade, Consistência, Isolamento e Durabilidade
ALP	ACCESS Linux Platform
API	Application Programming Interface
BD	Banco de dados
CDC	Connected Device Configuration
CLDC	Connected Limited Device Configuration
CLI	Call Level Interface
DES	Data Encryption Standard
DDL	Data Definition Language
DML	Data Manipulation Language
EDR	Experiment Data Record
GPS	Global Positioning System
HP	Hewlett Packard
HVGA	Half-size Video Graphics Array
IBM	International Business Machines
IDE	Integrated Development Environmen
IIS	Microsoft Internet Information Services
IRDA	Infrared Data Association
JDBC	Java Database Connectivity
JCP	Java Community Process
J2ME	Java 2 Micro Edition
JSP	Java Stored Procedures
ODBC	Open Database Connectivity

PDA	Digital Assistant
RAM	Random Access Memory
RDA	Rapid application development
ROM	Read Only Memory
RSA	Rivest, Shamir and Adleman Algorithm
SBD	Sistema de banco de dados
SGDB	Sistema gerenciador de banco de dados
SGBDD	Sistema gerenciador de banco de dados distribuidos
SQL	Structured Query Language
USB	Universal Serial Bus
VDL	View Definition Language
XML	eXtensible Markup Language

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	OBJETIVO GERAL	18
1.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS	18
1.3	JUSTIFICATIVA.....	19
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	21
2	BANCO DE DADOS	23
2.1	SISTEMA GERENCIADOR DE BANCO DE DADOS	24
2.2	SISTEMA DE BANCO DE DADOS	25
2.3	MODELO DE DADOS	25
2.4	LINGUAGENS DE BANCO DE DADOS	26
2.4.1	Linguagens de definição de dados	26
2.4.2	Linguagens de manipulação de dados	27
2.5	BANCO DE DADOS DISTRIBUIDOS	28
2.6	RECURSOS PARA AUMENTO DE DESEMPENHO EM BANCO DE DADOS	29
2.6.1	Tabelas temporárias	29
2.6.2	Procedimento de Armazenamento	30
2.6.3	Gatilhos	30
2.6.4	Visões	31
2.6.5	Índices	31
3	DISPOSITIVOS PDAs	33
3.1	TIPOS DE DISPOSITIVOS	34
3.1.1	Vantagens dos PDAs	36

3.2	SISTEMAS OPERACIONAIS	37
3.2.1	Palm OS	39
3.2.2	Windows Mobile	41
3.2.3	Linux	43
3.3	LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO	45
4	BANCO DE DADOS PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS	50
4.1	EXEMPLOS DE USO DE BANCOS DE DADOS MÓVEIS	52
4.2	ASPECTOS RELACIONADOS A BANCO DE DADOS MÓVEIS E BANCO DE DADOS DISTRIBUIDOS	54
4.3	QUESTÕES DE BANCO DE DADOS NA COMPUTAÇÃO MÓVEL.....	57
4.3.1	Replicação de dados e sincronização	57
4.3.2	<i>Caching</i> e difusão de dados	59
4.3.3	Transações	61
4.3.4	Recuperação de falhas	63
4.3.5	Segurança	64
5	SISTEMAS GERENCIADORES DE BANCO DE DADOS PARA PDAs	66
5.1	SISTEMAS GERENCIADORES DE BANCO DE DADOS MÓVEIS	66
5.2	ORACLE LITE	67
5.2.1	Principais Características	68
5.2.2	Dispositivos e Tecnologias Suportadas	70
5.2.3	Características Desejáveis de um Dispositivo Móvel para um Bom Funcionamento do Oracle Lite	71
5.2.4	Componentes do Oracle Lite	72
5.3	DB2 EVERYPLACE	73

5.3.1	Principais Características.....	74
5.3.2	Dispositivos e Tecnologias Suportadas.....	76
5.3.3	Características Desejáveis de um Dispositivo Móvel para um Bom Funcionamento do DB2 Everyplace	77
5.3.4	Componentes do DB2 Everyplace	78
5.4	SQL SERVER 2005 COMPACT EDITION	80
5.4.1	Principais Características.....	81
5.4.2	Dispositivos e Tecnologias Suportadas.....	85
5.4.3	Características Desejáveis de um Dispositivo Móvel para um Bom Funcionamento do SQL Server Compact Edition	86
6	AVALIAÇÃO DOS GERENCIADORES DE BANCOS DE DADOS PARA PDAs.....	88
7	TRABALHO DESENVOLVIDO	94
7.1	METODOLOGIA	94
7.2	RESULTADOS OBTIDOS	97
	CONCLUSÃO	102
	REFERÊNCIAS	104
	APÊNDICE A – MODELAGEM DO BANCO DE DADOS.....	110

1 INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia móvel permitiu o desenvolvimento de equipamentos denominados *Personal Digital Assistants* (PDAs). Estes dispositivos possuem dimensões reduzidas, são leves e dotados de capacidade computacional que permitem a execução de aplicativos das mais variadas funções.

Essa recente tecnologia vem exigindo grandes investimentos de empresas de pequeno, médio e grande porte, pois esta não é somente uma opção para facilitar tarefas pessoais, mas é também uma oportunidade de melhora na gestão de negócios. Fruto deste mercado que está em crescente expansão surgem novas oportunidades para empresas desenvolvedoras de *softwares* proporem soluções direcionadas a esta tecnologia.

Existem várias linguagens de programação utilizadas no desenvolvimento de aplicações para dispositivos PDAs. Algumas das mais conhecidas são: *App Forge*, *J2ME*, *Superwaba*, *Satellite Forms*, *Code Warrior*, *Pocket Studio* e *Visual Studio*. No entanto, no desenvolvimento de um software, pode haver a necessidade da utilização de um Banco de Dados (BD) para armazenamento e recuperação das informações no dispositivo móvel.

Para possibilitar a existência dos Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBD) móveis, as características dos bancos de dados centralizados e distribuídos foram integradas e adaptadas ao ambiente móvel. Adaptadas, porque esses ambientes possuem restrições que precisam ser levadas em consideração, como a grande quantidade de desconexões, a fraca conectividade, a restrita capacidade de armazenamento e a baixa autonomia da bateria. Essas e outras características tornam necessárias as mudanças das técnicas já existentes para ser possível o uso desses BD.

Nesse cenário surge uma série de questões que precisam ser respondidas como: Quais são os recursos disponíveis nestes BD? Qual banco é o mais adequado para a aplicação? Quais Sistemas Operacionais são suportados por esse BD? Que características possuem esses BD? Entre outras questões que são abordadas com maiores detalhes no decorrer desse trabalho.

Neste contexto, surge a necessidade da realização de pesquisas relacionadas ao desempenho e recursos dos principais bancos de dados para dispositivos móveis. A problemática em questão baseia-se em identificar as principais potencialidades e limitações dos BD, com o objetivo de orientar o desenvolvimento de softwares que utilizam tais tecnologias. Este trabalho realizará uma análise comparativa, sob algumas métricas, entre os principais bancos de dados utilizados em dispositivos PDAs.

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar os principais bancos de dados para dispositivos PDAs, identificando as suas principais potencialidades e limitações.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos desta pesquisa consistem em:

- a) compreender os principais conceitos de bancos de dados;
- b) identificar as características gerais dos dispositivos PDAs;
- c) identificar os Sistemas Operacionais utilizados em PDAs;
- d) estudar as linguagens de programação utilizadas no desenvolvimento de aplicações para dispositivos PDAs;

- e) analisar as principais características dos bancos de dados para dispositivos PDAs;
- f) comparar os principais SGBDs utilizados em dispositivos PDAs;
- g) implementar um aplicativo identificando as características existentes em um banco de dados para dispositivos PDAs.

1.3 JUSTIFICATIVA

Atualmente, tem se verificado um grande crescimento na utilização da computação móvel. Manganelli e Romani (2004) relatam que um dos fatores que podem explicar essa tendência é o desenvolvimento de novos recursos computacionais, com maior capacidade de processamento e armazenamento nos dispositivos móveis, bem como o aumento das taxas de transmissão em redes *wireless*. Telefones celulares, dispositivos RIM, PDAs, Tablet PCs e laptops são equipamentos que utilizam esta tecnologia.

Segundo a Gartner Group¹(2007) a estimativa de venda de PDAs para 2008 é de 21,9 milhões de unidades em todo mundo. Este aparelho é um computador de reduzidas dimensões, que permite executar aplicativos pessoais e empresariais, com possibilidade de interconexão com um computador e uma rede sem fios.

Os principais equipamentos do grupo dos PDAs atualmente são: os Palms, que utilizam a plataforma Palm OS e os Pocket PC, que utilizam o SO Windows Mobile. A plataforma linux, Sistema Operacional bem conhecido e utilizado em computadores *desktops* também está entrando nessa briga com grandes possibilidades

¹ Empresa de consultoria fundada em 1979 com sede em Stamford, Estados Unidos. A companhia trabalha com a realização de pesquisa, execução de programas, e eventos. Possui mais de 3.700 associados, incluindo analistas, pesquisadores e consultores em mais de 75 países pelo mundo (GARTNER, 2007).

de ganhar mercado frente às outras plataformas. Barrueco (2006) destaca que a força da Palm no mercado brasileiro é inquestionável, alcançando 83% de *market share* na sua categoria e com uma base instalada de aproximadamente 4 milhões de aparelhos.

Com esse crescimento surgiu uma demanda por profissionais capazes de proporem soluções no desenvolvimento de aplicações para esses dispositivos. Alves (2003) relata que hoje, por exemplo, pode-se encontrar até restaurantes utilizando PDAs para anotação dos pedidos das mesas, e que empresas têm disponibilizado estes equipamentos aos seus representantes de vendas para registrar as informações referentes às compras efetuadas pelos seus clientes.

É neste contexto que se norteia o tema em questão e que justifica a motivação da pesquisa, uma vez que esses tipos de aplicações envolvem invariavelmente a manipulação de banco de dados. Alves (2003) acrescenta, ainda, que há uma escassez de informação disponível sobre este assunto.

Segundo Cortês (2003) quanto a gerência e administração dos BD, diversos fatores podem influenciar no funcionamento e na performance dos bancos de dados no ambiente de computação móvel. Destacam-se: velocidade dos links sem fio, escalabilidade, mobilidade, limite do poder das baterias e desconectividade.

A forma de pensar em soluções para o desenvolvimento de aplicações aumenta consideravelmente ao se estudar comparativamente o desempenho de recursos de mais de um banco de dados. Justifica-se, portanto, este estudo baseado na possibilidade de adquirir conhecimento sobre as potencialidades e limitações dos BD para PDAs, visando obter subsídios na escolha do melhor banco de dados a ser utilizado. Cervi (2005) ressalta que erros de análise do projeto ou implementação de alguma nova funcionalidade solicitada pelo cliente podem fazer com que sejam necessárias alterações na estrutura do banco de dados da aplicação.

Serão analisados os seguintes sistemas de bancos de dados: Oracle Lite, DB2 Everyplace e SQL Server Compact Edition. Savi (2003) e Côrtes e Lifschitz (2003) destacam que estes são os mais conhecidos e utilizados.

Dayane (2005) complementa, ainda que, são inúmeros os diferentes sistemas existentes e a cada dia parece nos ser apresentado um novo. Mas qual é a tecnologia adequada? Cada fabricante defende a sua idéia e se não conhece a tecnologia, corre-se o risco de se tomar uma decisão equivocada.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

A presente pesquisa tem como meta analisar as principais potencialidades e limitações dos bancos de dados para dispositivos móveis. Para cumprimento dos requisitos necessários para essa análise o trabalho é dividido em duas partes: a primeira, composta pelos capítulos 2 e 3 formam a base teórica do objeto de estudo, e a segunda, composta pelos 4 e 5, apresentam as principais características dos banco de dados para dispositivos móveis, sendo esse o objeto principal de estudo para esse trabalho.

No capítulo 2 são expostos os conceitos de banco de dados e algumas características inerentes a essa tecnologia, além de um resumo sobre os Sistema Gerenciados de Banco de Dados. Também é apresentado os fundamentos das linguagens de banco de dados, e concluindo esse capítulo aborda-se alguns recursos para o aumento de desempenho em banco de dados.

O capítulo 3 descreve as principais características dos dispositivos PDAs, identificando quais tipos de dispositivos fazem parte dessa denominação, seguido pelos Sistemas Operacionais projetados para esses equipamentos. Finalizando esse capítulo é

apresentado um breve resumo sobre algumas linguagens de programação utilizadas no desenvolvimento de aplicações para esse ambiente.

O Capítulo 4 tem por objetivo descrever as principais características existentes nos banco de dados para dispositivos PDAs, mostrando alguns exemplos de aplicações onde são utilizados a tecnologia de banco de dados para dispositivos móveis. Também é apresentado alguns aspectos relacionados a banco de dados móveis e banco de dados distribuídos.

No capítulo seguinte é apresentado alguns dos principais Sistemas Gerenciadores de Banco de dados para dispositivos PDAs, descrevendo suas principais características.

O capítulo 6 apresenta uma avaliação textual sobre os bancos de dados estudados na presente pesquisa realizando uma análise comparativa entre os principais bancos de dados utilizados em dispositivos PDAs, identificando suas principais potencialidade e limitações.

O capítulo 7 tem por objetivo apresentar a metodologia utilizada nesse trabalho e os resultados obtidos por meio da utilização de uma aplicação prática.

Concluindo a presente pesquisa, o Apêndice A –apresenta a modelagem do Banco de Dados utilizado para criação do aplicativo que será utilizado na realização da análise do banco de Dados.

2 BANCO DE DADOS

Os bancos de dados e suas tecnologias vêm tendo um grande impacto no crescimento do uso de computadores nas organizações. Pode-se afirmar que os bancos de dados desempenham um papel extremamente importante em todas as áreas da ciência onde a computação é utilizada. Segundo Cortes e Lifschitz (2003) a expressão banco de dados tem sido tão amplamente utilizada que é necessário definir o que é um banco de dados.

Molina et al (2001) descreve que um banco de dados pode ser definido como uma coleção de dados relacionados, onde um dado poderá ser qualquer informação que possua um significado implícito, e que possa ser registrado, mais especificamente em formato eletrônico.

Um banco de dados deve possuir as seguintes propriedades (CÔRTEZ e LIFSCHITZ, 2003):

- a) representa algum aspecto do mundo real. Alterações neste mundo real são refletidas no banco de dados;
- b) é uma coleção lógica e coerente de dados com algum significado inerente. Uma organização aleatória de dados não pode ser referenciada corretamente como um banco de dados;
- c) é projetado, construído e povoado com dados que possuem um objetivo específico. Ele possui um grupo provável de usuários e algumas aplicações preconcebidas, nas quais esses usuários estão interessados;
- d) deve possuir alguma fonte da qual os dados são derivados, algum grau de interação com eventos do mundo real e um público que está ativamente interessado no conteúdo do banco de dados.

Machado (2002) acrescenta que a tecnologia de banco de dados tem como fundamento básico permitir que os dados possam ser definidos e mantidos, independente do sistema de aplicação que venham a utilizá-lo.

2.1 SISTEMA GERENCIADOR DE BANCO DE DADOS

Um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) é constituído por um conjunto de dados associados a um conjunto de programas para acesso a esses dados. O conjunto de dados, comumente chamado de banco de dados, contém informações sobre algo em particular existente no mundo real. O principal objetivo de um SGBD é proporcionar um ambiente tanto conveniente, quanto eficiente para a recuperação e armazenamento das informações do banco de dados (SILBERSCHATZ; KORTY; SUDARSHAN, 1999). Elmasri e Navethe (2005) acrescentam que um SGBD tem por objetivo, facilitar o processo de definição, construção e manipulação do banco de dados para várias aplicações, onde:

- a) **definir** um banco de dados envolve especificar os tipos de dados, as estruturas e as restrições para os dados que serão armazenados no banco de dados;
- b) **construir** o banco de dados é o processo de armazenar os referidos dados em algum meio de armazenamento que seja controlado pelo SGBD;
- c) **manipular** o banco de dados inclui funções como realizar consultas ao banco de dados para recuperar dados específicos, atualizar o banco de dados para refletir as alterações do mundo real e gerar relatórios a partir dos dados.

2.2 SISTEMA DE BANCO DE DADOS

Um Sistema de Banco de Dados (SBD) é formado pelos bancos de dados, pelo SGBD e pelas aplicações necessárias para criação e manutenção do banco de dados, bem como pelas aplicações para atualização e consulta aos dados do banco de dados (CÔRTEZ e LIFSCHITZ, 2003).

2.3 MODELO DE DADOS

Sob a estrutura do banco de dados está o modelo de dados. Um modelo de dados é um conjunto de conceitos que regem a estrutura em que os dados serão organizados para armazenamento, seja no nível físico, lógico ou conceitual. Os modelos lógicos conhecidos são: modelo de redes, o modelo hierárquico, modelo relacional, orientado a objetos e o modelo objeto-relacional (SILBERSCHATZ; KORTY; SUDARSHAN, 1999).

Os dois primeiros são modelos anteriores ao modelo relacional, e embora ainda em uso em sistemas mais antigos, não são mais utilizados nos SGBDs atuais (NASSU, 2003). O modelo relacional tem sido a escolha de praticamente todos os SGBDs comerciais. Nele, os dados são armazenados em tabelas bidimensionais, também chamadas relações.

Machado e Abreu (2002) descrevem que no modelo de entidades e relacionamentos, os elementos mais importantes são as entidades, que representam conjuntos de objetos da mesma natureza e de interesse para o banco de dados, e os relacionamentos, que são associações entre elementos das entidades. Segundo Nassu

(2003) de maneira geral, as entidades correspondem a tabelas ou relações do modelo relacional, e os relacionamentos são representados através de ligações entre relações.

2.4 LINGUAGENS DE BANCO DE DADOS

Um sistema de banco de dados proporciona dois tipos de linguagens: uma específica para os esquemas do banco de dados e outra para expressar consultas e atualizações (SILBERSCHATZ; KORTY; SUDARSHAN, 1999).

2.4.1 Linguagens de definição de dados

A descrição dos dados, ou seja, como eles estão organizados e como eles são acessados, é chamada de esquema (NASSU, 2003). Um esquema de dados é especificado por um conjunto de definições expressas por uma linguagem especial denominada *Data Definition Language* (DDL). O resultado da compilação dos parâmetros DDLs é armazenado em um conjunto de tabelas que constituem um arquivo especial chamado dicionário de dados ou diretório de dados (SILBERSCHATZ; KORTY; SUDARSHAN, 1999).

Um dicionário de dados é um arquivo que contém metadados, ou seja, “dados sobre dados”. O dicionário de dados pode ser visto como um depósito central que descreve e define o significado de toda a informação usada na construção de um sistema (OLIVEIRA, 2000).

A estrutura de memória e o método de acesso usado pelo banco de dados são especificados por um conjunto de definições em um tipo especial de DDL chamado de linguagem de definição e armazenamento de dados. O resultado da compilação dessa

definição é um conjunto de instruções para especificar os detalhes de implementação dos esquemas do banco de dados. Esses detalhes normalmente são ocultos para os usuários (SILBERSCHATZ; KORTY; SUDARSHAN, 1999).

2.4.2 Linguagens de manipulação de dados

Os níveis físico, lógico e conceitual não se aplicam somente à definição ou estrutura de dados, mas também à sua manipulação. Por manipulação entende-se (SILBERSCHATZ; KORTY; SUDARSHAN, 1999):

- a) a busca da informação armazenada no banco de dados;
- b) a inserção de novas informações no banco de dados;
- c) a eliminação de informações no banco de dados;
- d) a modificação de dados armazenados no banco de dados.

Uma vez que os esquemas de dados são compilados e os dados são inseridos, os usuários devem manipular esses dados através de recuperação, inclusão, exclusão e alteração dos dados. A linguagem de manipulação de dados *Data Manipulation Language* (DML) tem essa finalidade (MAGALHÃES, 2005).

Uma consulta (*query*) é um comando requisitando a busca de uma informação. A porção de uma DML que envolve busca de informações é chamada linguagem de consulta. Embora tecnicamente incorreto, é comum utilizar os termos linguagem de consulta e linguagem de manipulação de dados como sinônimos (SILBERSCHATZ; KORTY; SUDARSHAN, 1999).

Nos sistemas atuais, os tipos de linguagens apresentados acima não são considerados linguagens distintas, formando uma única linguagem para especificar os três níveis de esquema. Um exemplo típico de uma linguagem de dados é a linguagem

de banco de dados relacional *Structured Query Language* (SQL) que representa uma combinação de DDL, *View Definition Language* (VDL) e DML (MAGALHÃES, 2005).

2.5 BANCO DE DADOS DISTRIBUIDOS

Um sistema de banco de dados distribuído é qualquer sistema que envolva múltiplas localidades conectadas juntas em uma espécie de rede de comunicação, nas quais o usuário de qualquer localidade poderá acessar os dados armazenados em outro local (DATE, 1990).

Em um sistema de banco de dados distribuído, existem muitos processadores relativamente autônomos que podem participar de operações de banco de dados (MOLINA et al, 2001). Caldas (2005) acrescenta que o suporte completo para bancos de dados distribuídos implica que uma única aplicação deve ser capaz de operar de modo transparente sobre dados dispersos em uma variedade de bancos de dados diferentes, gerenciados por vários SGBDs diferentes, em execução em diversas máquinas diferentes, admitidos por vários Sistemas Operacionais diferentes e conectados entre si por uma variedade de redes de comunicações, onde de modo transparente significa que a aplicação opera de um ponto de vista lógico como se os dados fossem todos gerenciados por um único SGBD, funcionando em uma única máquina.

2.6 RECURSOS PARA AUMENTO DE DESEMPENHO EM BANCO DE DADOS

Esta seção tem por finalidade apresentar os recursos de desempenho utilizados em banco de dados. Logo, são abordados conceitos como tabelas temporárias, *stored procedures* (procedimentos armazenados), *triggers* (gatilhos), *views* (visões) e índices.

2.6.1 Tabelas temporárias

Uma tabela temporária tem vida útil de uma sessão ou transação, ou seja, ela está vazia quando uma sessão ou transação começa e descarta os dados ao fim de uma sessão ou transação. Logo, é correto afirmar que uma tabela temporária é associada à transação, isso significa que ao término da transação os dados da tabela são perdidos, porém sua descrição permanece gravada no banco de dados mesmo após a mudança de sessão (MACHADO e ABREU, 2002).

Existem dois tipos de tabelas temporárias, sendo elas: tabelas temporárias por transação e as tabelas temporárias por sessão (FONTANA, 2006):

- a) tabelas temporárias por transação são as tabelas associadas à transação, ou seja, tabelas nas quais ao final da transação (*commit* ou *rollback*) os dados são removidos ou liberados, porém a estrutura da tabela permanece gravada no BD mesmo após a mudança de sessão;
- b) tabelas temporárias por sessão são criadas com indicação de que os dados sejam mantidos após o término da transação, ou seja, a tabela é temporária, porém seus dados ficam disponíveis por toda a sessão independente da transação. Os dados serão removidos ou liberados

apenas com o fim da sessão (*disconnect* e *connect*), porém a estrutura da tabela permanece gravada no banco de dados mesmo após a mudança de sessão.

2.6.2 Procedimento de Armazenamento

Procedimento de armazenamento ou *Stored procedures* são objetos do banco de dados que contém uma série de comando SQL Padrão, que tem por objetivo facilitar e agilizar o trabalho com o banco. Podem ser de sistema ou criadas pelo usuário. Por exemplo, pode-se ter uma *stored procedure* para atualizar dados, outra para retornar valores e outra para deletar um determinado conjunto de dados (PINTO, 1997).

O autor acrescenta ainda que os procedimentos armazenados em uma *stored procedure* são pré-compilados, de maneira que sua execução, em comparação com a execução de comandos que realizem a mesma tarefa, é mais rápida.

Segundo Biachi (2007) procedimentos de armazenamento podem ser utilizados em mecanismos de segurança, como por exemplo, nos casos que se deseja ocultar a complexidade do banco de dados para os usuários, permitindo que sejam acessados somente dados pertinentes ao tipo de permissão atribuída a cada usuário.

2.6.3 Gatilhos

Gatilhos ou *Triggers* são rotinas associadas a uma tabela, que são executadas antes ou após a uma operação de *update*, *insert* ou *delete* em uma determinada tabela do banco de dados (HERNANDES, 2000).

As *triggers* são usadas para realizar tarefas relacionadas com validações, restrições de acesso, rotinas de segurança e consistência de dados. Desta forma estes controles deixam de ser executados pela aplicação e são executados pelos *triggers* em determinadas situações como:

- a) mecanismos de validação envolvendo múltiplas tabelas;
- b) criação de conteúdo de um atributo derivado de outros atributos da tabela;
- c) realizar análises e atualizações em outras tabelas com base em alterações e/ou inclusões na tabela atual.

2.6.4 Visões

Uma visão ou *view* é uma apresentação personalizada dos dados de uma ou mais tabelas. Também pode ser vista como uma "consulta armazenada". As visões não contêm ou armazenam os dados e sim os retiram das tabelas nas quais se baseiam, chamadas de tabelas base das visões (HERNANDES, 2000).

Assim como as tabelas, as visões podem ser consultadas, atualizadas, inseridas e excluídas com algumas restrições. Todas as operações executadas numa visão afetam a tabela base desta visão (DATES, 1990).

2.6.5 Índices

É um recurso físico que visa otimizar a recuperação de informação, via um método de acesso. Um índice tem a função de fornecer o caminho mais rápido para os dados de uma tabela (MACHADO e ABREU, 2002).

Os índices são úteis quando os aplicativos consultam com frequência um intervalo de tuplas de uma tabela, sendo criados em uma ou mais atributos. Depois de criado, é automaticamente atualizado e usado pelo banco de dados. As alterações no banco de dados como acréscimo, atualização ou exclusão de linhas são incorporadas automaticamente a todos os índices relevantes com total visualização para usuários (DATES, 1990).

Fontana (2006) acrescenta que os índices são independentes dos dados e podem ser excluídos e criados separadamente e a qualquer momento, sem afetar as tabelas ou outros índices. Quando os índices são excluídos, todos os aplicativos continuam funcionando, mas o acesso aos dados indexados pode tornar-se mais lento, comprometendo o desempenho do SGBD.

3 DISPOSITIVOS PDAs

O PDAs são pequenos dispositivos portáteis, assim chamados devido à possibilidade de serem carregados pelos usuários (PAULINO, 2004).

Esses pequenos computadores existem desde o início da década de 80. O primeiro computador, que se tem notícia, a fazer parte da geração de computadores portáteis, foi o Osborne-1 (Figura 1), lançado por Adam Osborne, um jornalista especializado em informática que posteriormente fundou sua própria empresa de computadores. Esse equipamento possuía um pequeno monitor integrado, unidades de disco e interface para impressora e modem, ou seja, tudo que era necessário para ser auto-suficiente. Seu micro-processador era um Z-80 de 8 bits, o que o tornava apto a executar o Sistema Operacional CP/M. (ALVES, 2003).



Figura 1 Primeiro computador portátil - Osborne-1
Fonte: ALVES, W. (2003)

Devido ao crescente avanço da tecnologia, inúmeras funcionalidades foram adicionadas a esses equipamentos desde sua criação, permitindo melhor visualização dos dados, maior autonomia de bateria, maior capacidade de processamento e a crescente compatibilidade com dados multimídia (PEZZI, 2003).

A tecnologia *wireless* vem ampliar ainda mais a mobilidade já fornecida pelos dispositivos móveis, possibilitando ao usuário coletar informações a qualquer momento e em qualquer lugar. Esses novos e crescentes recursos estão criando um novo

mundo sem fronteiras, onde os dispositivos móveis estarão cada vez mais presentes (VENTURI, 2005).

3.1 TIPOS DE DISPOSITIVOS

Os dispositivos móveis frequentemente utilizados na computação móvel tornaram-se muito mais do que agendas eletrônicas ou assistentes pessoais e mesmo celulares: tornaram-se pequenos computadores que facilmente leva-se a qualquer lugar. Para aqueles que consomem grande parte do seu tempo trabalhando remotamente, estes equipamentos são versáteis, dedicados, multifuncionais e de uso genérico. Para Venture (2005) eles são ótimos geradores de informações, podendo ser utilizados desde a automação de processos até a coleta de informações estratégicas.

O avanço tecnológico possibilitou a criação de dispositivos móveis, assim chamados os *Personal Digital Assistant* (PDA) denominação que inclui celulares, *smartphones*², *palmtop*³, *pocket pc*⁴ em geral (CARVALHO, J., 2005).

O termo PDA foi elaborado pela Apple Computer, Inc⁵. em referencia ao seu dispositivo móvel denominado Newton MessagePad (Figura 2), que apesar de inovador, não foi um sucesso de vendas, principalmente, no Brasil, que mal teve conhecimento desta nova tecnologia devido a política de Reserva de Mercado (TROIS, 2003).

² Dispositivo móvel que une as funcionalidades de telefone celular e *Pocket PC* (TROIS, 2003).

³ Dispositivo móvel desenvolvido pela empresa *PALM Inc.* (TROIS, 2003).

⁴ Computador de mão com Sistema Operacional baseado em *Windows CE* (TROIS, 2003).

⁵ Empresa norte-americana que atua no ramo de aparelhos eletrônicos e informática, fabricantes dos computadores Mac, além do Sistema Operacional Mac OS X e iPods (TROIS, 2003).



Figura 2 Newton MessagePad
Fonte: GALVIN, D. (2004).

Segundo Lee, Schneider e Schell (2005) desde então vários outros fabricantes lançaram novas linhas de PDAs, e a cada lançamento eram integradas novas tecnologias e soluções que os tornavam mais funcionais. A Tabela 1 mostra a relação de alguns dos fabricantes mais conhecidos atualmente, com seus respectivos Sistemas Operacionais.

Tabela 1 – Fabricantes de dispositivos PDAs.

FABRICANTE	SISTEMA OPERACIONAL	SITE DO FABRICANTE
HP	Microsoft Windows	http://h20285.www2.hp.com/estore/families.asp?co=brz&chassis=handheld&value=11
PalmOne	Palm OS	http://www.palm.com/br/products/
Sony	Palm OS	http://www.sonymstyle.com/webapp/wcs/stores/servlet/StoreCatalogDisplay?storeId=10151&catalogId=101551&langId=-1

Fonte: Adaptado de LEE, SCHNEIDER e SHELL (2005)

Lee, Schneider e Schell (2005) descrevem ainda que originalmente, pretendia-se que o PDA fosse uma versão eletrônica de uma agenda pessoal. Possuía, portanto, um relógio, um calendário para compromissos de negócios, uma lista de tarefas e uma relação de telefone para informações de contato como parte de sua funcionalidade básica. Entretanto, com o advento de CPUs com maior poder de

processamento e maior disponibilidade de memória, os PDAs passaram a possuir outras funcionalidades que incluem:

- a) correio eletrônico;
- b) acesso a internet;
- c) aplicativos de entretenimento;
- d) informações como por exemplo: (finanças, clima e serviços de posicionamento);
- e) aplicações personalizadas como por exemplo (Aplicativos .NET e Java).

3.1.1 Vantagens dos PDAs

O perfil dinâmico da sociedade atual exige do profissional mais flexibilidade e agilidade na tomada de decisão, deslocamento constante no caso de executivos, profissionais da saúde e vendedores. Desta forma, os dispositivos móveis podem auxiliar possibilitando o acesso às informações em qualquer lugar e qualquer hora (CARVALHO, J., 2005).

Do ponto de vista empresarial, os dispositivos móveis são ótimos geradores de informação, podendo ser utilizados na automatização do processo até nas coletas de informações estratégicas, pois com suas reduzidas dimensões podem estar sendo transportados e estar presentes em todas as situações que um profissional dessa área pode atuar (GALVIN, 2004).

Um PDA em geral pode conter ainda uma cópia local das informações armazenadas em um *Desktop*. Isso permite que o usuário trabalhe desconectado, e quando uma atualização é necessária, o PDA pode realizar a sincronização dos dados utilizando algum recurso, de conexão especial embutida no próprio dispositivo como o

bluetooth, Infra-Vermelho, *WI-FI*, além de outras conexões nativas do próprio equipamento como o HotSync no caso do Palm Os (LEE, SCHNEIDER e SCHELL, 2005).

Para estes dispositivos, constantemente surgem novos aplicativos exclusivos, trazendo-os cada vez mais para um cenário que antes era dominado por computadores *desktops* e *notebooks*. Junto a isto cada vez mais os usuários estão usufruindo as facilidades de um mundo interligado por redes sem fio onde o usuário pode ter a qualquer hora e em qualquer lugar a informação que desejar bastando estar apenas conectado a estas redes (GALVIN, 2004).

Para Venturi (2005) outra vantagem não menos importante nos PDAs refere-se ao consumo de energia, que por serem dispositivos mais compactos e econômicos o consumo de energia e tempo de recarga são menores e a autonomia em campo é maior.

3.2 SISTEMAS OPERACIONAIS

Como ocorre nos computadores, os PDAs necessitam de um Sistema Operacional para realizarem a comunicação entre o *hardware* e o *software*. O Sistema Operacional é responsável por controlar todas as funções do PDA, desde controle sobre a bateria, interface, sincronização com o computador, até o reconhecimento de escrita (MAYER e FRANQUETO, 2005).

Quando se quer implementar uma aplicação para um dispositivo móvel é importante considerar o Sistema Operacional utilizado pelo dispositivo em que se quer instalar a aplicação. O Sistema Operacional afeta a linguagem, ferramentas e as tecnologias utilizadas para desenvolver a aplicação, bem como sua capacidade de dar suporte e manutenção a aplicação (LEE; SCHNEIDER; SCHELL, 2005).

A exceção de alguns sistemas baseados em Unix, o Sistema Operacional é altamente dependente da plataforma de *hardware* para o qual foi projetado, não sendo possível, por exemplo, a instalação do Palm OS em um dispositivo originalmente projetado para o sistema Windows, independentemente da plataforma (BRITO; LEITE; OLIVEIRA, 2004).

Segundo Lee, Schneider e Schell (2005) na computação móvel há uma grande variedade de empresas que desenvolvem Sistemas Operacionais para dispositivos PDAs. Algumas dessas empresas são relacionadas na Tabela 2:

Tabela 2 – Empresas que desenvolvem Sistemas Operacionais para dispositivos PDAs.

FABRICANTE	SISTEMA OPERACIONAL	SITE DO FABRICANTE
Microsoft	Windows Mobile	http://www.microsoft.com/brasil/tudointegrado/default.html
Access	Palm OS e Linux	http://www.access-company.com/home.html
Symbian	Symbian OS	http://www.symbian.com/

Fonte: Adaptado de LEE, SCHNEIDER e SHELL (2005).

Os telefones celulares utilizam o Sistema Operacional Symbian OS. Já o Sistema Operacional Palm OS e o Sistema Operacional Microsoft Windows dominam o mercado de PDAs (LEE; SCHNEIDER; SCHELL, 2005).

Carvalho, J. (2005) acrescenta que grandes corporações como IBM, Hitachi, NEC, Panasonic, Samsung, Philips, Sharp e Toshiba uniram-se para levar o Linux⁶ para o celular, criando o CE Linux Fórum, cujo objetivo é o desenvolvimento de soluções e aplicativos de código aberto com a mesma dinâmica da comunidade Linux.

Como o trabalho está com enfoque direcionado em aplicações desenvolvidas para PDAs, serão mostrados a seguir os Sistemas Operacionais utilizados nesses dispositivos.

⁶ Sistema Operacional com licença de uso livre e código fonte aberto, desenvolvido pelo finlandês Linus Torvalds (MOTA FILHO, 2006).

3.2.1 Palm OS

O Palm OS (Figura 3) é um Sistema Operacional proprietário desenvolvido na década de 90 pela Palm Inc., empresa pioneira no ramo de dispositivos móveis, adquirida em 1995 pela US Robotics (TROIS, 2003).



Figura 3 Tela do Sistema Operacional Palm OS
Fonte: CARVALHO, W. (2005)

Sua aceitação foi imediata, tanto pela inovação tecnológica que era oferecida na época quanto pelos recursos (ALVES, 2003).

Em 1996, a Palm apresentou o Pilot 1000 e o Pilot 5000, que levaram ao ressurgimento dos computadores de mão. Em junho de 1997, a Palm tornou-se uma subseção da 3Com Corporation, pois a U.S. Robotics foi adquirida pela 3Com (ALVES, 2003).

Dois anos mais tarde, em 1999 a Palm deixava de ser uma subsidiária da 3Com Corporation, e tornava-se uma empresa independente com suas ações comercializadas na NASDAQ e com isso, definitivamente, tornava-se uma gigante de alta tecnologia americana (TROIS, 2003).

Em outubro de 2003, a Palm Computing foi dividida em duas empresas, uma com o nome de PalmSource, que passou a se preocupar apenas com a parte de *software* e Sistema Operacional Palm OS e a outra com o nome de PalmOne que passou apenas a cuidar da parte de *hardware*. A companhia que foi então formada é conhecida como PalmOne. Esta empresa se tornou um líder do novo mercado e tornou-se a empresa mais forte em computadores de mão e *hardware* de comunicações e soluções de *software* móvel (MAYER e FRANQUETO, 2005).

Bohn e Chappell (2007) relatam que a era de glória do Sistema Operacional Palm OS parece estar chegando ao fim. A empresa japonesa Access, que adquiriu a PalmSource, confirmou oficialmente que o Palm OS não será mais desenvolvido. O Sistema Operacional que viabilizou o conceito de computador de bolso dará lugar ao Access Linux Platform ALP. Esse novo Sistema Operacional terá a interface gráfica semelhante a do Palm OS, mas estará rodando sobre o núcleo Linux.

Mas a Palm parece intencionada em manter a compatibilidade com as versões anteriores do Palm OS (Compromisso com a Comunidade Palm OS), e aparentemente prefere desenvolver sua própria versão baseada em Linux ao invés de licenciar o Sistema Operacional da Access. Ed Colligan, atual Presidente e CEO da Palm, deixou claro que a empresa não tem intenção de licenciar o novo Sistema Operacional para outros fabricantes (BOHN; CHAPPELL, 2007).

Esse novo Sistema Operacional deverá ser lançado no mercado somente em 2008, juntamente com os novos aplicativos desenvolvidos para essa nova plataforma.

O Palm OS foi desenvolvido na linguagem de programação C, podendo assim ser programado diretamente nessa linguagem. Mas além da linguagem de programação C, existem ainda ferramentas de programação visual, o que facilita a implementação de aplicações para essa plataforma (BUDNY, 2002).

O Palm OS até sua versão 5 é um Sistema Operacional single-thread, ou seja, só executa um programa ou processo por vez. Mas a partir da versão 6, disponibilizada em janeiro de 2004, passou a ser multi-thread. Projetado para trabalhar eficientemente com quantidades pequenas de memória RAM (BRITO; LEITE; OLIVEIRA, 2004).

3.2.2 Windows Mobile

O Windows Mobile é um Sistema Operacional lançado em 2003, em substituição a versão anterior conhecida como Windows CE. Compacto e proprietário, foi projetado e desenvolvido pela Microsoft para executar em dispositivos móveis como PDAs e *Smartphones*. Esse Sistema Operacional também permite realizar boa parte do que é possível em uma versão *Desktop* do Windows. O sistema vem com um conjunto de aplicações básicas bem conhecidas no mundo dos *Desktops*, tais como o Word, Excel e PowerPoint (BOURBON, 2005).

O Microsoft Windows Mobile (Figura 4) é uma plataforma de 32 *bits*, multitarefa e multisegmentado. Tem uma estrutura de arquitetura aberta que dá suporte a uma variedade de dispositivos de comunicação, entretenimento e computação móvel. É um Sistema Operacional inteiramente novo, compacto, incorporada há elementos familiares do Windows para *Desktops*, além de possuir compatibilidade com vários *hardwares* disponíveis no mercado tais como: *modem cards*, *flash cards*, *color digital camera card*, cabos de saída VGA e porta paralela, entre outros (KOVACS; MONTEIRO, 200?).

Esse compacto Sistema Operacional é muito utilizado pelo fabricante Hewlett Packard (HP). Esta versão foi desenvolvida para substituir o Windows CE,

antiga versão do Windows para dispositivos móveis. Nessa nova versão foram adicionadas novas funcionalidades de interface com usuário, e aplicações para criar uma plataforma computacional móvel otimizada para dispositivos do tipo PDA (BARROS NETO, 2006).



Figura 4 Tela do Sistema Operacional Windows Mobile
Fonte: HADDAD, R. (2006)

O Windows Mobile está disponível em diferentes classes de equipamentos (KOVACS e MONTEIRO, 2007):

- a) **Windows Mobile Pocket PC:** essa versão do Windows Mobile é destinada aos PDAs. Ela permite controlar os contatos, agenda, tarefas a fazer, anotações, tocar músicas e vídeos, jogar, receber e enviar e-mails, e mensagem instantânea, dentre outras funções. Nessa versão do sistema não há suporte para celulares;
- b) **Windows Mobile Pocket PC Phone:** esse sistema combina os recursos padrões do Windows Mobile para Pocket PC com os recursos para telefonia, integrados ao PDA. É possível, por exemplo, discar para uma pessoa em sua lista de contatos, enviar mensagens SMS, navegar pela

internet, etc. Pode-se considerar como esse sistema um Pocket PC com recursos de celular, onde o principal continua sendo o PDA;

- c) **Windows Mobile *Smartphone***: aqui o foco é diferente. O Windows Mobile para *Smartphones* integra recursos de PDA em um equipamento criado para ligações de voz, e do tamanho dos atuais aparelhos celulares. O sistema é desenvolvido e otimizado para comunicação de voz e dados permitindo o acesso sem fio ao Outlook, navegação segura na Internet e rede corporativa. Em função das diferenças em relação às outras versões do Windows Mobile, os programas para *smartphones* são específicos, e no geral incompatíveis com as outras versões do sistema.

3.2.3 Linux

O Linux é um Sistema Operacional de código aberto, geralmente utilizado em servidores e *desktops*. Este Sistema Operacional é uma alternativa aos Sistemas Operacionais proprietários que vêm instalados nos PDAs. Seu sucesso deve-se ao fato de ser de código aberto e conseguir reunir uma comunidade de usuários que produz *softwares* de grande qualidade e utilidade (PRÁ JUNIOR, 2006).

Como descrito no capítulo 3.2.1 a empresa japonesa Access, que adquiriu a PalmSource, confirmou oficialmente que o Palm OS não será mais desenvolvido, dando lugar ao Access Linux Platform (ALP).

O ALP (Figura 5) é projetado para ser integrado, aberto e flexível baseado na plataforma Linux para *Smartphones* e dispositivos móveis, combinando os melhores componentes Linux e comprovadas tecnologias móveis oferecidas pela empresa Access (ACCESS, 2007).

A plataforma utiliza tecnologias específicas para aplicações móveis, que foram adaptadas ou criadas pela Access. O sistema será capaz de executar aplicações nativas do ALP, programas do Garnet OS⁷, e programas em Java. Todos esses três tipos de programas estarão acessíveis pelo gerenciador de aplicativos do ALP (PALMBRASIL, 2007).

Esse novo Sistema Operacional já terá várias aplicações nativas, como de telefone, contatos, calendário, anotações, memorando, Hotsync, navegador NetFront, HandMail, SMS+, música, fotos, vídeos, câmera, documentos, relógio, calculadora, gravador, dentre outros (ACCESS, 2007).



Figura 5 Tela do Sistema Operacional ALP
Fonte: ACCESS (2007)

Para Windows XP haverá um programa capaz de gerenciar os dados, efetuar sincronismo, suportando o padrão SyncML, para cópia e recuperação de informações. O mesmo programa poderá instalar programas do Garnet OS, e em Java, além dos criados para o ALP (ACCESS, 2007a).

⁷ Codinome dado para a última versão do Palm OS, a 5.4, que equipa, por exemplo os Palms T1X (TROIS, 2003).

A tela foi otimizada para o padrão de 240 x 320 QVGA, mas suporta ainda as resoluções de 320 x 480 – *Half-size Video Graphics Array* (HVGA), e 800 x 480 - *Widescreen*, no máximo. Aparentemente outras resoluções devem ser suportadas, como a atual 320x320 utilizada nos Treo. Em termos de cores o mínimo será 65k e o máximo 256k (ACCESS, 2007).

Na parte de comunicação o sistema suporta redes, *ransmission Control Protocol/Internet Protocol* (TCP/IP), *WiFi* (802.11g), *Bluetooth 2.0 + Experiment Data Record* (EDR), *Universal Serial Bus* (USB), *Infrared Data Association* (IrDA) e Serial. O sistema é multithreaded, e suporta várias conexões ao mesmo tempo, assim como vários programas sendo executados concorrentemente (ACCESS, 2007a).

O requisito mínimo para executar o ALP é um processador padrão ARM9 de 200MHz, mas recomenda-se 400MHz. A memória deve ser de pelo menos 64Mb de RAM e 64Mb de ROM (ACCESS, 2007a).

Existem poucas aplicações disponíveis para o Linux em PDAs, mas com o crescimento das distribuições e também o empenho dos usuários da comunidade Linux em pouco tempo esta situação será revertida (MOURÃO, 2004).

3.3 LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO

Antes de dar início ao desenvolvimento de qualquer aplicação para dispositivos PDAs, é importante definir qual ferramenta de desenvolvimento será adotada. Para iniciantes nesse novo mercado de desenvolvimento é aconselhável a procura de uma ferramenta cuja linguagem e mesmo a forma de trabalho sejam o mais próximo possível do que o programador já está habituado a utilizar nos desenvolvimentos realizados para computadores *desktops*. Isso reduz muito a curva de

aprendizado e contribui para que o tempo de desenvolvimento seja menor (ALVES, 2003).

No mercado da computação móvel há uma grande variedade de linguagens de programação disponíveis para o desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis. Algumas das mais conhecidas são: J2ME, SuperWaba, Satellite Forms, Code Warrior , Pocket Studio e C (SAVI, 2003). Ferreira, Pacheco e Vilas Boas (2007) acrescentam que o VisualStudio da Microsoft também é uma linguagem bem conhecida entre os desenvolvedores de aplicações voltadas para PDAs.

A seguir serão mostradas algumas dessas linguagens:

a) **PocketStudio**: esta ferramenta estava sendo desenvolvida desde 1999 e em 2001 foi finalmente lançada. É semelhante ao ambiente de desenvolvimento da linguagem Delphi, compartilhando assim semelhanças também com a linguagem Pascal. Construída pela Pocket-Technologies, uma empresa localizada no Estado de Minnesota nos Estados Unidos e formada por desenvolvedores experientes e muito profissionais, o PocketStudio é muito mais que uma simples *Integrated Development Environment* (IDE), conta com um compilador poderosíssimo e rápido, que gera aplicações nativas Palm OS com velocidade e tamanho comparáveis às geradas por compiladores C e sem a necessidade de *runtime*⁸. Possui suporte aos mais diversos periféricos e equipamentos como impressoras, equipamentos *Symbol* com leitor de códigos de barras e celulares. (ALEXANDRONE, 2005);

b) **Satellite Forms**: os aplicativos desenvolvidos por esta ferramenta são baseados em *runtime*. Para o desenvolvimento de aplicações para o

⁸ Permite executar programas em tempo de execução (COLLIN, 1993).

mercado corporativo, o Sattelite Forms tem ganhado muito destaque. Este destaque ocorreu devido ao fato de ela ser uma ferramenta de desenvolvimento rápido - *Rapid application development* (RAD). Essa linguagem possibilita desenvolver aplicações para os Sistemas Operacionais Palm OS e Windows Mobile (TROIS, 2003);

- c) **A linguagem C:** essa linguagem, apesar de parecer complicada e assustadora para muitos, na verdade tem as mesmas estruturas de controle de qualquer outra linguagem de programação. O que a diferencia das outras, e talvez o motivo da sua fama de linguagem de baixo nível é o uso de ponteiros e algumas estruturas mais complexas. Com ela pode-se ter acesso a todo o poder do Sistema Operacional Palm OS (através do acesso a API completa), executáveis menores e mais rápidos, sem *runtimes* e pagamentos de licenças.

Para desenvolver em C, existem alguns caminhos que podem ser seguidos: utilizar uma ferramenta comercial como o CodeWarrior, que tem compilador próprio (SOUZA, 2005);

- d) **CodeWarrior:** é o ambiente de desenvolvimento oficial da Palm e é o mais famoso ambiente integrado para a linguagem C;
- e) **J2ME:** o J2ME é uma *Application Programming Interface* (API) Java voltada para o desenvolvimento de micro aplicativos que executam em dispositivos com memória, vídeo e poder de processamento limitados, assim como os celulares, PDAs, e *Pagers* (MUCHOW, 2004).

Essa plataforma, assim como quase toda tecnologia Java, é regulamentada pelo *Java Community Process*⁹ (JCP). Entretanto, existem

⁹ É um processo formalizado que permite que as partes interessadas se envolvam nas definições de versões futuras e funcionalidades da plataforma Java (CARNIEL e TEIXEIRA, 2005).

várias empresas de grande porte por trás do J2ME, como: Nokia, Motorola, IBM, Sony e Siemens (CARNIEL e TEIXEIRA, 2005).

O J2ME é subdividido em duas importantes camadas: *Configuration* e *Profile* (MUCHOW, 2004). As *configurations* são especificações que detalham uma máquina virtual Java e um conjunto básico de APIs que podem ser usadas por um certo conjunto de dispositivos. Para dispositivos de maior poder de processamento existe a especificação *Connected Device Configuration* (CDC), voltada para dispositivos com mais de 512 KB de memória, conexão permanente e taxa de transmissão relativamente alta. Para dispositivos de pequeno porte, tais como PDAs e celulares, com menos de 512 KB de memória disponível para as aplicações e sem conexão permanente, usa-se a especificação *Connected, Limited Device Configuration* (CLDC) (CARVALHO; WINDSON, 2005). Já uma *profile* é uma extensão de uma *configuration*. Ele fornece as bibliotecas necessárias para desenvolver um aplicativo para um tipo particular de dispositivo (MUCHOW, 2004);

- f) **SuperWaba:** essa tecnologia implementa uma máquina virtual Java adaptada para dispositivos móveis. A versão atual do SuperWaba oferece funções gráficas, suporte a precisão de 64 *bits* (*float* e *double*), suporte a bibliotecas em C e Java, fontes configuráveis, exibição automática de imagens coloridas, algumas funcionalidades para jogos, janelas *pop-up* e arrastáveis, *threads*, e finalmente, velocidade dobrada em relação a versão anterior (Waba), por meio de otimizações no interpretador e bibliotecas para acesso a periféricos como receptores *Global Positioning System* (GPS) e impressoras fiscais (MAGALHÃES, 2005). Souza

(2005) acrescenta que uma vantagem aplicada a essa linguagem é o fato do SuperWaba ser multiplataforma. Suas aplicações podem executar tanto em Palm OS quanto em Windows;

- g) **Visual Studio:** é um ambiente de desenvolvimento produzido pela Microsoft para desenvolver aplicações para a plataforma.NET, que contem um criador de interfaces gráficas bastante potente e prático. Esta *Integrated Development Environmen* (IDE) possui múltiplas funcionalidades de integração com dispositivos móveis, de modo a tornar a programação para estes dispositivos mais simples e intuitiva (FERREIRA; PACHECO; VILAS BOAS, 2007).

Entre as opções disponíveis, existem ainda linguagens de programação muito parecidas com *C*, *Visual Basic*, *Java*, e *Delphi*, que são linguagens utilizadas para o desenvolvimento de aplicações para *desktops*. Essa característica facilita o desenvolvimento de novas aplicações para quem já está familiarizado com alguma dessas linguagens.

4 BANCO DE DADOS PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS

A tecnologia aplicada aos métodos de armazenamento de informações vem crescendo e gerando um impacto cada vez maior no uso de dispositivos móveis como os PDAs em qualquer área que os mesmos podem ser aplicados. Pode-se afirmar que os bancos de dados desempenham um papel extremamente importante em todas as áreas da ciência onde a computação é utilizada (CÔRTEZ e LIFSCHITZ, 2003).

A utilização de bancos de dados móveis propicia facilidades de locomoção física que possibilitam aos usuários acesso aos dados com pouca ou nenhuma restrição de tempo e lugar. Usuários têm a possibilidade de participar de congressos, convenções e reuniões de negócios e realizar visitas a clientes e fornecedores, tendo acesso a seus arquivos pessoais armazenados em uma estação de trabalho distante, participando de teleconferências e efetuando, normalmente, suas tarefas computacionais diárias, mesmo quando distantes de sua residência ou local de trabalho (ITO; FERREIRA; SANT'ANA, 2000).

A necessidade da utilização de bancos de dados para dispositivos móveis vem aumentando significativamente a cada dia. Algumas propostas foram feitas no sentido de desenvolver pequenos bancos de dados para dispositivos de computação portátil, com pouco poder de processamento e pouca memória, tais como os telefones celulares, os palmtops, e os PDAs. Os principais projetos incluem o Oracle Lite, da Oracle, o SQL Mobile Edition da Microsoft e o DB2 Everyplace, da IBM (PAULINO, 2002).

O crescente progresso da tecnologia sem fio vem incentivando a pesquisa e o desenvolvimento de aplicações com foco direcionado a computação móvel, que atualmente já é considerada uma nova dimensão na comunicação e no processamento de

dados. Há um número cada vez maior de novos sistemas móveis que necessitam de acessos a bancos de dados utilizando equipamentos do tipo PDAs (OZSU; VALDURIEZ, 2001).

Um dos fatores que vem contribuindo muito para a expansão desse novo paradigma da computação no mercado empresarial e pessoal é a mobilidade. Mobilidade no contexto da computação móvel, refere-se ao uso de dispositivos móveis portáteis funcionalmente poderosos que ofereçam a capacidade de realizar um conjunto de funções, como a utilização de *softwares* de gestão empresarial, sendo também capazes de conectar-se à servidores de banco de dados fixos para obter ou enviar dados (LEE; SCHNEIDER; SCHELL, 2005).

Outra característica que tem transformado a computação móvel em uma realidade é o surgimento de computadores portáteis com maior poder de processamento e capacidade de armazenamento, devido a crescente expansão da capacidade de memória nesses dispositivos, o que incluem a utilização de memórias expansíveis (BARROS NETO, 2006).

No entanto, ainda há uma série de problemas relacionados a *hardware* e *software* que são aplicados a computação móvel. Problemas esses, que de certa forma criam obstáculos e atrasam a disseminação dessa tecnologia que ainda procura o caminho da perfeição.

Alguns dos problemas relativos a *hardware* destacam-se principalmente por suas limitações em comparação aos *desktops*. A velocidade é um objetivo crítico para um PDA, e não só limitado à velocidade de execução do código. O Tempo total necessário para navegar, selecionar e executar comandos pode ter grande impacto na eficiência como um todo.

4.1 EXEMPLOS DE USO DE BANCOS DE DADOS MÓVEIS

A seguir, são apresentados alguns exemplos de aplicações de bancos de dados que existem ou poderão existir, a fim de deixar claro os recursos introduzidos pela tecnologia.

Exemplo 1: as Figuras 6 e 7 mostram dois modelos aplicados na utilização da computação móvel, em conjunto com aplicações onde há a necessidade da utilização de um banco de dados para manipulação de informações.



Figura 6 Utilização da computação móvel em empresas de transportes.
Fonte: WMW – SISTEMAS (2006)



Figura 7 Utilização da computação móvel em depósitos para controle de estoque.
Fonte: WMW – SISTEMAS (2006)

Entendendo as Figuras 6 e 7:

- a) figura 6: por meio de um PDA com leitor de código de barras e um sistema desenvolvido para uma transportadora o usuário faz a conferência das mercadorias que serão carregadas no caminhão para posterior entrega no cliente;
- b) figura 7: utilizando um PDA com leitor de código de barras e um sistema desenvolvido para o controle de estoque, o usuário faz a conferência de entrada e saída das mercadorias no estoque da empresa.

As Figuras 6 e 7 mostram dois exemplos típicos de aplicações onde há a necessidade da utilização de banco de dados para dispositivos móveis.

Exemplo 2: uma aplicação da computação móvel em banco de dados que envolve a consulta dependente de localidade. Imagine-se uma família em viagem de férias a um estado desconhecido. As bases de dados sensíveis à localidade manterão informações a respeito de hotéis, restaurantes e outros serviços locais necessários (hospitais, por exemplo). Consultas dependentes de localização acessarão informações que responderão a perguntas como: “Qual o hotel mais próximo com piscina?”, “Como chegar ao hospital mais próximo?” E essas perguntas poderão ser feitas repetidamente produzindo uma resposta diferente em cada uma das vezes, pois dependerá da localização de quem requisita a informação (AMADO, 2002).

Exemplo 3: vários vendedores podem fazer o uso de seus PDAs para manter informações sobre seus clientes e seus pedidos. Quando o vendedor vai ao encontro do cliente, pode querer acessar os dados sobre as preferências desse cliente. Num sistema distribuído, essa consulta seria direcionada ao local em que a informação procurada encontra-se armazenada. Num ambiente de banco de dados móveis, além dessa opção, seria possível acessar uma cópia desses dados armazenados numa *cache* local (AMADO, 2002).

Exemplo 4: numa cidade de tráfego intenso onde muitas vezes se passa uma hora para sair de uma localidade à outra. Numa agência de seguros de automóvel existe um funcionário que precisa avaliar os danos fisicamente de cada automóvel coberto por aquela seguradora e compor um relatório estimando os custos para os reparos necessários. Para que tal relatório seja terminado, é necessário o acesso a informações do automóvel, a relatórios de perícia da polícia rodoviária, uso anterior do seguro por este carro, entre outras. Ao ligar seu PDA no início de um dia de trabalho, as informações sobre o próximo caso a ser analisado já podem ter sido pré-carregadas. O avaliador se conecta com o banco de dados da empresa e faz a requisição das

informações que estão faltando. A recepção desses dados acontece numa transação enquanto o avaliador está a caminho do local (já que o exame físico ainda é necessário). Ao chegar lá, o avaliador entra com os dados restantes no seu PDA que automaticamente atualiza os dados na rede fixa, onde outros processamentos ocorrem. A rede fixa reenvia então os dados processados para o avaliador que já estará a caminho da localidade de uma nova ocorrência. Durante esta transação, o avaliador pode querer desligar seu dispositivo móvel, a fim de economizar bateria e parar para almoçar. Quando torna a ser ligado, a unidade móvel retoma a transação de onde ela tinha parado. Num dia de trabalho, a produção do profissional terá claramente aumentado (AMADO, 2002).

4.2 ASPECTOS RELACIONADOS A BANCO DE DADOS MÓVEIS E BANCO DE DADOS DISTRIBUIDOS

Um sistema de computação distribuída consiste de um número de elementos computacionais, não necessariamente homogêneos, que são interconectados por uma rede de computadores e que colaboram entre si na execução de determinadas tarefas a eles atribuídas (AMADO, 2002). A principal diferença entre banco de dados centralizados e distribuídos é que, no primeiro, os dados residem em uma única locação, enquanto que no último os dados residem em várias locações (SILBERSCHATZ; KORTY; SUDARSHAN, 1999).

A Figura 8 ilustra a arquitetura de bancos de dados distribuídos.

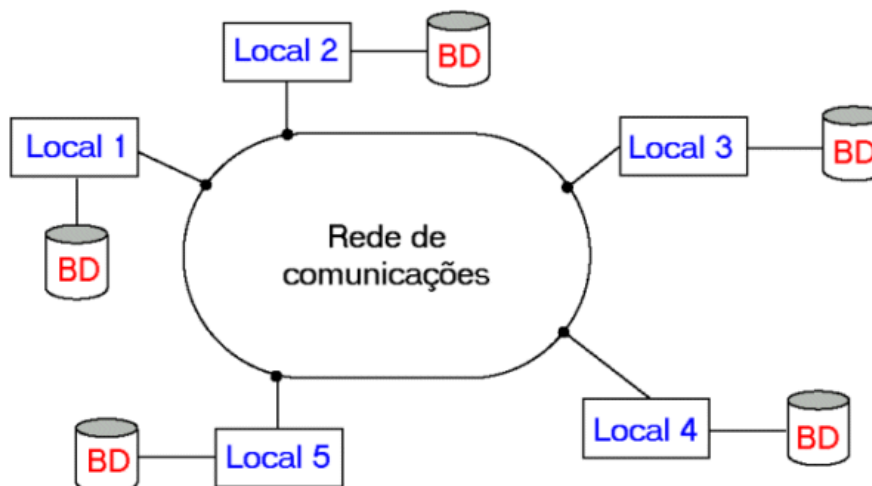


Figura 8 Arquitetura de bancos de dados distribuídos
 Fonte: AMADO, P. (2002)

A computação móvel pode ser considerada como uma variação da computação distribuída, ou sistema distribuído, que é uma referência à computação paralela e descentralizada, realizada por dois ou mais computadores conectados através de uma rede, cujo objetivo é concluir uma tarefa em comum (SILBERSCHATZ, KORTY e SUDARSHAN, 1999). Bancos de dados móveis podem ser distribuídos em dois possíveis cenários (AMADO, 2002):

- a) toda a base de dados está distribuída principalmente entre os componentes ligados por fiação, possivelmente com replicação total ou parcial dos dados. Uma estação base gerencia sua própria base de dados com um SGBD com funcionalidades adicionais para localizar unidades móveis e para gerenciar consultas e transações do ambiente móvel;
- b) a base de dados é distribuída pelos componentes com e sem fio. A responsabilidade do gerenciamento dos dados é compartilhada entre as unidades móveis e as estações base.

Desta maneira, questões relativas a gerência de dados distribuídos também podem ser aplicadas aos bancos de dados móveis, tais como processamento de consultas, modelos de transações, distribuição e replicação de dados, recuperação e

tolerância a falhas (SILBERSCHATZ; KORTH; SUDARSHAN, 1999). Amado (2002) acrescenta que é importante levar as seguintes considerações adicionais e variações em conta:

a) **distribuição de dados e replicação:** os dados podem estar desigualmente e irregularmente distribuídos entre unidades móveis e estações base. As restrições de consistência aumentam o problema de gerenciamento de dados em *cache*. Esta deve proporcionar à unidade móvel acesso àqueles dados mais freqüentemente acessados e atualizados. No exemplo 3 da seção anterior, quando o vendedor acessar os dados na *cache* local, estes devem estar consistentes com os dados da estação base;

b) **modelos de transação:** questões de tolerância a falhas e execução das transações são agravadas no ambiente móvel. A transação móvel é executada seqüencialmente através de várias estações base e possivelmente em múltiplos conjuntos de dados, dependendo da movimentação da unidade móvel. A coordenação central da execução de uma transação falta, por exemplo, quando se tem a base distribuída pelos componentes com e sem fio (exemplo 3 – seção anterior). Portanto, as propriedades de atomicidade, consistência, isolamento e durabilidade (ACID) das transações podem precisar de modificação e novos modelos de transação devem ser definidos;

c) **processamento de consultas:** a informação sobre a localização dos dados é importante e afeta a análise de custo benefício do processamento de consultas. As respostas às consultas precisam ser dadas às unidades móveis que mesmo estando em trânsito e cruzando células, devem receber completamente e corretamente tais respostas. Na seção anterior, foi citado um exemplo de uma aplicação onde são feitas consultas sensíveis à localidade (exemplo 2 da seção anterior);

d) **recuperação e tolerância a falhas:** O ambiente de bancos de dados móveis pode apresentar falhas locais (queda da unidade móvel), falhas de mídia, de transação e de comunicação. Uma falha local ocorre frequentemente devido à bateria fraca no computador móvel. Se uma unidade móvel suspende a conexão voluntariamente, isto não deve ser tratado como falha (exemplo 4 da seção anterior);

e) **projeto de banco de dados móveis:** o problema da determinação do nome global da unidade (seu número de IP, por exemplo), para a boa manipulação de consultas, é comprometido por causa da migração de localidade da unidade e freqüente suspensão de comunicação. O projeto de banco de dados deve considerar várias questões de gerenciamento como por exemplo, a atualização constante da localização da informação.

4.3 QUESTÕES DE BANCO DE DADOS NA COMPUTAÇÃO MÓVEL

Na seção anterior, foram citados alguns fatos que caracterizam os bancos de dados móveis. Esta seção procura conceituar e fazer um estudo mais detalhado de algumas destas características individualmente.

4.3.1 Replicação de dados e sincronização

Na computação móvel podem existir momentos em que a unidade cliente esteja momentaneamente desconectada da parte fixa (denominada como servidor). Isso pode ser ocasionado por problemas de comunicação, no intuito de liberar canais de comunicação ou ainda, promover uma economia de energia na unidade móvel. Para tanto, o sistema dá suporte a desconexão através de protocolos de replicação que permitem ao cliente móvel manipular itens de dados de forma autônoma. (PEZZI, 2003, p. 11).

Sincronização é o processo no qual os dados distribuídos são mantidos atualizados, de modo que os usuários trabalhem com as informações mais recentes dos dados (ALVES, 2007). Quando os dados num servidor ou numa base e suas réplicas são sincronizados, o log de transação de cada volume replicado é usado para verificar se aqueles dados foram atualizados, inseridos ou removidos da base central. As cópias mais recentes são então replicadas para todos os outros locais que acessam esses dados (AMADO, 2002).

Portanto, quando uma aplicação modifica dados compartilhados em uma determinada base de dados, as mudanças são propagadas para as outras bases onde se localizam as réplicas. Estas mudanças podem ser propagadas através de vários tipos de protocolos ou canais de comunicação. Após tal propagação, os dados terão sincronizado suas modificações (MANGANELLI; ROMANI, 2003). Amado (2002) acrescenta que pela interdependência destes conceitos, eles são muitas vezes confundidos ou tratados indistintamente o que é compreensível, já que não há sentido em replicar dados numa base distribuída se não houver sincronização.

A base de dados que contém os dados a serem replicados é chamada de consolidada. As bases remotas são aquelas que contêm um subconjunto das informações da base consolidada (Figura 9) e geralmente se localizam distantes fisicamente desta.

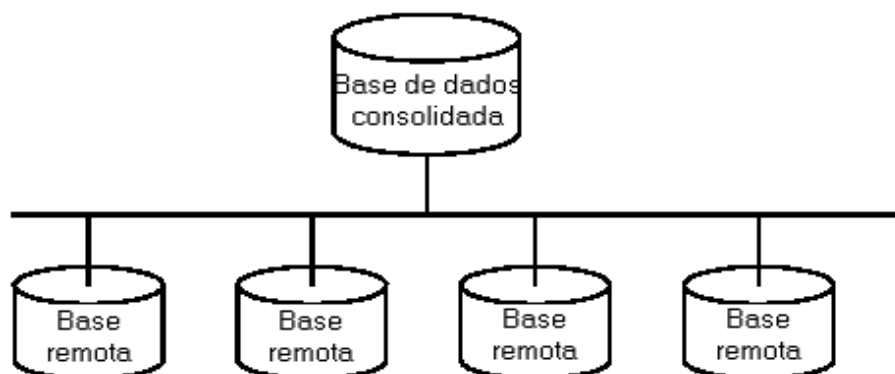


Figura 9 Arquitetura das bases remotas e da base consolidada.
Fonte: AMADO, P. (2002).

Quanto aos métodos de propagação usados, a replicação de dados é dividida em: baseada em sessão (*session-based*), baseada em mensagens (*message-based*) ou baseada em conexão (*connection-based*) (ALVES, 2007).

Os principais benefícios de se fazer replicação de dados num ambiente móvel estão relacionadas à disponibilidade de dados localmente, ou seja, são os dados armazenados na *cache* local das unidades móveis que possibilitam operações desconectadas ou com fraca conexão e aumentam o tempo de resposta das requisições de informações, já que não há a necessidade de se conectar a bases distantes. As bases fixas também têm um ganho de performance com a replicação, já que em alguns casos não é necessário requisitar seu poder de processamento (AMADO, 2002).

Entre os desafios de um sistema de replicação de dados está o de assegurar que a integridade de transações seja sempre mantida em cada banco de dados e assegurar que haja consistência dos dados replicados. Nem sempre os dados necessários a uma aplicação estarão disponíveis na *cache* local, por isso, as unidades móveis, geralmente apresentam a necessidade de receber dados de uma base remota. Algumas formas de envio destes dados é através da difusão de dados, onde uma estação base envia informações para todas as unidades móveis localizadas em sua célula de cobertura (AMADO, 2002)..

4.3.2 Caching e difusão de dados

O *caching* e a difusão são dois dos tipos de paradigmas de acesso aos dados móveis. Ambos visam aumentar a disponibilidade de dados ao usuário móvel que se encontra numa base remota (MOLINA; ULLMAN; WINDOM, 2001).

Como visto anteriormente, são inúmeros os benefícios de se armazenar os dados em *cache* (em disco local), para a melhor eficiência das operações. Esta abordagem é essencial na economia da baixa de largura de banda de uma rede sem fio.

Para coordenar a classificação dos dados quanto ao seu uso na *cache*, são usadas duas regiões distintas, definidas como região quente e região fria. Região quente contém o conjunto de dados que são utilizados mais frequentemente, região fria um conjunto de dados utilizados com menos frequência (AMADO, 2002).

Quando os dados consultados por uma aplicação não se encontram na *cache*, é necessária uma solicitação de dados ao servidor. Esta solicitação pode ser total, quando o cliente precisa receber todos os dados do servidor ou parcial quando alguns dados na base remota podem ser utilizados para responder à consulta.

A difusão (disseminação) de dados é o envio de dados para os clientes móveis localizados nas células de rede alcançadas pelo servidor remetente (ALVES, 2007).

Existem dois motivos para se usar difusão de dados. Primeiro, a unidade móvel evita o gasto de energia com a transmissão de solicitação de dados. Segundo os dados difundidos podem ser recebidos por um grande número de unidades móveis de uma só vez, sem um custo adicional, o que é ideal para um grupo de clientes com as mesmas necessidades de atualizações (AMADO,2002).

Existem duas estratégias de envios por difusão, o *pull-based* e o *pushbased*. O *pull-based* é caracterizado pelo cliente fazendo o papel ativo, requisitando informações ao servidor através do envio de mensagem. O *push-based* é quando a iniciativa parte do servidor, transmitindo os dados pela rede, nessa estratégia o cliente funciona apenas como receptor. Nessa segunda estratégia o grande problema é decidir quais os dados que serão transmitidos. Uma possível solução é que cada cliente construa

um perfil (*profile*) referente aos dados que lhe são de interesse, para que o servidor possa ser capaz de escolher os dados que serão enviados aos clientes (ALVES, 2007).

Ao usar *caching*, uma estratégia de invalidação de *cache* (*cache invalidation*) é necessária para que se certifique que os dados em um computador móvel são os mesmos dos da base consolidada, ou seja para assegurar a consistência ou coerência de *cache*.

4.3.3 Transações

Uma transação é uma unidade lógica de processamento de banco de dados que inclui uma ou mais operações de acesso à base. Entre estas operações estão inserção, exclusão, modificação e consulta de dados .

Cada transação é uma unidade de atomicidade e consistência. As transações não devem violar nenhuma regra de consistência no banco de dados. Portanto, o banco de dados que estava consistente antes do início da transação deve permanecer consistente após o término da transação (MANGANELLI ; ROMANI, 2004).

Segundo Silberschatz, Korty e Sudarshan (1999) a concorrência de transações que acessam à mesma base de dados pode ocasionar problemas como a perda de consistência dos dados. Para evitar a perda desses dados, é necessário que sejam preservadas as seguintes propriedades:

- a) **atomicidade**: uma transação deve ser uma unidade atômica de processamento sendo completamente executada ou descartada. O subsistema de recuperação de transações deve assegurar que se uma falha ocorrer durante a execução da transação, nenhuma das modificações feitas por ela persistam;

- b) **consistência:** a transação deve levar a base de dados de um estado consistente a outro. O estado do banco de dados é uma coleção de todos os itens de dados armazenados num dado momento. Um estado consistente é aquele que satisfaz as restrições impostas pelo esquema do banco de dados, assim como outras que forem especificadas.
- c) **isolamento:** assegurado pelo subsistema de controle de concorrência. A execução de uma transação não deve ser interferida por outra que ocorra concorrentemente no sistema. Há diferentes níveis de isolamento possíveis;
- d) **durabilidade (persistência):** depois da transação completar-se com sucesso, as mudanças operadas por ela na base de dados persistem, até mesmo se houver falhas no sistema.

Uma transação é considerada móvel quando pelo menos um *host* móvel faz parte de sua execução. Quando uma parte da computação é feita na unidade móvel e outra na estação de base, é conhecida como uma transação distribuída (ALVES, 2007).

Como usuários normalmente precisam executar tarefas mesmo na falta de conexão com servidor, os dispositivos móveis necessitam de algum tipo de gerenciamento de transações. Portanto, esquemas de controle de concorrência em bancos de dados distribuídos devem dar suporte à operação autônoma de dispositivos móveis desconectados. Estes esquemas devem ainda considerar o tráfego de mensagens em vista das limitações de largura de banda do ambiente móvel e o a localidade do cliente (AMADO, 2002).

4.3.4 Recuperação de falhas

O processo de recuperação se refere à capacidade que um sistema tem de preservar a consistência do banco de dados após falhas do sistema, de transações ou dos meios de comunicação (MOLINA; ULLMAN; WINDOM, 2001).

Um sistema em um ambiente móvel está sujeito a falhas tanto de *hardware* como de *software*. Em cada um destes casos, informações que se referem ao sistema de banco de dados podem ser perdidas. Uma parte essencial do sistema de banco de dados é um esquema de recuperação responsável pela detecção de falhas e pela restauração do banco de dados para um estado consistente que existia antes da ocorrência da falha (VALDURIEZ; OZSU, 2001).

Em sistemas distribuídos, a recuperação de falhas é baseada em pontos de recuperação, conhecidos como *checkpoints*. No caso de falhas e desconexões, a aplicação usa o último *checkpoint* salvo para reiniciar sua execução (AMADO, 2002).

A unidade móvel deve estar sempre informada sobre em qual célula se encontra e quando o sistema entrará em modo de desconexão, pois ela é responsável por gerar um *checkpoint*, caso mude de célula ou haja uma desconexão (CORTES e LIFSCHITZ, 2003).

Segundo Manganeli e Romani (2004) os protocolos *checkpoint* são classificados em duas categorias:

- a) protocolos coordenados: a criação dos *checkpoints* é realizada em modo conectado para garantir a consistência e recuperação do *checkpoint* global. O protocolo requer o envio de mensagens para diferentes unidades móveis, para que ocorra a sincronização no processo de *checkpoint*, e às vezes pode ocorrer problema de desconexão;

- b) protocolos não coordenados: permitem a criação de *checkpoints* independentes, sem a necessidade de comunicação, desse modo, o processo pode continuar durante as desconexões. No entanto, mensagens precisam ser trocadas durante a recuperação para localizar o *checkpoint* global, exigindo a coleta de informações sobre outras unidades móveis.

4.3.5 Segurança

Os riscos na segurança de sistemas e de redes de computadores são agravados quando inseridos no ambiente móvel, que é muito mais propenso a ataques e falhas. Segundo Ogliari et al (2005) redes sem fio são mais sujeitas aos ataques maliciosos. Como não há uma rede fixa, os dados são propagados pelo ar e podem ser interceptados facilmente se não houver um esquema de autenticação do usuário para os dados serem mantidos privados, além do uso de criptografia.

Na computação móvel a portabilidade dos dispositivos usados pode levar à perda das unidades, o que caracteriza perda de dados e de confidencialidade.

Para Amado (2002) a única forma de prevenir a falta de confiabilidade é o uso de encriptação (*encryption*, fase da criptografia) e de mecanismos que assegurem identificação, autenticação e controle de acesso. Estas não são características particulares de segurança num ambiente móvel a não ser pelo fato de que a proteção de um dispositivo móvel deve ser simplificada devido à escassez de recursos e pouco poder de processamento destes computadores.

Quanto à transferência de dados, as frequentes desconexões envolvidas no ambiente móvel podem por em perigo a consistência dos dados. O SGBD é também o

responsável por evitar perdas em casos de desconexões não esperadas, com a ajuda da recuperação das transações (ALVES, 2007).

Os metadados na área de comunicação móvel são conhecidos como o contexto móvel, que pode ser entendido como o perfil do usuário, informação sobre a atual situação dos recursos e informação das características do dispositivo, da localização do usuário e do tempo. Somente o usuário deve saber a sua localização por questão de privacidade. Sua proteção é considerada como o principal objetivo da mobilidade. Todas as informações da identificação do usuário, incluindo a origem e o destino das mensagens devem ser protegidas com a ajuda da criptografia para esconder a comunicação de uma outra rede de usuários (AMADO, 2002).

Alves (2007) descreve que enquanto existe um grande esforço na área de segurança das redes dos ambientes móveis, a segurança dos bancos de dados é menos contemplada.

5 SISTEMAS GERENCIADORES DE BANCOS DE DADOS PARA PDAs

A seleção da arquitetura de armazenamento de dados correta para seus aplicativos pode se tornar uma tarefa desanimadora. O número de opções de tecnologias de armazenamento de dados é grande e cresce a cada dia. A escolha da tecnologia de armazenamento de dados depende de vários fatores. É necessário analisar as compensações entre os requisitos da plataforma, tamanho, desempenho, facilidade de implantação, facilidade de acesso aos dados e recursos de armazenamento de dados (NOYES, 2007).

Dentre os SGBDs disponíveis para dispositivos PDAs, os mais conhecidos e utilizados são: Oracle Lite da Oracle Corporation e o DB2 Everyplace da IBM (SAVI, 2003). Côtés e Lifschitz (2003) acrescentam que o SQL Server Compact Edition da Microsoft também possui uma relevante fatia no mercado de banco de dados para dispositivos móveis.

Esses SGBDs serão abordados com maiores detalhes nesse estudo, sem o objetivo de compará-los até esse momento. Após a leitura deste capítulo será possível conhecer suas características, recursos, capacidades e limitações, fornecendo assim o conhecimento necessário para conclusão da pesquisa.

5.1 SISTEMAS GERENCIADORES DE BANCO DE DADOS MÓVEIS

Os maiores fabricantes de sistemas gerenciadores de banco de dados atuam no mercado da computação móvel, oferecendo um conjunto de produtos que incluem software para o desenvolvimento de aplicações e sistemas de banco de dados adaptados

para este ambiente, os quais buscam uma integração dos dados destas aplicações com os servidores de bancos de dados localizados na rede fixa (CÔRTEZ; LIFSCHITZ, 2003).

Uma característica comum desses produtos está no fato de serem desenvolvidos, principalmente, para atuarem na desconexão dos clientes, como bancos de dados locais, sempre necessitando de uma carga antecipada dos dados (*hoarding*) para dar suporte às aplicações. Quando conectados à rede fixa, executam a sincronização com seus servidores, evitando trabalharem conectados como se estivessem em um ambiente de banco de dados distribuído (CÔRTEZ; LIFSCHITZ, 2003).

5.2 ORACLE LITE

O banco de dados Oracle Lite é um pequena base de dados relacional, construída para criar, implementar e gerenciar aplicativos para uma grande variedade de dispositivos móveis (CRESPO e MAGALHÃES, 2007). Gonçalves (2005) acrescenta que esse banco de dados pode ser utilizado nas plataformas Palm Os, Windows Mobile, Symbian EPOC.

A Oracle Corporation possui várias edições de banco de dados, tais como: Enterprise Edition, Standard Edition, Standard Edition One e Personal Edition. O Oracle Lite é mais uma das edições de banco de dados da Oracle (BARROS NETO, 2006).

Inicialmente o Oracle Lite foi desenvolvido para entrar na área de banco de dados para dispositivos móveis. Porém, com a necessidade da sincronização de dados com uma base remota central, o Oracle Lite acabou tornando-se mais que um banco de dados leve e robusto para PDAs, englobando características de banco de dados de

grande porte, mantendo sua velocidade e garantindo a sincronização segura dos dados (BARROS NETO, 2006).

Mark Davies citado por Crespo e Magalhães (2007) relata que a Motorola embutiu o *software* Oracle em mais de 20 modelos de seus produtos, variando desde *Smartphones* até as inovadoras soluções biométricas e de gerenciamento de identidades.

O Oracle Lite foi construído, sob o sistema do Oracle9i possuindo uma estrutura *eXtensible Markup Language* (XML) (FORTES, 2006). A versão atual encontra-se baseada sob o sistema Oracle Database 10g Release 3, conforme descrito por Alves (2007).

5.2.1 Principais Características

A linguagem SQL suportada pelo Oracle Lite é a mesma das outras edições do banco de dados Oracle. Portanto as aplicações desenvolvidas nessa linguagem para o núcleo das outras edições do Oracle, podem executar no núcleo do Oracle Lite (BARROS NETO, 2006).

O núcleo do Oracle Lite executa em uma plataforma muito menor do que a das outras edições do banco Oracle, necessitando de 50K a 1 MB dependendo da plataforma utilizada (BARROS NETO, 2006).

Permite executar aplicações desenvolvidas em c, C++, Mobile SQL¹⁰, aplicativos.NET e demais aplicações baseadas em Java (que inclui *Java Stored Procedures*¹¹ - JSP e *Java DataBase Connectivity*¹² - JDBC). O núcleo do Oracle Lite

¹⁰ É uma ferramenta interativa utilizada para criar, acessar e manipular o banco de dados Oracle Lite (ORACLE, 2007).

¹¹ Funciona como uma função que fica armazenada dentro do próprio banco de dados, para manipular os dados ali presentes (MUCHOW, 2004).

¹² É uma API Java que permite as aplicações desenvolvida em Java acessar e manipular os dados de um banco de dados (MUCHOW, 2004).

também suporta a tecnologia *Open Database Connectivity*¹³ ODBC. O banco de dados ainda pode ser instalado nos Sistemas Operacionais Windows, Windows CE, Palm OS e Symbian EPOC (GREENWALD; STACKOWIAK; STERN, 2004).

Um dispositivo móvel, nesse caso, mais especificamente o PDA, em que o Oracle Lite esteja instalado, possibilita realizar ligação entre uma das outras edições de servidor de banco de dados de grande porte da Oracle. Os dados são sincronizados entre os dois sistemas. Há também a possibilidade do usuário se desconectar e trabalhar no banco de dados em modo *offline*. Após o usuário fazer uma nova ligação, os dados modificados em modo *offline* podem ser automaticamente sincronizados com o servidor de banco de dados Oracle (BARROS NETO, 2006). Bakshi (2007) acrescenta que o Oracle Database Lite 10g inclui sincronização automática, o que permite que os dados possam ser sincronizados em sentido bidirecional sem a intervenção do usuário, assim os dispositivos móveis podem trabalhar sem problemas, sejam conectados ou não à rede.

O Oracle Lite possibilita ao usuário realizar a encriptação do banco de dados, e uma vez que os dados armazenados no banco de dados forem encriptados, não podem ser interpretados pelo exame dos arquivos. Uma senha é usada para gerar uma chave de encriptação de *128 bits*. O Oracle Lite usa a encriptação *Advanced Encryption Standard* (AES). Após a encriptação, todo usuário que tentar estabelecer uma conexão com o banco deve prover uma senha de acesso, válida. Se a senha não existir no sistema retorna um erro. Um banco de dados do Oracle Lite não pode ser encriptado ou decryptado caso haja alguma conexão aberta com o banco (ALVES, 2007).

¹³ É o método de acesso que permite aplicações desenvolvidas em diversas linguagens acessar e manipular diferentes bancos de dados.

O Oracle Lite é um software proprietário e está disponível para compra no *site* oficial da Oracle. É possível obter uma versão de avaliação com licença de desenvolvimento através do Oracle Technology Network (ORACLE, 2007).

5.2.2 Dispositivos e Tecnologias Suportadas

Os dispositivos suportados pelo Oracle Lite possuem características diferenciadas das máquinas específicas para clientes de outras edições de banco de dados Oracle, como menor limite de memória *RAM*, conexões especiais nativas embutidas no dispositivo como o *bluetooth*, *GPRS*, *WI-FI* dentre outros, menor poder de processamento, Sistemas Operacionais mais focados no tipo de dispositivo e memória expansível de velocidade às vezes não muito atrativa (ORACLE, 2007).

Como exposto anteriormente, o Oracle Lite suporta os Sistemas Operacionais (SO): Windows Mobile, Palm OS, Linux e Symbian EPOC. Partindo disto, abre-se uma vasta gama de dispositivos com estes Sistemas Operacionais instalados. Porém, isso não quer dizer que todos os dispositivos com estes Sistemas irão executar o Oracle Lite. Por exemplo, no caso do SO Symbian, além de existir uma limitação na versão do SO para instalar o Oracle Lite (apenas para a versão 7.0 e 8.0 do Symbian), ainda há uma limitação nos dispositivos Symbian⁵ para os quais a Oracle certifica o uso do Oracle Lite (BARROS NETO, 2006).

5.2.3 Características Desejáveis de um Dispositivo Móvel para um Bom Funcionamento do Oracle Lite

O Oracle Lite sugere em sua documentação alguns requisitos mínimos para o seu uso. A partir deles pode-se obter as seguintes características para um dispositivo preferencial:

- a) Para a memória *RAM*, o Oracle Lite sugere 1 Mb para utilização em dispositivos PDAs (MARING, 2005);
- b) Para armazenar os dados que não são temporários, como os registros que estão no banco de dados móvel, o Oracle Lite requer o mínimo de 5 Mb, porém vai precisar de mais capacidade para a memória compartilhada, sugerindo então no mínimo 16 Mb no total (BARROS NETO, 2006);
- c) Também é indicado que o PDA possua no mínimo, um processador Motorola DragonBall 68328 de 16 MHz (MARING, 2005). Esse modelo de processadores foi implantado na plataforma Palm OS 3.0 em modelos como o Palm Pilot;
- d) Para o tamanho de uma base de dados seu limite máximo é 4 GB, tornando mais que suficiente um cartão de memória expansível de 4 GB (ORACLE, 2007).
- e) Para as formas de conexão é interessante o dispositivo ter o máximo de conectividade possível, para que assim a partir de qualquer lugar remoto a sincronização dos dados seja uma tarefa viável. Isto privilegia os *Smartphones* e PDAs com acesso à internet sem fio (BARROS NETO, 2006);

A partir das características acima descritas, é possível escolher dentre os dispositivos móveis disponíveis no mercado, os que possibilitem fazer bom uso do Oracle Lite com um desempenho aceitável.

5.2.4 Componentes do Oracle Lite

O Oracle Lite possui 3 (três) componentes-chaves: o Oracle Database Lite, o Mobile Development Support e o Mobile Server (GONÇALVES, 2005). Greenwald; Stackowiak e Stern (2004) acrescentam que o componente Mobile Server funciona como uma extensão do Servidor de Aplicações Oracle.

A Figura 10 demonstra em níveis, todos os componentes do Oracle Lite.

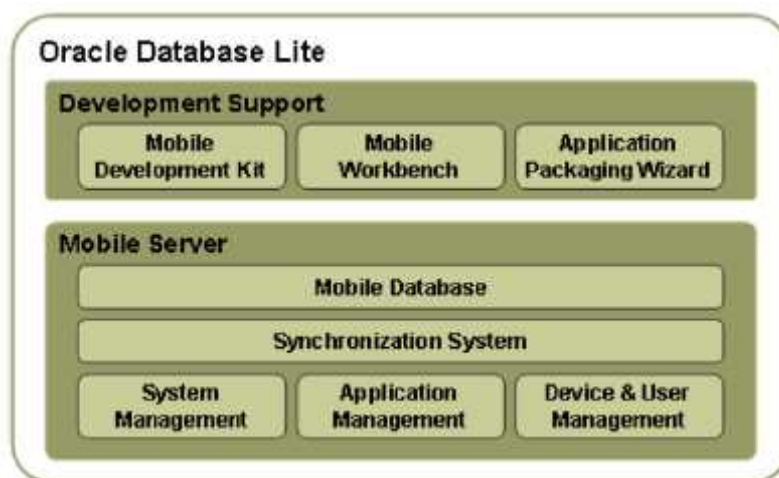


Figura 10 Componentes do Oracle Database Lite
Fonte: BAKSHI, K. (2007)

- Oracle Database Lite:** responsável pela parte principal, é o componente que engloba todos os outros componentes, interligando uma camada com a outra, fazendo as devidas comunicações para o funcionamento correto de todos os componentes (BARROS NETO, 2006);
- Mobile Development Support:** em versões anteriores contendo apenas o Mobile Development Kit, é a parte responsável pelo suporte ao

desenvolvimento de aplicações para o Oracle Lite em várias plataformas (GONÇALVES, 2005);

- c) **Oracle Lite Mobile Server:** responsável pela gerência da base de dados móvel e pelo sincronismo dos dados entre aplicações e dispositivos móveis (BAKSHI, 2007).

5.3 DB2 EVERYPLACE

O DB2 Everyplace faz parte de um pacote de soluções da International Business Machines (IBM) para sincronizar os dados entre dispositivos móveis e servidores de banco de dados corporativos. Esse banco de dados relacional com aproximadamente 150Kb. Pode ser utilizado como um banco de dados local quando o dispositivo móvel (nesse caso mais precisamente o *palmtop*) estiver desconectado ou como um cliente acessando o servidor durante a conexão com a rede fixa. O DB2 Everyplace também possui sincronismo bi-direcional com os SGBDs corporativos (FORTES, 2006).

Atualmente esse banco de dados está disponível na versão 9.1, nas edições DB2 Everyplace Enterprise Edition e DB2 Everyplace Database Edition (IBM, 2007).

A edição DB2 Everyplace Enterprise Edition fornece o *software* de banco de dados e de sincronização, o qual permite criar uma solução de sincronização para os dispositivos móveis. Para esta edição estão inclusos os seguintes componentes conforme relatado no Guia de Instalação e do Usuário da IBM (2006):

- a) DB2 Everyplace Sync Server (incluindo o Mobile Devices Administration Center e a ferramenta de Script XML);
- b) Banco de dados de espelho do DB2 Everyplace;

- c) DB2 Everyplace Sync Client;
- d) DB2 Everyplace Mobile Database.

Já a edição DB2 Everyplace Database Edition fornece o banco de dados móvel do DB2 Everyplace. O manual da IBM, (2006) acrescenta que esta edição é utilizada apenas como um pequeno banco de dados para dispositivos móveis onde não é necessário sincronizar dados com um banco de dados corporativo.

5.3.1 Principais Características

O DB2 Everyplace foi projetado para funcionar em aplicações desenvolvidas para dispositivos móveis como telefones celulares e PDAs .

Esse banco de dados relacional possibilita realizar o desenvolvimento de aplicações móveis para bancos de dados utilizando as linguagens de programação C, C++, Java, Visual Basic, e aplicativos.NET. O DB2 Everyplace suporta os métodos ODBC, JDBC, e ADO.NET (IBM, 2006).

Quanto à sincronização dos dados entre o dispositivo móvel e o servidor de dados, o DB2 Everyplace permite realizar a sincronização bidirecional e unidirecional (apenas para inserção) de arquivos e dados (DOZE et al, 2003). A unidade móvel cliente deve ter instalado em sua plataforma o DB2 Everyplace Sync Client que se comunica com o DB2 Everyplace Sync Server que por sua vez se comunica com o banco de dados do servidor (IBM, 2006). Os dados do banco de dados instalado no PDA, também podem ser sincronizados com outros bancos de dados além do DB2 Everyplace como o Oracle e o Microsoft SQL Server (com Driver SQL Server para JDBC) (IBM, 2007). Para que haja o sincronismo com um banco de dados que não pertence à família *DB2*

Everyplace é necessário a utilização de um software de sincronismo chamado IBM Mobile Connect (GOYA, 2004).

O DB2 *Everyplace* permite ao usuário proteger informações secretas ou confidenciais armazenadas nas tabelas do banco de dados móvel. Os dados são encriptados utilizando métodos de criptografia padrão como *Data Encryption Standard* (DES), que criptografa blocos de 64 *bits* usando chaves criptográficas de 56 *bits* (IBM, 2007). O DB2 *Everyplace* possui uma estrutura protegida tornando possível gerenciar as chaves utilizadas para a encriptação dos dados. O usuário deve fornecer um ID de usuário e uma senha na hora da conexão com o banco de dados. Com isso, na hora que o usuário acessa ou cria tabelas encriptadas, a conexão deve informar ao DB2 *Everyplace* um ID e senha que não estejam em branco. Se a autenticação falhar, a aplicação só poderá acessar tabelas não encriptadas, não podendo criar novas tabelas encriptadas, remover tabelas encriptadas existentes ou acessar e atualizar um dado encriptado (ALVES, 2007).

Para ativação da criptografia na plataforma Palm Os é necessário a utilização de duas bibliotecas fornecidas pelo DB2 *Everyplace*, além daquelas já requeridas pelo banco de dados móvel (IBM, 2006):

- a) biblioteca de *plug-in*: *CryptoPlugin.prc*;
- b) biblioteca de criptografia: *PBSPKcs11.prc*;

O banco de dados DB2 *Everyplace* tem suporte a SQL básico e operações relacionais como: *Join*, *Group By*, *Order By*, múltiplas chaves primárias e *Foreign Key*, funções agregadas e *Constraints* (GOYA, 2004).

A fim de maximizar a utilidade usando menos quantidade de recursos, somente a funcionalidade mais relevante para bases de dados móveis, foi incluída. As

funções do tipo: *subqueries*, *creating views*, *triggers*, *store procedures* e as funções definidas pelo usuário não estão incluídas (DOZE et al, 2003).

Para uso no cliente, uma das funcionalidades do SGBD Everyplace é o Query-By-Example, uma interface gráfica para executar consultas e visualizar dados de uma tabela, permitindo passar por entre as várias colunas e registros. Através do Query-By-Example, pode-se apagar, atualizar ou inserir registros, mas estas modificações só serão concretizadas após a sincronização dos dados com o Sync Server (DOZE et al, 2003).

O DB2 é muito semelhante ao Oracle Lite Mobile Server, pois também pode ser utilizado em diversas plataformas. Contudo, seu cliente ocupa um espaço físico de 150 Kb. (GONÇALVES, 2005).

O DB2 Everyplace é um software proprietário e está disponível para compra no *site* oficial da IBM. É possível obter uma versão de avaliação com licença de desenvolvimento para utilização durante dez dias sem qualquer custo adicional (IBM, 2007).

5.3.2 Dispositivos e Tecnologias Suportadas

Assim como em outros bancos de dados para dispositivos móveis, o DB2 Everyplace possui algumas restrições quando aos dispositivos suportados. Esses possuem características diferenciadas dos *desktops* tradicionais que suportam outras edições do banco de dados DB2 Everyplace. Essas características incluem fatores importantes a serem considerados em ambientes que utilizam a tecnologia móvel, como menor limite de memória *RAM*, menor poder de processamento, conexões especiais nativas embutidas no dispositivo como o bluetooth, Infra-Vermelho, WI-FI, além de

outras conexões nativas do próprio equipamento como o HotSync no caso do Palm Os e Sistemas Operacionais criados para atender a necessidades específicas de cada modelo de dispositivo (IBM, 2007).

O banco DB2 Everyplace pode ser instalado nos Sistemas Operacionais Palm OS, Symbian OS, Windows® CE® para Pocket PC, QNX Neutrino e Linux para dispositivos móveis. Já em Sistemas Operacionais para *desktop* utilizado para teste de sincronização, o DB2 Everyplace pode ser instalado nas plataformas Windows (Windows® 95, Windows® 98, Windows® NT®, Windows® 2000®, Windows® XP®, Windows® 2003) e Linux (GOYA, 2004).

Para dispositivos móveis da plataforma Palm Os, o *site* oficial da IBM relata os modelos suportados pelo DB2 Everyplace (IBM, 2007):

- a) Palm m515;
- b) Tungsten W, Tungsten C, Tungsten T, Tungsten T2;
- c) Handspring Treo 600;
- d) Sony Clie PEG - NX70V/U.

A IBM ainda descreve que devido ao projeto original de cada plataforma móvel, nem todos os dispositivos móveis podem suportar todas as funções que são oferecidas pelo DB2 Everyplace.

5.3.3 Características Desejáveis de um Dispositivo Móvel para um Bom Funcionamento do DB2 Everyplace

Para um bom funcionamento do DB2 Everyplace, o *site* oficial da IBM sugere em sua documentação alguns requisitos mínimos para instalar com êxito e

utilizar o DB2 Everyplace Client em dispositivos PDAs, reunindo os pré-requisitos a seguir:

- a) para instalação do banco de dados no dispositivo móvel será necessário a disponibilidade de pelo menos 150 Kb de memória *RAM*, sendo que para execução do banco de dados o PDA deverá dispor de 1 Mb de memória livre (IBM, 2006);
- b) para armazenar os dados não temporários, como os registros que estão no banco de dados móvel, o DB2 Everyplace requer o mínimo de 8 Mb (IBM, 2006);
- c) também é indicado que o PDA possua no mínimo, um processador Motorola Dragonball VZ de 33 MHz (IBM, 2006). Esse modelo de processadores foi utilizado na plataforma Palm OS 4.1 em modelos como o Palm m515 (PALM, 2007);
- d) como o tamanho limite da base de dados do DB2 Everyplace é 4 GB (GOYA, 2004), recomenda-se o uso de um cartão de memória expansível, que melhor possa atender a essa necessidade.

A partir das características acima descritas, é possível escolher dentre os PDAs disponíveis no mercado atualmente, quais atendem as necessidades do DB2 Everyplace.

5.3.4 Componentes do DB2 Everyplace

Conforme descrito no Capítulo 5.3, o banco de dados móvel DB2 Everyplace atualmente está disponível na versão 9.1, nas edições DB2 Everyplace Enterprise Edition que permite criar uma solução de sincronização para os dispositivos

móveis e o DB2 Everyplace Database Edition que fornece o banco de dados para o dispositivo móvel.

Para a edição do DB2 Everyplace Enterprise Edition estão inclusos os seguintes componentes conforme relatado no Guia de Instalação e do Usuário (IBM, 2006):

a) **DB2 Everyplace Sync Server:** é um programa cliente/servidor que gerencia a sincronização de dados em duas direções entre um banco de dados de origem e um de destino. Esse componente fornece resolução de conflito entre o banco de dados instalado no PDA e o banco de dados residente no servidor *desktop*. É instalado junto com o DB2 Everyplace no dispositivo móvel podendo ser administrado com a utilização de duas ferramentas;

- **Mobile Devices Administration Center:** esta ferramenta gráfica ajuda a gerenciar e fornecer serviços de sincronização a grupos de usuários com necessidade de sincronização de dados semelhantes,

- **A Ferramenta de Script XML:** automatiza tarefas de outra maneira desempenhadas utilizando o Mobile Devices Administration Center. Também é possível utilizar a ferramenta de *script XML* para copiar ou mover assinaturas, conjuntos de assinaturas, usuários, grupos de um servidor para vários outros servidores;

b) **Banco de dados de espelho do DB2 Everyplace:** armazena os dados que serão sincronizados entre os dispositivos móveis e os banco de dados residente no servidor *Desktop*. O DB2 Everyplace

Sync Server utiliza o banco de dados de espelho para desempenhar a resolução de conflitos entre dispositivos móveis e para minimizar o carregamento no sistema de banco de dados do servidor. *O site oficial da IBM destaca que esse componente é instalado juntamente com o DB2 Everyplace, e está restrito a versão 9.1;*

- c) **DB2 Everyplace Sync Client:** é um componente que é instalado no dispositivo móvel, utilizado para sincronizar os dados entre o DB2 Everyplace Sync Server. Ele manipula a sincronização bidirecional de dados relacionais do banco de dados do servidor e o banco de dados móvel;
- d) **DB2 Everyplace Mobile Database:** é o banco de dados relacional residente no dispositivo móvel. Ele armazena uma cópia local dos dados do Servidor, permitindo que os usuários acessem e modifiquem os dados no próprio PDA. Esse banco de dados é fornecido com o DB2 Everyplace Database Edition e o DB2 Everyplace Enterprise Edition. O DB2 Everyplace Mobile Database possibilita interagir com o banco de dados através das funções *Call Level Interface (CLI)* do DB2, métodos JDBC, métodos ODBC ou métodos ADO.NET.

5.4 SQL SERVER 2005 COMPACT EDITION

O SQL Server 2005 Compact Edition (SSCE) é a nova edição do SQL Server 2005 Mobile Edition, ou SQL Mobile 3.0 (SILVA, 2007). Lasker (2006)

acrescenta que ele foi criado para atender às necessidades de desenvolvimento nos quais é importante incorporar um mecanismo de dados simples diretamente no aplicativo.

Em um nível conceitual, é possível pensar no SQL Server 2005 Compact Edition como uma versão significativamente diminuída do mecanismo de banco de dados do SQL Server 2005. Entretanto, trata-se de um mecanismo de banco de dados separado criado de forma a maximizar os principais recursos necessários para um armazenamento de dados relacionais simples e seguro, que minimiza os requisitos de disco, memória e processamento (BONI et al, 2005).

Esse compacto banco de dados relacional oferece suporte a plataforma Windows, incluindo dispositivos como os PDAs, Tablet PCs, Pocket PCs, Smart Phones e estações de trabalho (desktops). Além do suporte a todos esses dispositivos, ele ainda oferece várias tecnologias de sincronização (MICROSOFT, 2006).

O SQL Server 2005 Compact Edition é um banco de dados gratuito que pode ser instalado em qualquer Sistema Operacional Windows atual. Em um nível superior, o banco de dados dá suporte a tabelas, relações, restrições, processamento de consultas complexas, transações, replicação e segurança de dados (NOYES, 2007).

Esse mecanismo de banco de dados relacional é bastante leve, exigindo 1 MB de espaço em disco, podendo dar suporte a bancos de até 4 GB contendo até 249 índices por tabela (ALVES, 2007).

5.4.1 Principais Características

A linguagem SQL suportada pelo SQL Server 2005 *Compact Edition* permite que sejam executadas manipulações de dados através de recuperação, inclusão, exclusão e alteração dos dados, utilizando a linguagem de manipulação de dados DDL e

DML. Esse pequeno banco de dados relacional também possibilita a criação de tabelas com chaves primárias e restrições, dando suporte à integridade referencial completa por meio de restrições de chaves estrangeiras, exclusões e atualizações em cascata (NOYES, 2007).

Esse banco de dados relacional possibilita realizar o desenvolvimento de aplicações móveis para bancos de dados utilizando soluções de desenvolvimento .NET Compact Framework como o Visual Studio 2005, Visual C#.NET e o Visual Basic.NET. O SQL 2005 Compact Edition suporta ainda métodos de acesso ADO.NET (MICROSOFT, 2006).

O banco SQL Server 2005 Compact Edition pode ser gerenciado com a utilização do SQL Server Management Studio, sendo sua principal ferramenta de gestão (KENNEDY, 2007).

Com suporte à proteção por senha e à criptografia *Rivest, Shamir and Adleman Algorithm* (RSA) de 128 bits do arquivo de dados, o SQL Server Compact Edition limita o acesso ao aplicativo que incorpora a senha. A proteção por senha do arquivo de banco de dados adiciona uma camada de proteção que viaja com o arquivo, tornando mais difícil acessar os dados no caso de um usuário não autorizado obter o arquivo (LASKER, 2006).

O *site* oficial da Microsoft (2007) descreve que esse banco de dados utiliza os modelos de segurança *Microsoft Internet Information Services*¹⁴.(IIS) Esse modelo de segurança dá suporte a três diferentes protocolos de autenticação (ALVES, 2007):

- a) **anônima:** esse modelo de acesso permite ao cliente móvel acessar os recursos do servidor IIS anonimamente. Esse tipo de acesso é mais usado em situações em que o servidor não precisa manter os passos dos

¹⁴ É um conjunto integrado de serviços de rede para a plataforma Windows de 32 bits (principalmente o Windows NT/2000 Server) que permite publicar conteúdo e disponibilizar arquivos e aplicações em um ambiente Internet/Intranet (VEIGA, 2001).

visitantes que estão usando os dados ou nas situações em que os dados disponíveis não precisam ser protegidos;

- b) **básica:** a autenticação básica confia em parte no protocolo HTTP 1.0¹⁵. Os usuários devem prover um *login* e uma senha do Windows válida, e o IIS realiza o *login* no sistema usando a conta do Windows que requisitou o acesso. Se o *login* for rejeitado, a conexão é fechada e um erro é retornado para o cliente. A autenticação básica por si só não é considerada segura pelo fato dos *logins* e das senhas serem transmitidas na codificação *64 bits*, que é relativamente fácil de ler;
- c) **windows authentication:** permite ao usuário realizar o *login* num *site Web*. Por causa disso, esse método de autenticação requer uma conta de usuário, podendo somente ser usado em uma *intranet*. Esse protocolo de autenticação utiliza o algoritmo de *hashing*¹⁶ para proteger as informações do *login* e da senha na transferência.

Noyes (2007) acrescenta que as permissões e a segurança baseada em funções no nível de tabela não foram incluídas com o intuito de manter o mecanismo do banco de dados tão pequeno e rápido quanto possível. O controle de acesso ao banco de dados como um todo pode ser aplicado através do acesso protegido por senha. A proteção dos dados enquanto armazenados podem ser feita facilmente criptografando o banco de dados.

Quanto ao desempenho, seu mecanismo de banco de dados utiliza índices para maior velocidade e eficiência, aprimorando assim o desempenho da consulta. A confiabilidade dos dados é aprimorada com o uso de suporte a atomicidade,

¹⁵ Protocolo de Aplicação do Modelo OSI utilizado para transferência de dados na rede mundial de computadores, a World Wide Web. Também transfere dados de imagens, sons e textos (BOGGS et al, 2002).

¹⁶ Algoritmo utilizado para produzir um código hash para uma entrada e assegurar que esse código seja único para cada entrada (COLLIN, 1993).

consistência, isolamento e durabilidade (ACID) quando clientes ou dispositivos perdem energia ou sofrem interrupções na conectividade (MICROSOFT, 2006).

Quanto à sincronização dos dados entre o dispositivo móvel e o servidor de dados, o SQL Server 2005 Compact Edition permite realizar a sincronização dos dados em duas direções (MICROSOFT, 2006). Noyes (2007) destaca que existem duas opções de sincronização interna: a replicação de mesclagem e o RDA. Ambas permitem a sincronização dos dados nas duas direções: de um banco de dados do SQL Server 2005 Compact Edition para um SQL Server 2005 ou vice-versa. Quando o dispositivo móvel estiver fora da área de sincronização, o SQL Server Compact Edition possibilita ao usuário móvel trabalhar com o banco de dados em modo *offline*.

Outra característica importante desse pequeno banco de dados é a possibilidade de manter interoperabilidade com produtos de outras empresas atuantes no seguimento de banco de dados para dispositivos móveis como a IBM, Oracle e Sybase (ALVES, 2007).

O SQL Server Compact Edition é gratuito para fazer o download, desenvolvimento e implantação de aplicações, podendo ainda ser distribuído por terceiros, necessitando apenas de um acordo simples de redistribuição a ser assinado *online* (MICROSOFT, 2006).

O SQL Server Compact Edition não suporta recursos para aumento de desempenho no banco de dados como: procedimentos de armazenamento; gatilhos e visões (LASKER, 2006).

5.4.2 Dispositivos e Tecnologias Suportadas

O SQL Server 2005 Compact Edition pode ser instalado em vários dispositivos incluindo Pocket PCs e Tablet PCs, os quais devem utilizar as seguintes versões da plataforma Windows como Windows Mobile e Windows CE (MICROSOFT, 2006). Lasker (2006) acrescenta que atualmente esse banco de dados já pode ser instalado em *Smartphones*, sendo que para esses dispositivos o SQL Server Compact Edition é a escolha adequada dentre os demais produtos da família SQL Server.

Seguindo os mesmos quesitos de outros bancos de dados para dispositivos móveis, o SQL Server 2005 Compact Edition possui algumas restrições comuns em ambientes móveis, onde os dispositivos possuem características não muito favoráveis como: menor limite de memória RAM, menor poder de processamento, pouca autonomia da bateria e Sistemas Operacionais criados para atender a necessidades específicas de cada modelo de dispositivo.

Alguns modelos de dispositivos móveis que utilizam a plataforma Windows Mobile e que dão suporte ao banco de dados SQL Server 2005 Compact Edition são relatados a seguir (TROIS, 2003):

- a) iPAQ H3850, iPAQ H3870, iPAQ 3950, iPAQ 214, iPAQ 114;
- b) JORNADA 568;

O *site* oficial da Microsoft acrescenta que devido ao projeto original de cada plataforma móvel, nem todos os dispositivos móveis podem suportar todas as funções que são oferecidas pelo SQL Server 2005 Compact Edition.

5.4.3 Características Desejáveis de um Dispositivo Móvel para um Bom Funcionamento do SQL Server Compact Edition

O SQL Server Compact Edition, foi projetado para ser pequeno e fácil de implantar desde o início. Dispositivos móveis como os PDAs, não possuem ambientes de instalação complexos, simplificando assim a instalação e a utilização desse banco de dados relacional(LASKER, 2006).

O *site* oficial da Microsoft sugere em sua documentação alguns requisitos mínimos para instalar com êxito e utilizar o SQL Server Compact Edition em dispositivos PDAs, reunindo os pré-requisitos a seguir:

- a) para instalação do banco de dados no dispositivo móvel será necessário a disponibilidade de pelo menos 2 Mb de memória *RAM*, sendo que para execução do banco de dados o PDA deverá dispor de 5 Mb de memória livre (MICROSOFT, 2006);
- b) para armazenar os dados não temporários como os registros que estão no banco de dados móvel, o SQL Server Compact Edition requer o mínimo de 5 MB (MICROSOFT, 2006);
- c) quanto ao poder de processamento, a Microsoft sugere a utilização de um dispositivo PDA que utilize um processador Intel StrongArm de 206 Mhz ou superior. Esse modelo de processadores é utilizado em PDAs que utilizam a plataforma Windows Mobile como o iPAQ H3859 e iPAQ H3870 da Compaq (TROIS, 2003);
- d) como o tamanho limite da base de dados do SQL Server Compact Edition é 4 GB (NOYES, 2007), recomenda-se o uso de um cartão de memória expansível, que melhor possa atender a essa necessidade.

A partir das características acima descritas, é possível escolher dentre os dispositivos PDAs, quais atendem as necessidades do SQL Server Compact Edition.

6 AVALIAÇÃO DOS GERENCIADORES DE BANCOS DE DADOS PARA PDAs

Do exposto analisado, verificou-se que os bancos de dados para dispositivos móveis possuem restrições se comparados aos bancos de dados tradicionais utilizados em computadores *desktops*. Tais restrições abrangem uma série de limitações relacionadas a *hardware* e *software*.

A limitação dos meios de comunicação, especialmente das redes sem fio acrescenta outro problema que deve ser analisado na elaboração de um projeto que utiliza banco de dados para dispositivos móveis. Pode-se citar como exemplo, a execução do processo de difusão dos dados do servidor para os clientes móveis, nesse caso mais especificamente os dispositivos PDAs, poderá haver situações em que o cliente móvel esteja fora da estrutura de rede alcançada pelo servidor. Esse fator implicará na impossibilidade de recebimento da atualização realizada no banco de dados do servidor causando a inconsistência do banco de dados do cliente, mesmo que provisoriamente.

A possível desconexão dos clientes móveis com o banco de dados do servidor *desktop*, acrescenta outra limitação existente nesse ambiente causada por problemas relacionados com a própria conexão que pode ser interrompida de forma inesperada ou ainda ficar inacessível por longos períodos de tempo. Para contornar esse problema, os SGDBs analisados possuem um serviço de suporte a desconexão. Fruto desta limitação, os SGDBs utilizam protocolos de replicação, onde as replicas dos itens de dados decorrentes das operações realizadas pelo cliente móvel ficam armazenados na cachê do dispositivo PDA. Essas operações poderão ser sincronizadas com o servidor logo após a conexão ser restabelecida.

Quanto às potencialidades desses bancos de dados, destaca-se a facilidade que os mesmos proporcionam aos usuários. Uma característica importante nesse ambiente computacional deve-se ao fato do usuário ter acesso aos dados com pouca ou nenhuma restrição de tempo ou lugar, o que significa que ele poderá ter acesso a informações que sejam do seu interesse sem a necessidade de estar presente em seu escritório.

Na análise realizada com os SGBDs estudados, verificou-se que suas tecnologias e características diferem-se em alguns itens. Tal estudo permite ao desenvolvedor adquirir subsídios para definir sua plataforma.

Dentre as linguagens que dão suporte aos SGBDs analisados verificou-se que o Oracle Lite possibilita executar aplicações desenvolvidas em C, C++, Java e demais aplicações baseadas em aplicativos.NET como por exemplo o Visual Studio . O DB2 Everyplace suporta as mesmas linguagens de programação que o Oracle Lite. Já o SQL Server 2005 Compact Edition possibilita executar aplicações desenvolvidas nas linguagens de programação baseadas na solução de desenvolvimento.NET Compact Framework como o Visual Studio, o Visual C#.NET e Visual Basic.

Como a capacidade de armazenamento e o poder de processamento em um dispositivo PDA são recursos limitados, torna-se importante verificar quais as características impostas pelos SGBDs relacionadas a esses aspectos.

JDBC, ODBC e ADO.NET, são alguns dos métodos de acesso suportados por esses bancos de dados. O núcleo do Oracle Lite suporta a tecnologia JDBC e ODBC, sendo as mesmas tecnologias de acesso suportadas pelo DB2 Everyplace que ainda acrescenta o método de acesso ADO.NET. Esse método também é suportado pelo Sql Server 2005 Compact Edition.

Com o objetivo de facilitar a criação e a manipulação das tabelas criadas nos banco de dados, cada tecnologia disponibiliza uma ferramenta de gerenciamento destinada a esse objetivo. Como exemplo pode-se citar o Mobile SQL, utilizado para gerenciamento do banco de dados Oracle Lite, o Query By-Exemple, que pode ser utilizado para gerenciar as tabelas do DB2 Everyplace e o SQL Server Management Studio (Figura 11), que possibilita manipular o SQL Server 2005 Compact Edition.

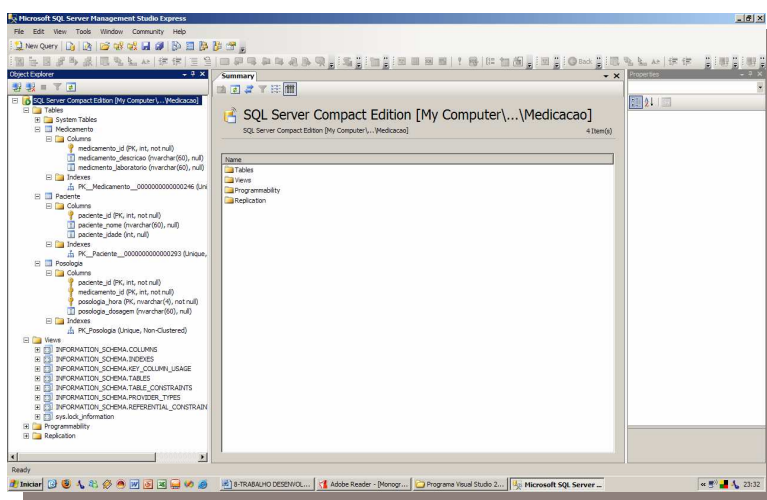


Figura 11 Tela da ferramenta de gerenciamento do SQL Server Management Studio

Quanto ao poder de processamento indicado para execução de cada SGBD, constatou-se que o SQL Server 2005 Compact Edition requer um processador que trabalhe a uma velocidade mínima de 206 MHz. Esse poder de processamento é aplicado aos processadores Intel StrongArm que são utilizados em dispositivos PDAs como o iPAQ H3859 e o iPAQ H3870, ambos fabricados pela Compaq.

O DB2 Everyplace requer no mínimo um processador Motorola Dragonball VZ de 33 MHz. Esse modelo de processadores foi utilizado na plataforma Palm OS 4.1 em modelos como o Palm m515.

O Oracle lite por sua vez, exige um poder de processamento menor que o exigido pelo SQL Server 2005 Compact Edition e o DB2 Everyplace, necessitando

apenas de um processador com velocidade igual ou superior a 16 Mhz. Processadores Motorola DragonBall 68328 possuem essa característica. Esse modelo de processadores foi implantado na plataforma Palm OS 3.0 em modelos como o Palm Pilot;

A linguagem SQL suportada pelos SGBDs analisados nesse estudo permite que sejam executadas manipulações de dados através de recuperação, inclusão, exclusão e alteração dos dados incluindo operações relacionais como: *Join*, *Group By*, *Order By*, múltiplas chaves primárias e Foreign Key e funções agregadas.

Recursos utilizados em banco de dados fixos para aumento de desempenho como visões, gatilhos, procedimentos de armazenamento e índices não foram implantados nos SGBDs DB2 Everyplace e o SQL Server 2005 Mobile Edition, com exceção do Oracle Lite.

Uma potencialidade que pôde ser observada durante as pesquisas realizadas para esse trabalho, é que os SGBDs estudados possibilitam que os dados sejam sincronizados bidirecionalmente. Essa característica permite aos usuários dos dispositivos PDAs realizarem suas tarefas sem dificuldades, sejam conectados ou não a rede.

Uma característica importante encontrada por exemplo, no DB2 Everyplace é que os dados residentes no dispositivo PDA também podem ser sincronizados com outros bancos de dados, tais como o Oracle e o Microsoft SQL Server. Nesse caso utiliza-se o Mobile Connect, que é um *software* que permite o sincronismo com outros BDs.













Finalizando a presente pesquisa, foi levantada uma característica importante a ser considerada durante a escolha do banco de dados que poderá ser utilizado no desenvolvimento de um projeto para ambientes móveis. Essa característica está relacionada com a licença de desenvolvimento disponibilizada por cada tecnologia. O

Oracle Lite e o DB2 Everplace, são banco de dados proprietários, e estão disponíveis para compra no *site* oficial de cada fabricante. Já o SQL Server Compact Edition é um banco de dados gratuito para o *download*, desenvolvimento e implantação em aplicações.

Para facilitar a compreensão das análises realizadas, a Tabela 3 resume os recursos dos SGDBs citados no trabalho desenvolvido:

Tabela 3– Comparação entre os Bancos de Dados para dispositivos PDAs.

RECURSOS	SQL Server 2005 Compact Edition	DB2 EVERYPLACE	ORACLE LITE
Versão Atual	Versão 3.1	Versão 9.1	Versão 10g Release 3
Plataformas Suportadas	<ul style="list-style-type: none"> Windows Mobile. 	<ul style="list-style-type: none"> Windows Mobile; Palm OS; Symbian; Linux; QNX Neutrino; 	<ul style="list-style-type: none"> Windows Mobile; Palm OS; Symbian; Linux;
Linguagens de Programação Suportadas	Suporta soluções de desenvolvimento.NET Compact Framework como: <ul style="list-style-type: none"> Visual Studio; Visual C#.NET; Visual Basic. 	<ul style="list-style-type: none"> C; C++; Java; Visual Basic; Aplicativos.NET. 	<ul style="list-style-type: none"> C; C++; Java.
Métodos de acesso suportado	<ul style="list-style-type: none"> ADO.NET. 	<ul style="list-style-type: none"> JDBC; ODBC; ADO.NET. 	<ul style="list-style-type: none"> JDBC; ODBC.
Espaço necessário para instalação	2 Mb	150 Kb	50 Kb
Espaço mínimo necessário para armazenamento de dados	5 Mb	8 Mb	5 Mb
Poder mínimo de processamento indicado para execução do banco de dados	206 MHz	33 MHz	16 MHz

Limite de dados suportado pela base dados	4 Gb	4 Gb	4 Gb
Possibilidade de trabalhar <i>offline</i> com os dados em <i>caching</i>			
Sincronização Bidirecional			
Encriptação do Banco de Dados	RSA de 128 bits	DES de 64 bits	AES de 128 bits
Licença	Software gratuito	Software proprietário	Software proprietário
Suporte a linguagem SQL			
Recursos para aumento de desempenho em banco de dados como: <ul style="list-style-type: none"> • Procedimentos de armazenamento; • Gatilhos; • Visões; • Índices 			
Ferramentas de Gerenciamento	SQL Server Management Studio	Query By-Exemple	Mobile SQL
Pagina do Fabricante	www.microsoft.com	www.ibm.com	www.oracle.com

7 TRABALHO DESENVOLVIDO

O trabalho desenvolvido tem por objetivo analisar os principais bancos de dados utilizados em dispositivos PDAs, identificando suas principais potencialidade e limitações.

Para tanto foram realizadas varias pesquisas relacionada ao assunto para adquirir os subsídios necessários para realização desse trabalho.

7.1 METODOLOGIA

A metodologia de estudo aplicada para o desenvolvimento desse trabalho envolveu o levantamento bibliográfico que incluíram materiais que tratassem de assuntos relacionados à banco de dados para dispositivos móveis.

Para identificar algumas das características existentes em banco de dados para dispositivos PDAs, além da bibliografia, foi desenvolvido um aplicativo usando um dos SGBDs citados nesse trabalho com o objetivo de aprofundar a análise realizada nesse estudo.

Em primeiro lugar, na fase de elaboração da aplicação foi utilizada a linguagem de programação Visual Studio 2005. Essa linguagem é de propriedade da Microsoft Corporation, que disponibiliza uma versão de avaliação *Express Edition*, com recursos limitados, mas que pode ser usada por estudantes e interessados em aprender a utilizar a ferramenta. É possível adquirir a versão de avaliação no próprio *site* da Microsoft através do *link*: <http://msdn2.microsoft.com/pt-br/evalcenter/bb188238.aspx>.

Quanto ao Banco de Dados escolhido para o desenvolvimento dessa aplicação, optou-se pelo SQL Server Compact Edition. A escolha desse banco de dados

foi motivada por tratar-se de um *software* gratuito, de fácil instalação e integração com o Visual Studio 2005.

Para executar a aplicação foi utilizado um *software* emulador (Figura 12) para PDA. Esse emulador simula a utilização do Sistema Operacional Windows Mobile e vem incluído no pacote do Visual Studio 2005. A utilização dessa ferramenta facilita muito a implementação do aplicativo, pois o mesmo poderá ser testado nesse ambiente antes de ser instalado no dispositivo PDA.



Figura 12. Emulador

O desenvolvimento do projeto para criação da presente aplicação envolveu a criação do banco de dados, a modelagem dos dados (Apêndice - A) e a prévia inserção dos dados necessários na tabela para a manipulação do BD.

Com o objetivo de facilitar a criação e a manipulação das tabelas existentes no banco de dados foi utilizada uma ferramenta de gerenciamento - SQL Server

Management Studio (Figura 13) que possibilita manipular os dados existentes no SQL Server 2005 Compact Edition.

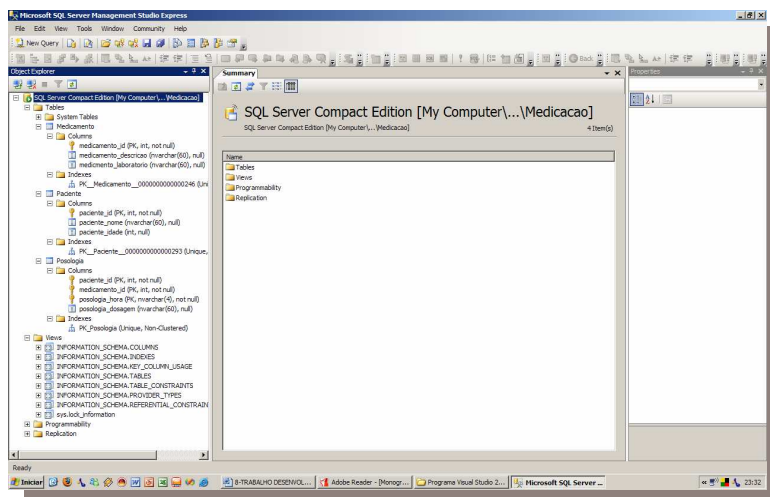


Figura 13. Tela da ferramenta de gerenciamento do SQL Server Management Studio

A aplicação desenvolvida para esse estudo teve como finalidade apresentar um uso prático de um sistema utilizando tais recursos. Nesse caso específico, foi relacionada à área da medicina, mais precisamente ao controle de medicação de pacientes que estejam sob cuidados médicos, buscando se integrar a uma das linhas de pesquisa dos projetos desenvolvidos pelo Departamento de Ciência da Computação.

Como a área destinada para a aplicação do software desenvolvido envolve a medicina, tornou-se necessário a realização de um levantamento bibliográfico que tratasse do assunto. As referências bibliográficas utilizadas para realização do estudo e posterior criação do aplicativo foram indicadas por profissionais e estudantes com conhecimentos em enfermagem e medicina.

Esse aplicativo permite ao usuário realizar o cadastro, alteração e a atualização de três componentes, os quais estão divididos da seguinte forma: paciente, medicamento e posologia (Figura 14 e 15). A realização das consultas tem por objetivo

trazer informações sobre a posologia destinada a cada paciente que encontram-se em tratamento médico (Figura 16).



Figura 14. Tela de Cadastro de Paciente do Aplicativo *Controle de Medicação*



Figura 15. Tela de Alteração de dados do Paciente do Aplicativo *Controle de Medicação*



Figura 16. Tela de Consulta de Posologia do Aplicativo *Controle de Medicação*

7.2 RESULTADOS OBTIDOS

Do exposto analisado, verificou-se que os bancos de dados para dispositivos móveis possuem algumas limitações se comparados aos bancos de dados tradicionais utilizados em computadores *desktops*.

Durante à análise realizada foi possível observar que dentre os SGBDs envolvidos na pesquisa, o SQL Server 2005 Compact Edition exige que o dispositivo PDA possua um limite mínimo de espaço para instalação de 2 Mb. Acrescenta-se que esse BD já vem instalado nos dispositivos PDAs, que utilizam o Sistema Operacional Windows Mobile.

Durante o desenvolvimento do aplicativo para esse projeto constatou-se que o SGBD utilizado para realização da presente pesquisa não possui suporte a recursos importantes utilizados para o aumento de desempenho em banco de dados tradicionais

tais como *triggers*, *stored procedures*, *functions* e *views*. Esses recursos são amplamente utilizados em SGBDs tradicionais visando melhorar o desempenho em banco de dados.

O fabricante do SQL Server 2005 Compact Edition defende que a falta desse recurso tem por objetivo maximizar a utilidade do BD, para isso, somente a funcionalidade mais relevante para a base de dados móvel, foi incluída.

A indisponibilidade desses recursos no Banco de Dados para dispositivo móvel levantou uma série de limitações durante a criação do banco de dados para esse projeto.

A falta de suporte a criação de *triggers* (Figura 17) impossibilitou a criação de um campo auto *increment* dentro do próprio BD, exigindo que o mesmo fosse criado diretamente no código de desenvolvimento da aplicação.

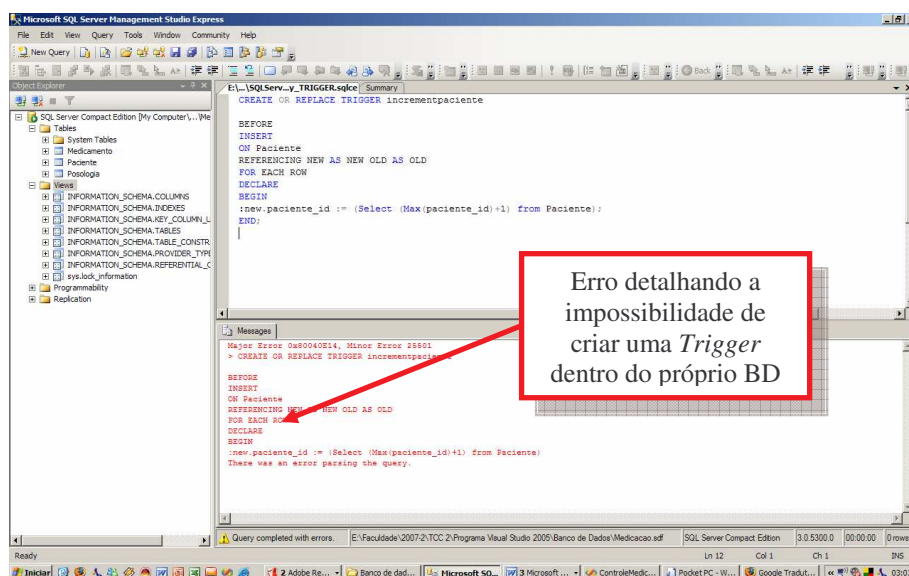


Figura 17. Exibição de erro ao tentar criar uma *Trigger*

Devido a indisponibilidade da *stored procedure* (Figura 18) não foi possível analisar sua contribuição para esse projeto. Essa limitação no BD analisado traz uma restrição durante o desenvolvimento da aplicação.

Considerando que fosse possível utilizar esse recurso no aplicativo desenvolvido, poderia-se implementar uma *stored procedure* na aplicação desenvolvida

para gerenciar o controle de estoque a partir dos medicamentos utilizados pelos pacientes. Nesse caso seria criado uma *stored procedure* para atualizar o estoque durante a distribuição dos medicamentos entre os pacientes.

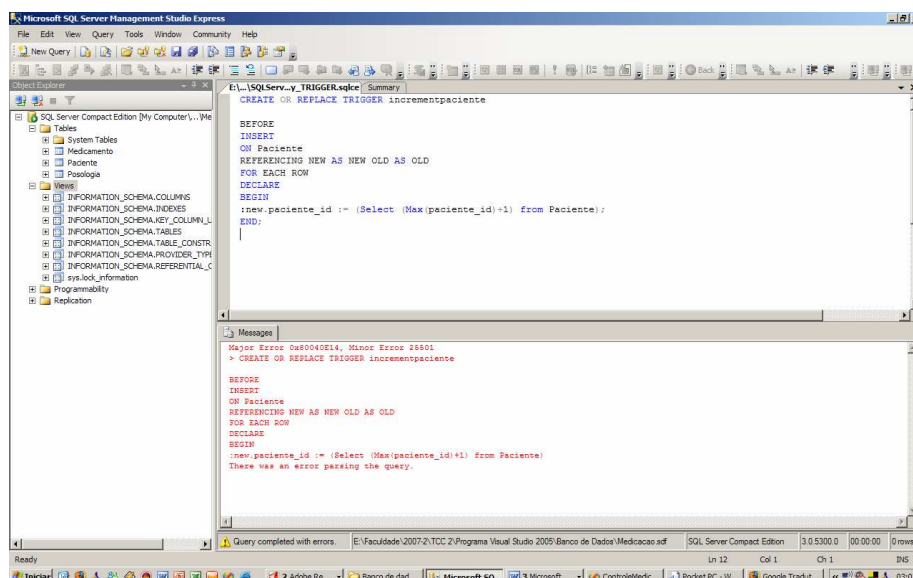


Figura 18. Exibição de erro ao tentar criar uma *Stored Procedure*

Outra limitação imposta por esse BD, é a impossibilidade de se utilizar as *views*. A falta desse recurso obriga o desenvolvedor a reescrever os comandos utilizados para realizar as consultas no BD varias vezes durante a implementação do projeto.

Tal limitação influencia na facilidade de desenvolvimento da aplicação, já que o mesmo código utilizado para realização de uma consulta obrigatoriamente será reescrito a cada necessidade de uma nova consulta na base de dados.

Uma potencialidade encontrada durante a implementação da aplicação foi o suporte a linguagem SQL disponibilizado por esse BD.

Durante a execução das sintaxes necessárias para criação e manipulação da base de dados para esse aplicativo, foi possível executar todos os comandos necessários para a aplicação.

A tabela 4 apresenta alguns dos comandos SQL utilizados durante o desenvolvimento do aplicativo, tais como: CREATE, UPDATE, ALTER TABLE, SELECT, dentre outros.

Tabela 4– Utilização da linguagem SQL.

OBJETIVO	COMANDO	RESULTADO OBTIDO
Criar a Tabela Cliente	<pre>CREATE TABLE Paciente (paciente_id int NOT NULL PRIMARY KEY, paciente_nome nvarchar(60), paciente_idade int)</pre>	
Alterar atributo da Tabela POSOLOGIA, criando um FOREIGN KEY para relacionamento com a Tabela MEDICAMENTO	<pre>ALTER TABLE POSOLOGIA ADD CONSTRAINT FK_POSOLOGIA_MEDICAMENTO FOREIGN KEY (medicamento_id) REFERENCES Medicamento (medicamento_id)</pre>	
Inserir um registro na Tabela PACIENTE	<pre>INSERT INTO Paciente (paciente_id, paciente_nome, paciente_idade) VALUES (12, 'RAFAELA', 25);</pre>	
Excluir da Tabela POSOLOGIA, um cliente cujo código é igual a 10.	<pre>DELETE POSOLOGIA WHERE paciente_id = 10</pre>	
Atualizar um dado da Tabela MEDICAMENTO	<pre>UPDATE MEDICAMENTO SET medicamento_descricao = 'SORO ISOPROPILICO' WHERE medicamento_id = 1</pre>	
Utilização da Clausula AND para unir as Tabelas PACIENTE, MEDICAMENTO, POSOLOGIA	<pre>SELECT *FROM Posologia AS p, Paciente AS a, Medicamento AS m WHERE p.paciente_id = a.paciente_id and p.medicamento_id = m.medicamento_id and p.paciente_id = 1;</pre>	
Utilização da Clausula AND para unir as Tabelas PACIENTE, MEDICAMENTO, POSOLOGIA, trazendo como resultados o Código do paciente, o nome do paciente, a descrição do medicamento, hora de medicação e a dosagem	<pre>SELECT a.paciente_id, a.paciente_nome, m.medicamento_descricao, p.posologia_hora, p.posologia_dosagem FROM Posologia AS p, Paciente AS a, Medicamento AS m WHERE p.paciente_id = a.paciente_id and p.medicamento_id = m.medicamento_id and p.posologia_dosagem = p.posologia_dosagem and p.paciente_id = 1;</pre>	

A encriptação do banco de dado é um recurso positivo existente. Os métodos de criptografias utilizados são diferentes em cada banco de dados. Nesse caso, o SQL

Server 2005 Compact Edition dá suporte à proteção por senha e utilizando o método de encriptação RSA de 128 bits.

Como resultado final da presente pesquisa, destaca-se uma funcionalidade importante encontrada no BD visando a segurança dos registros. Esse recurso permite a utilização de criptografia dos dados no SQL Server 2005 Compact Edition. Tal característica pôde ser observada durante a criação do banco de dados para a aplicação (Figura 19).

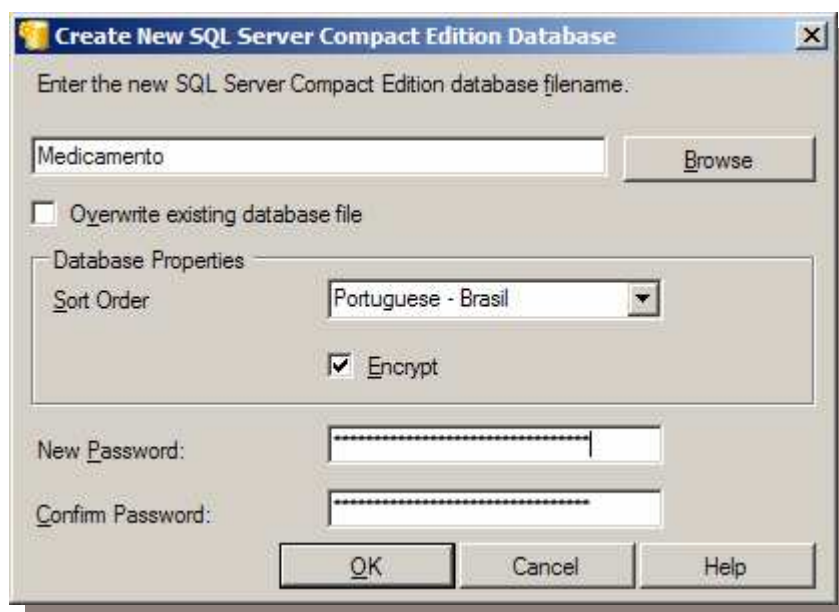


Figura 19 Recurso de Criptografia do SQL Server 2005 Compact Edition

CONCLUSÃO

A crescente expansão tecnológica presente na computação móvel, bem como os recursos disponibilizados por essa tecnologia permitiu o desenvolvimento de equipamentos denominados PDAs. A inclusão desses dispositivos em diversas áreas de negócios e lazer faz desse assunto um tema atual e que desperta o interesse na realização de pesquisas tanto no meio acadêmico como no meio científico.

De um modo geral, a computação móvel em conjunto com as tecnologias de banco de dados para dispositivos móveis traz inúmeras contribuições para a sociedade, já que esse ambiente disponibiliza vários recursos que proporcionam muitas facilidades no dia a dia das pessoas.

O desenvolvimento da aplicação para esse projeto permitiu explorar de forma prática alguns recursos existentes nos bancos de dados para dispositivos PDAs. Na aplicação realizada, utilizou-se as ferramentas disponíveis para desenvolvimento do projeto, como por exemplo o SQL Server Management Studio que auxiliou na criação e manipulação do banco de dados. Destaca-se ainda a facilidade da integração da aplicação com o BD, visto que o mesmo é disponibilizado juntamente com a ferramenta de programação utilizada no desenvolvimento do aplicativo.

Como contribuição acadêmica e científica, esse trabalho abordou características importantes relacionadas à área de banco de dados para dispositivos móveis, demonstrando ser uma tecnologia que suporta o uso da linguagem SQL, possibilita o uso de encriptação dos dados que favorece a segurança do BD, aborda ainda a impossibilidade de usar recursos destinados à melhoria do desempenho de uma aplicação, tais como uso de *triggers*, *stored procedures* e *views*. É importante acrescentar que essa limitação não é comum em todos os Bancos de Dados estudados, e está relacionada somente ao SQL Server Compact Edition e ao DB2 Everywhere.

Como contribuição pessoal e acadêmica, essa pesquisa possibilitou ao autor adquirir os subsídios necessários para definir qual melhor tecnologia de desenvolvimento que poderá ser aplicada em projetos relacionados ao desenvolvimento de software para a área da computação móvel.

Algumas das dificuldades encontradas na realização desse trabalho está relacionada a limitação de material científico que tratam do assunto. Os bancos de dados analisados são conhecidos na comunidade de desenvolvedores de aplicações para dispositivos móveis, porém são abordados de maneira simples, quase sempre ocultando informações mais detalhadas e funcionais da tecnologia, tornando-os, apenas, mais uma ferramenta disponível que auxilia no desenvolvimento de um sistemas móvel.

Como trabalho futuro relacionado a essa pesquisa, sugere-se a realização de pesquisas direcionadas a sincronização de dados entre Banco de Dados para dispositivos móveis e Banco de Dados Centralizados abordando-se a manipulação de dados em tempo real, analisando aspectos importantes nesse ambiente, como por exemplo a replicação de dados.

Portanto, a presente pesquisa permitiu explorar uma área importante da Ciência da Computação que está em constante crescimento, e que devido a esse estudo minucioso possibilita aprimorar o senso crítico e disponibilizar novos conhecimentos a sociedade, procurando aplica-los da melhor forma possível em prol da expansão das tecnologias que encadeiam a computação científica.

REFERENCIAS

ACCESS. **Access Linux Platform: The Worldwide Mobile Standard.** 2007a. Disponível em: < <http://www.access-company.com/>.> Acesso em: 30 Out. 2007.

_____. **The ACCESS Linux Platform and the Hiker Application Framework.** ACCESS *White Paper*, 2007b.

_____. **Mobile Linux – Going Native.** ACCESS *White Paper*, 2007c.

ALEXANDRONE, Marcio. Desenvolvimento Palm OS utilizando PocketStudio. **Revista Web Mobile.** 2 ed. Rio de Janeiro: Editora DevMedia, 2005.

ALVES, René Araújo. **Um estudo sobre segurança em Banco de dados móveis.** Trabalho de Graduação (Bacharelato em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2007.

ALVES, Willian Pereira. **Desenvolvimento de aplicações de banco de dados para Palm OS.** São Paulo: Érica, 2003.

AMADO, Paulo Gustavo Fell. **Banco de dados móveis: Visão geral, desafios e soluções atuais.** Trabalho de graduação (Bacharelato em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2002.

AME – **Dicionário de Administração de Medicamento em Enfermagem.** 5º Ed. Rio de Janeiro: EPUB, 2006.

BAKSHI, Karun, **Oracle® Database Lite.** Oracle Database Lite 10gR3 Technical White Paper, May 2007.

BARE, Brenda G.; SMELTZER, Suzanne C. **Enfermagem Médico - Cirúrgia.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A, 2005.

BARROS NETO, Pedro de Hollanda do Rego. **Sincronização de Banco de Dados Móvel Usando o Oracle Lite.** Trabalho de Pós-Graduação (Graduação em Banco de Dados) - Faculdades Integradas Barros Melo Apply Solutions, Olinda, 2006.

BIANCHI, Wagner. **Introdução às Stored Procedure com SQL Server 2000/2005.** Disponível em: <<http://devmedia.com.br/articles/viewcomp.asp?comp=2659>.> Acesso em: 05 Nov. 2007.

_____, Wagner. **Introdução às Triggers.** Disponível em: <<http://www.devmedia.com.br/articles/viewcomp.asp?comp=1695>.> Acesso em: 05 Nov. 2007.

BOHN, Dieter ; CHAPPELL, Jennifer. **Palm Developing New Linux Powered PalmOS.** Disponível em: < <http://www.treocentral.com/content/Stories/1163-1.htm> > Acesso em: 05 Nov. 2007.

BONI, Gabriel. N.; MORGADO, Eduardo M.; GOULART Leandro J.; TOKUNAGA, Marcelo K.; BORNIS, Bruno S.; DOMINGUES, Bruno J.; NETTOS, Massimo Colombini. **Desenvolvimento de um Software de Coleta de Dados para Pesquisas de Campo Através de Dispositivos Móveis**. Disponível em: < <http://www.sbis.org.br/cbis/arquivos/1004.pdf> > Acesso em: 17 Set. 2007.

BOURBON, Bruno Costa. **Um Framework para desenvolvimento de aplicativos em Windows Mobile**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelato em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

BRITO, Kellyton; LEITE, Jorge; OLIVEIRA, Calbi. **Sistemas Operacionais para PDAs**. Disponível em : <http://twiki.im.ufba.br/pub/MAT154/WebHome/SOPdas_Art.pdf> Acesso em: 15 Out. 2007.

CARVALHO, Jefferson Fernando dos Santos. **Acompanhamento vital humano utilizando tecnologia móvel: Uma aplicação prática**. Monografia (Bacharelato em Ciência da Computação) – Centro Universitário FEEVALE, Novo Hamburgo, 2005.

CARVALHO, Windson Viana de. **Um Ambiente de desenvolvimento de aplicações multiplataformas e adaptativas para dispositivos móveis**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

CÔRTEZ, Sérgio da Costa. ; LIFSCHITZ, Sérgio. **Bancos de Dados para um Ambiente de Computação Móvel**. Livro Texto das Jornadas de Atualização em Informática (JAI). Campinas: SBC, 2003.

CRESPO, Rose; MAGALHÃES, Tânia. **Oracle oferece ampla seleção de bancos de dados embutidos - Empresa continua a aprimorar e integrar produtos a aplicativos, dispositivos e equipamentos**. Disponível em: < http://www.oracle.com/global/br/corporate/press/2007_jan/bancos_de_dados_embutidos.html > Acesso em: 05 Out. 2007.

DOZE, Adriana Figueiredo; et al. **Palmtop e Banco de Dados**. Disponível em: < <http://www.pr.gov.br/batebyte/edicoes/2002/bb118/estagiario.htm> > Acesso em: 03 Set. 2007.

ELMASRI, Ramez; NAVETHE B. Shamkant. **Sistemas de Banco de Dados**. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2005.

FERREIRA, Flávio Miguel Xavier; PACHECO, Hugo José Pereira; VILAS BOAS, José Filipe Henriques. **PDA's no levantamento de informação em arquivos históricos**. Trabalho de Licenciatura (Licenciatura em Engenharia de Sistemas e Informática) - Universidade do Minho, Portugal, 2007.

FONTANA, Marines. **Avaliação de desempenho de sistema gerenciadores de banco dados**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelato em Ciência da Computação) - Centro Universitário Feevale Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas, Novo Hamburgo, 2006.

FORTES, Natasha Krassuski. **Framework Celepar – Manual de utilização de banco de dados em Pocket PC**. Disponível em: <<http://www.documentador.celepar.pr.gov.br/documentador/acessoPublico.do?action=downloadArquivoUuid&uuid=eb3b5cbf-ec79-4898-955e-62d7b9f5298e>. > Acesso em: 18 Set. 2007.

GOYA, Milton. A Família Db2 Everyplace. Disponível em: <http://www.imasters.com.br/artigo/2215/db2/a_familia_db2/> Acesso em: 15 Out. 2007.

GALVIN, Delfon. **Protótipo de sistema CRM para dispositivos móveis utilizando a tecnologia.NET**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelato em Ciência da Computação) - Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2005.

GONÇALVES, Juliano Lucas. **Estudo de gestão de dados não convencionais baseada em metadados para o ambiente de dispositivos móveis**, Dissertação de Mestrado (Programa de Pós Graduação em Informática) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

GREENWALD, Rick; STACKOWIAK, Robert; STERN, Jonathan, **Oracle Essentials: Oracle Database 10g**, 3rd edition, O'REILLY, 2004, ISBN: 0-596-00585-7.

HERNANDES, J. Michael. **Aprenda a projetar seu próprio banco de dados**. São Paulo: Makron Books, 2002.

IBM. Db2 Everyplace. **Sync Server Administration Guide. Version 9 Release**, 2006.

IBM. Db2 everylpace. **Produtos IBM**. Disponível em: <<http://www.ibm.com/developerworks/db2/products/db2e/index.html>> Acesso em: 28 Ago. 2007.

ITO, Giani Carla; FERREIRA, Mauricio; SANTA'ANA, Nilson. **Computação móvel: Aspectos de gerenciamento de dados**. Disponível em: <<http://hermes2.dpi.inpe.br:1905/col/lac.inpe.br/worcap/2003/11.04.09.51/doc/artigo%20worcap.pdf>> Acesso em: 10 Jan. 2007.

KENNEDY, Eileen. **New SQL Server 2005 release targets remote users**. Disponível em: <http://searchwinit.techtarget.com/originalContent/0,289142,sid1_gci1239433,00.html> Acesso em: Out.2007.

KOVACS, Bruno Paulo Usiglio; MONTEIRO, Vanesa de Freitas. **Um estudo prático das ameaças de segurança em dispositivos portáteis com Windows Mobile**. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharelato em Ciência da Computação) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

LASKER, Steve. **Escolhendo entre o SQL Server 2005 Compact Edition e o SQL Server 2005 Express Edition**. *White paper*, Microsoft, 2006.

LEE, Valentino; HEATHER, Scheneider; ROBBIE, Shell. **Aplicações móveis: Arquitetura, projeto e desenvolvimento**. São Paulo, Makron Books, 2005.

MACHADO, Felipe; ABREU, Mauricio. **Projeto de banco de dados: Uma visão prática**. São Paulo: Érica, 2002.

MAGALHÃES, Katy Cristina Paulino de. **FRAMEPERSIST: Um framework de persistência de objetos para o desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis.** Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia e Teleinformática) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

LEE, Valentino; HEATHER, Scheneider; ROBBIE, Shell. **Aplicações móveis: Arquitetura, projeto e desenvolvimento.** São Paulo, Makron Books, 2005.

MAYER, Jason Guilherme; FRANQUETO, João Paulo. **Estudo comparativo entre linguagens de programação para dispositivos móveis.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelato em Sistemas de Informação) - Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2005.

MAGALHÃES, Katy Cristina Paulino de. **FRAMEPERSIST: Um framework de persistência de objetos para o desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis.** Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia e Teleinformática) – Universidade Federal do Ceará, 2005.

MANGANELLI, Elenice Colle; ROMANI, Juliao. **Protocolos de Sincronização de dados em ambientes wirelles: Um estudo de caso.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelato em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

MARING, Sheryl. **Oracle Database Lite Getting Started Guide 10g (10.2.0.3).** Disponível em: < <http://otndnld.oracle.co.jp/document/products/lite10g/10.0.0/B14185-01.pdf> > Acesso em: 11 Agos, 2007.

MICROSOFT. **SQL Server 2005 Compact Edition.** Dinsponível em: <<http://www.microsoft.com/sql/editions/compact/default.mspx>.> Acesso em: 08 Out, 2007.

MUCHOW, John W. **Core J2ME: Tecnologia & MIDP.** São Paulo: Makron Books, 2004.

NASSU, Eugênio Akihiro. **Consultas sobre “aqui” em Sistemas de Bancos de Dados em Ambientes de Computação Nômade.** Tese de Doutorado (Doutorado em Ciência da Computação) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

NOYES, Brian. **Data Storage Architecture with SQL Server 2005 Compact Edition.** SQL Server Technical Article White Paper, Microsoft, 2007.

PEZZI, Daniel da Cunha. **Um estudo das estratégias de replicação e reconciliação de banco de dados móveis em um ambiente wireless.** Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciência da Computação), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

OGLIARI, Neylon da Silva; OGLIARI, Ricardo da Silva; PREDIGER, Jonas Augusto; PAVAN, Wilington; CERVI, Cristiano Roberto. FERNANDES, José Mauricio Cunha. **Migrando sistemas legados de tomada de decisão para ambientes Móveis.** Passo

Fundo: **Anais Eletrônicos...** Passo Fundo: UPF, 2004. Disponível em: <<http://www.dcc.unesc.net/sulcomp/06/artigos/sessaoPoster/21788.pdf>> Acesso em: 21 Agos. 2007.

OLIVEIRA, José Valente de. **Dicionário de Dados**. Disponível em: <http://w3.ualg.pt/~pventura/ep/aulas_t/dd.pdf> Acesso em: 01 Nov. 2007.

ORACLE. **Oracle Lite**. Disponível em: <http://www.oracle.com/global/br/corporate/press/2007_jan/bancos_de_dados_embutids.html> Acesso em: 19 Ago. 2007.

OZSU, M. Tamer; VALDURIEZ, Patrick. **Princípio de Banco de Dados Distribuídos**. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

PALMBRASIL. **Detalhes do ACCESS Linux Platform**. Disponível em: <<http://www.palmbrasil.com.br/noticias/noticias-fev-07.html>> Acesso em: 28 Out. 2007.

PALM. **Produtos Palm**. Disponível em: <<http://www.palm.com/br/products/>> Acesso em: 28 Ago. 2007.

PAULINO, Tathianne Moreira. **Pré-Cálculo de Junções para o Processamento de Consultas em Ambientes com Recursos Computacionais Limitados**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

PAULINO, Tathianne Moreira. **Processamento Eficiente de Consultas em Ambientes de Smartcards**. Disponível em: <<http://www.lbd.dcc.ufmg.br:8080/colecoes/wtdbd/2002/007.pdf>> Acesso em: 16 Set. 2007.

PRÁ JUNIOR, José V. Dal. **Protótipo de coleta de dados para um sistema de rastreabilidade de suínos**: Estudo de caso Cooperalfa. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelato em Ciência da Computação). UNOCHAPECÓ, Chapecó, 2006.

SAVI, Elvis. **Uma solução de M-COMMERCE aplicada à força de vendas das empresas**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

SILBERSCHATZ, Abraham; KORTH, F. Korth; SUDARSHAN, S. **Sistema de Banco de Dados**. São Paulo: Markon Books, 1999.

SILVA, Alberto. **SQL Server 2005 Compact Edition disponível em RTW**. Disponível em: <<http://msmvps.com/blogs/albertosilva/archive/2007/01/15/sql-server-2005-compact-edition-j-aacute-dispon-iacute-vel-em-rtw.aspx>> Acesso em: 12 Out. 2007.

SOUZA, Mariane Moreira de. **SISCOMPM**: Uma proposta de comunicações entre copom e viaturas policiais militares utilizando comunicação wireless. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelato em Ciência da Computação) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

TROIS, Julio. **Palmtops para iniciantes e experts**. Florianópolis, SC: VisualBooks, 2003.

VENTURE, Eli. **Protótipo de um sistema para controle e monitoração residencial através de dispositivos móveis utilizados na plataforma .NET**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelato em Ciência da Computação) – Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2005.

APÊNDICE A – MODELAGEM DO DANCO DE DADOS

