

2 BANCO DE DADOS MÓVEIS

A Computação Móvel é um novo Paradigma que está afetando e alterando premissas importantes, conceitos e modelos tradicionais, em várias áreas da computação, entre elas, os Bancos de Dados, sendo a Computação Móvel atualmente considerada uma variação dos sistemas distribuídos (RAINONE, 2007).

Computadores Portáteis e Redes de Comunicação de Dados mais velozes estão transformando a realidade do nosso cotidiano, tornando o acesso à informação mais fácil e prático. Essas duas tecnologias levam a comunicação móvel a uma nova dimensão na comunicação e no processamento de dados e assim, questões como distribuição e replicação de dados, modelos de transações, processamento de consultas, recuperação e tolerância a falhas e o próprio projeto de Bancos de dados devem ser analisadas de maneira a atender às exigências da computação móvel (CÔRTEZ, 2007).

Com a combinação dessas duas tecnologias, novas aplicações estão se desenvolvendo. Como exemplo, pode-se citar o Censo Agropecuário 2007 do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) que usufruirá de todas as vantagens fornecidas pelo uso do PDA. Conforme o site do IBGE, as principais vantagens no emprego intensivo da coleta de dados pelo PDA são:

- O GPS para registrar a localização exata da propriedade rural.
- A coleta das informações com um questionário de aproximadamente 600 questões, as quais poderão, caso haja erro no ato na entrevista, serem corrigidas naquele mesmo instante.
- O preenchimento de todas as questões obrigatórias.
- A customização do preenchimento dos dados a partir de saltos automáticos no formulário.

- O acompanhamento em tempo real do andamento da coleta de dados em todos os municípios.
- A dispensa do transporte de grandes volumes de questionários em papel e o manuseio dos mesmos nos centros de captura de dados.

Entretanto, apesar das inúmeras vantagens fornecidas por este novo paradigma, muitos problemas ainda necessitam ser resolvidos, alguns herdados dos sistemas distribuídos e outros da própria computação móvel que exige a pesquisa e desenvolvimento de novos modelos computacionais visto que, as várias restrições influenciam significativamente no projeto e estrutura de aplicações (SILBERCHATZ, 1999).

2.1 Tecnologias Sem Fio

Comunicação sem fio ou comunicação sem cabos usa ondas eletromagnéticas (ondas de rádio, luz infravermelha, laser, ondas sonoras, etc.) como meio de propagação para estabelecer a comunicação entre dois pontos. Na Indústria de Telecomunicações o termo é empregado para definir sistemas de comunicação à distância como, por exemplo, transmissores e receptores de rádio, controles remotos, redes de computadores etc., para transmitir informação sem o uso de fios. A seguir são destacadas as tecnologias sem fio mais recentes e mais utilizadas para a comunicação sem cabos (WIKIPEDIA_e, 2007).

2.1.1 Wireless

Wireless significa Comunicação Sem Fio, sendo utilizada para tornar mais cômodo o acesso às redes de comunicação. (MACHADO, 2007).

A Rede *Wireless* é um agrupamento de computadores (e outros dispositivos) interligados através de ondas de rádio ou outras formas de ondas eletromagnéticas e são classificadas como WPAN (*Wireless Personal Area Network* - Rede pessoal sem fio), WLAN (*Wireless Local Area Network* - Rede local sem fio), WMAN (*Wireless Metropolitan Area Network* - Rede de área metropolitana sem fio) e WWAN (*Wireless Wide Area Network* - Rede de longa distância sem fio) (WIKIPEDIA_c, 2007). O padrão utilizado pelas redes *Wireless* são: *Wireless* WAN IEEE 802.20, *Wireless* MAN IEEE 802.16, *Wireless* LAN IEEE 802.11, *Wireless* PAN IEEE 802.15. (FARIA, 2005).

2.1.2 Wi-Fi

Wi-Fi é marca registrada pertencente à *Wireless Ethernet Compatibility Alliance* - WECA, abreviatura para "*wireless fidelity*", ou seja, uma tecnologia de interconexão entre dispositivos sem fio (WIKIPEDIA_d, 2007). *Wi-Fi* é uma WLAN.

As características do *Wi-Fi* são: a) operação em 2,4GHz; b) taxa de transmissão de 11Mbps; c) modulação DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum* - Espalhamento Espectral por Sequência Direta) com alcance de 100 a 300 metros. Existem três topologias básicas: *Independent Basic Service Sets* - IBSSs, *Basic Service Sets* - BSS e *Extended Service Sets* – ESSs e os principais padrões são IEEE 802.11 a, IEEE 802.11 b, IEEE 802.11 g.

Enfim, *Wi-Fi* trata-se de uma tecnologia de acesso à Internet sem fios e cabos e que pode chegar a uma taxa de transmissão de 54Mbps, o que torna a definição mais abrangente e dependente de solução de conectividade à rede mundial de computadores (COTRINO, 2006).

2.1.3 Wi-Max

Wi-Max surgiu para solucionar problemas encontrados em outras tecnologias sem fio: a) transmissão de dados sem fio bastante limitadas quando se fala em largura de banda, b) alcance e, principalmente c) transmissão sem interferência (RIBEIRO, 2007).

Wi-Max é uma tecnologia que permite uma cobertura de área maior tornando possíveis as redes metropolitanas sem fio usando topologia multiponto e *Mesh* (malha). Opera em frequências licenciadas e não licenciadas (2.4 – 5.8 Ghz e 3.5 – 10.5 GHz) sendo voltada para *Wireless BroadBand* (acesso sem fio banda larga) utilizando o padrão 802.16.

O grande diferencial do *WiMax* em frente das outras tecnologias é o fato de ser um padrão aberto, que possibilitará a fabricação de equipamentos interoperáveis e significativamente mais baratos (RIBEIRO, 2007).

2.1.4 Infravermelho

A tecnologia infravermelho usa luz difusa refletidas nas paredes, tetos entre outros, ou transmissão em visada direta¹ entre transmissores e receptores. Os transmissores são simples LEDs² ou diodo laser, assim como fotodiodos atuam na recepção do sinal luminoso (RIO DE JANEIRO, 2007).

As principais vantagens da tecnologia infravermelho são (RIO DE JANEIRO, 2007):

- Os transmissores e receptores simples e baratos disponíveis na maioria dos dispositivos móveis atuais, dispositivos estes que possuem uma interface de associação de dados baseada em infravermelho, ou seja, IrDA – *Infrared Data Association*;
- A versão 1.0 deste padrão industrial possibilita taxas de transmissão de até 115 kbit/s, enquanto IrDA 1.1 define taxas maiores de 1.152 e 4 Mbit/s;
- Nenhuma licença de operação é necessária e a proteção é muito simples;
- Dispositivos elétricos não interferem na transmissão de dados.

Algumas desvantagens da transmissão infravermelho são (RIO DE JANEIRO, 2007):

- A baixa taxa de transmissão se comparada às taxas apresentadas pelas LANs;
- A facilidade de bloqueio do sinal luminoso.

2.1.5 Bluetooth

O termo *Bluetooth* designa uma tecnologia que permite a comunicação de voz e dados através de um enlace de rádio de baixo alcance. Inicialmente o *Bluetooth* foi desenvolvido para a substituição dos cabos associados a dispositivos periféricos (OLIVEIRA, 2003). A estrutura básica de comunicação no *Bluetooth* chama-se *piconet*, e pode ser descrita como uma rede onde um nodo central (mestre) comunica-se ativamente com os outros nodos (escravos) formando uma topologia em estrela. Estes dispositivos operam na faixa de 2,4 GHz, que antes era reservada formalmente a um grupo de profissionais (OLIVEIRA, 2003). As desvantagens desta tecnologia são o seu raio de alcance (10 metros) e o número máximo (8) de dispositivos que podem se conectar ao mesmo tempo (WIKIPEDIA_a, 2007).

¹ LOS line-of-sight

² light emitting diodes

2.2 Telefonia Móvel Celular

Um telefone celular é um aparelho de comunicação por ondas eletromagnéticas que permite a transmissão bidireccional de voz e dados utilizáveis em uma área geográfica que se encontra dividida em células, cada uma delas servida por um transmissor/receptor (WIKIPEDIA_b, 2007).

Conforme mostrado na Figura 2.1 abaixo, a Telefonia Móvel Celular é um sistema de comunicação sem fio constituído de Rádios Móveis, Terminais dos Usuários e por Estações Rádio Base (ERB). Uma ERB cobre determinada célula do sistema ocorrendo um *handoff* (transferência do serviço) quando o usuário sai de uma célula e entra em outra. A telefonia móvel celular reutiliza as frequências já utilizadas de forma a não haver interferências. Este sistema permite comunicação por voz, mensagens alfanuméricas e mais recentemente mensagens multimídia, vídeos, fotos, acesso à internet entre outros recursos (MEDEIROS, 2005).

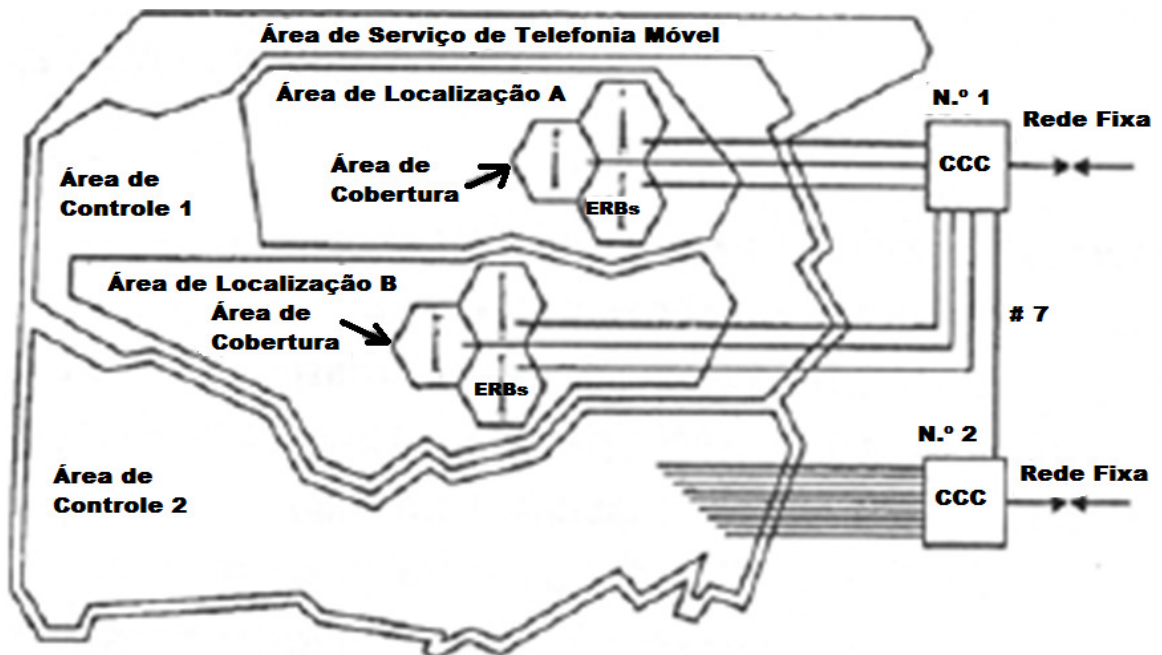


Figura 2.1 Estrutura da Rede Celular (Fonte: FERRARI, 2005).

Conhecer um pouco da história se faz necessário para poder conhecer a evolução das tecnologias móveis celulares e desta forma chegar ao momento atual (MEDEIROS, 2005).

Em 1947 surgiu a idéia básica através do estudo da aplicação de células de transmissão e recepção de sinais de telecomunicações para uso no serviço provido aos comunicadores portáteis utilizados em automóveis. Nessa época o Bell Labs utilizou-se dessa idéia para serviços utilizados pelas viaturas policiais. Em 1973 foi realizada a primeira ligação utilizando um telefone móvel celular pelo gerente da divisão de sistemas da Motorola (FIORESE, 2005).

No ano de 1977 foram realizados testes em que o telefone móvel operava dentro de uma célula, ou seja, uma área limitada e quando se deslocava de uma célula a outra, as células se comunicavam permitindo o atendimento para a próxima região geográfica. Na década de 80 o uso comercial da tecnologia de telefonia celular foi autorizado e a primeira rede de telecomunicações móveis analógica foi criada, a *Advanced Mobile Phone Service*, AMPS e é considerada como tecnologia de primeira geração. Ainda na primeira geração estão os sistemas analógicos e as chamadas de voz (FIORESE, 2005).

Da segunda geração em diante é empregada a modulação digital e nesta enquadram-se as tecnologias TDMA (*Time Division Multiple Access* - Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo), CDMA (*Code Division Multiple Access* - Acesso Múltiplo por Divisão de Código), GSM (*Global System for Mobile Communications* - Sistema Global para Comunicações Móveis), Sistemas Digitais (baixa taxa de transmissão de dados), Chamada de Voz, SMS (*Short Message Center* – Serviço de Mensagens Curtas), WAP (*Wireless Application Protocol* – Protocolo para Aplicações sem fio).

Como parte da mudança da segunda para terceira geração encontram-se 1xRTT (*Radio Transmission Technology* – Tecnologia de Transmissão a Rádio), GPRS (*General Packet Radio Service* – uma tradução poderia ser: Serviço geral de pacotes de rádio), Sistemas Digitais (comunicação por pacotes 144kpbs), Chamadas de Voz, SMS, WAP, MMS (*Multimedia Messaging Service* - Serviço de mensagens multimídia), entre outros.

Por fim, a terceira geração é composta por 1xEVDO (*Evolution Data Only* - Evolução Apenas de Dados, ou *Evolution Data Optimized* - Evolução de Dados Otimizados), WCDMA (*Wide-Band Code-Divison Multiple Access*), Sistemas Digitais (comunicação por pacotes com taxa de até 2Mbps), Chamadas de Voz, Serviços de Valor Adicionado, Serviços de Comunicação de Dados, entre outros (FIORESE, 2005).

Essas gerações foram baseadas nas diferentes tecnologias para a difusão das ondas eletromagnéticas nos telefones celulares que são baseadas na compressão das informações ou em sua distribuição (WIKIPEDIA_b, 2007). A seguir, de forma rápida, os principais padrões de tecnologias celulares serão explicados.

2.2.1 AMPS

A primeira Geração de Sistemas Celulares (sistemas analógicos) estabeleceu a estrutura e funcionalidades básicas associadas a estes sistemas. Como já dito anteriormente, o AMPS foi desenvolvido pelo Bell Labs nos Estados Unidos em 1979, entrou em operação naquele país em 1983 e tornou-se o sistema analógico dominante a nível mundial. Foi padronizado pela EIA-553 (*Electronic Industry Association* – Associação das Indústrias Eletrônicas) e serviu de base para os demais sistemas analógicos como o TACS (*Total Access Communication System* – uma tradução poderia ser: Sistema de comunicação de acesso total) no Reino Unido (TUDE_a, 2003). O AMPS opera na frequência de 800 MHz, é um sistema que utiliza o múltiplo acesso por divisão de frequência (FDMA – Múltiplo Acesso por Divisão de Frequência – *Frequency Division Multiple Access*). A Banda é dividida em canais de RF (*Radio Frequency* – Rádio Frequência), onde cada canal consiste de um par de frequências (Transmissão e Recepção) com 30 kHz de banda cada, ocupando 12,5 MHz cada banda, sendo estas compostas por 416 canais, sendo 21 canais de controle e os demais de voz. Os canais utilizam modulação FM (*Modular Frequency* – Frequência Modular). Um canal de voz é alocado e permanece dedicado a uma chamada durante toda a sua duração (TUDE_a,2003).

2.2.2 TDMA

O TDMA foi o precursor dos sistemas digitais tendo sua arquitetura básica compatível com o padrão AMPS. O TDMA opera na faixa entre 800 e 1900 MHz. Apesar de manter toda a estrutura de canalização do AMPS, este sistema permite que um canal seja compartilhado no tempo por vários usuários através de múltiplo acesso por divisão no tempo, permitindo também a implantação do SMS devido ao canal de controle digital. (TUDE_a, 2003).

Quando os sistemas digitais de segunda geração foram implantados, o AMPS passou a ser utilizado como uma alternativa para complementar a cobertura destes sistemas, devido a sua extensa cobertura. Isto é possível, pois os terminais móveis são duais TDMA/AMPS e CDMA/AMPS, podendo passar a operar automaticamente em AMPS quando o sistema digital não está disponível (TUDE_a, 2003).

2.2.3 CDMA

Surgiu da idéia de dificultar a detecção e interferência dos sinais. Basicamente um mesmo bit de espectro pode ser usado por todos os aparelhos celulares e as conversações podem ser mantidas separadas pelo uso de códigos individuais.

O CDMA é uma tecnologia que utiliza espalhamento espectral (Spread Spectrum) como meio de acesso para permitir que vários usuários compartilhem uma mesma banda de frequências. O CDMA permite uma melhor utilização do espectro possibilitando um aumento de capacidade dos sistemas celulares (TUDE_b, 2003).

Opera na faixa entre 800 e 1900 MHz permitindo até 120 caracteres para o SMS e possui banda na faixa de 1,25MHz.

2.2.4 GSM

Global System for Mobile Communications ou Sistema Global para Comunicações Móveis. Opera em três faixas de frequências: 900 as 1900 MHz. Usa simultaneamente os sistemas TDMA/FDMA/FDD (*Fiber Distributed Data* - Dados distribuídos por fibra). O GSM enfatiza a confidencialidade nas comunicações que foram tratadas utilizando-se um chip (removível) em que são armazenados os dados de assinatura e identificação do assinante. Além disto, um número pessoal de identificação é fornecido ao assinante para que junto ao chip, a segurança contra roubos, fraudes, clonagens ou uso por pessoas indesejadas seja garantida (FERRARI, 2005).

2.2.5 GPRS

É um serviço não baseado em voz, de valor agregado, que permite a recepção e envio de informações através da telefonia móvel celular. Teoricamente as taxas de transferência podem atingir até 171,2 kbps. Este sistema facilita as conexões instantâneas, ou seja, alta disponibilidade de conexão, o que é uma vantagem para muitas aplicações. Utiliza-se da comutação de pacotes significando que os recursos de rádio serão trabalhados somente quando os usuários estiverem enviando ou recebendo dados. O GPRS é também compatível com TDMA e GSM (CARVALHO, 2007).

2.2.6 W-CDMA

O W-CDMA é um padrão de interface de rádio, entre o terminal celular e a Estação Rádio Base, desenvolvido para o UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System* – Sistema Universal de Telecomunicações Móveis) e padronizado pela UIT (*International Telecommunication Union* – União Internacional de Telecomunicações). Esta tecnologia utiliza como método de múltiplo acesso o CDMA de Sequência Direta, com os vários terminais compartilhando uma mesma banda de frequências, porém, utilizando códigos diferentes de espalhamento espectral (TUDE_c, 2004).

Legalizado em Junho de 1995, o W-CDMA é um padrão norte-americano IS-665 (*Interim Standard* - Padrão do íterim). Possui um importante papel na realização das comunicações móveis sem fio isto porque tem quase o mesmo desempenho na transmissão quanto às comunicações com fio. Cada terminal WCDMA pode acessar vários serviços diferentes ao mesmo tempo. Pode ser voz ou uma combinação de serviços como internet, multimídia, e-mail e vídeo (ROCHA, 2007).

2.3 Computação Móvel

Um Ambiente de Computação Móvel é formado pelos Hosts Fixos, Hosts Móveis (ou Unidades Móveis) e Estações de Base, ou seja, vários computadores que são interligados por uma rede com fio de alta velocidade. A Figura 2.1 ilustra uma arquitetura genérica de um Ambiente de Computação Móvel (ELMASRI, 2005).

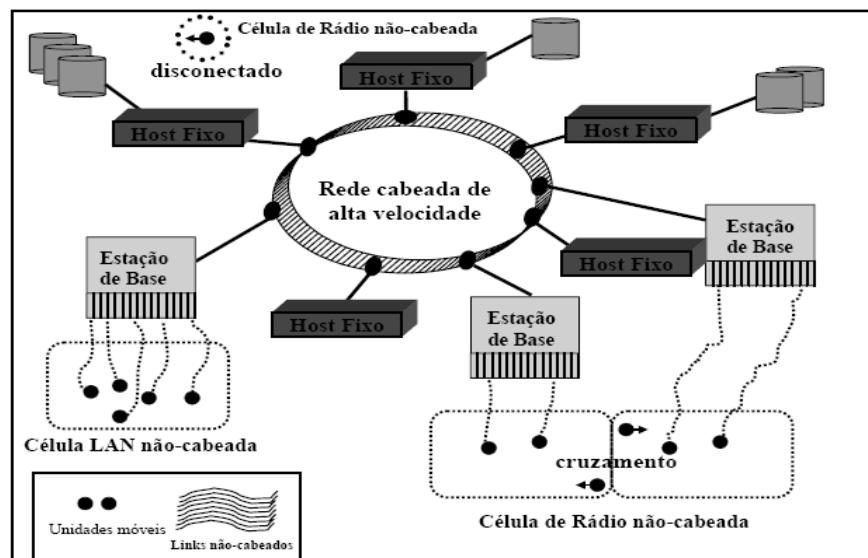


Figura 2.2: Arquitetura Genérica de um Ambiente de Computação Móvel (Fonte: CÔRTEZ, 2007).

Os Hosts Fixos podem ou não serem equipados para gerenciar unidades móveis. Já as Estações de Base podem comunicar-se com os Hosts Móveis (computadores portáteis) suportando também o acesso a dados. Estas se comunicam com as Estações de Base, e vice-versa, por canais sem fios de largura de banda limitada. Cada Estação de Base gerencia os Hosts Móveis que estão dentro de sua célula, ou seja, dentro de seu Domínio Geográfico de Mobilidade, assim, quando um Host Móvel se locomove entre células, o processo de recuperação de dados não é afetado, pois a arquitetura é projetada de forma a emular uma arquitetura Cliente/Servidor (ELMASRI, 2005; SILBERCHATZ, 1999).

A comunicação sem fios permite a aplicação de várias arquiteturas de comunicação, entre elas a AD HOC³ ou MANET (*Mobile Ad hoc NETWORK*), que considera um Host Móvel como sendo, simultaneamente, um Cliente e um Servidor, podendo esses Hosts Móveis comunicar-se sem a necessidade de uma rede fixa, utilizando, por exemplo, a Tecnologia Bluetooth e também se responsabilizando pelo roteamento de seus próprios dados (ELMASRI, 2005).

2.4 Características dos Ambientes Móveis

Entre diversas características relacionadas aos ambientes móveis, existe a Latência na Comunicação, dada pelos processos exclusivos do meio sem fio; a Conectividade Intermitente podendo ser uma Desconexão não Intencionada ocorrendo normalmente nos locais em que os sinais sem fios não chegam, ou então uma Desconexão Intencionada normalmente ocasionada pela intervenção do usuário; a Vida da Bateria, normalmente limitada, com duração de poucas horas; e a Localização do cliente, que sempre está em movimento, alterando a topologia de rede. Essas características devem ser levadas em consideração, pois afetam diretamente o gerenciamento de dados e as aplicações móveis (ELMASRI, 2005).

Já em relação aos SGBDs (Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados) móveis entre as principais características destacam-se: - Bancos de Dados interligados por uma Rede de Comunicação sem Fio; - O Host Móvel acessa um Banco de Dados em um Host Fixo ou em um Host Móvel; - O Host Móvel pode ser o Cliente e o Servidor

³ A expressão latina ad hoc significa literalmente para isto, por exemplo, um instrumento ad hoc é uma ferramenta elaborada especificamente para uma determinada ocasião ou situação ("cada caso é um caso"). Um processo ad hoc consiste em um processo em que nenhuma técnica reconhecida é empregada e/ou cujas fases variam em cada aplicação do processo (http://pt.wikipedia.org/wiki/Ad_hoc)

simultaneamente; - Os Bancos de Dados são, em sua maioria, Heterogêneos, Autônomos e Distribuídos (CÔRTEZ, 2007).

Algumas características também podem se considerar problemas ou limitações. No contexto dos SGBDs deve-se levar em consideração que os elementos móveis são pobres em recursos, a mobilidade tem natureza perigosa, a conectividade é variável em seu desempenho e confiabilidade de conexão e, por fim, os elementos móveis possuem bateria finita.

Como conseqüências dessas limitações e características, a configuração dos sistemas que possuem elementos móveis não é estática, aumentando o custo da localização de um elemento móvel e também o custo da comunicação. A conectividade fraca, intermitente e variável torna as redes sem fio mais caras, oferecendo menor largura de banda, maior latência, menor confiança, qualidade de conexão variável devido a interferências e a distância entre os Hosts Móveis em relação às Estações de Base e vice-versa. Em contrapartida, há maior facilidade para a difusão de dados na rede.

2.5 Gerenciamento de Dados

As questões de gerenciamento de dados distribuídos podem ser aplicadas em Bancos de dados móveis: modelos de transações, recuperação de dados e tolerância a falhas, disseminação e replicação de dados, processamento de consulta, entre outros (ELMASRI, 2005).

A computação móvel precisa ser estruturada de forma que as transações sejam divididas em conjuntos de transações, algumas executando no Host Móvel e outras no Host Fixo (ou Estação Base). Uma transação móvel então pode ser definida como uma transação distribuída. As transações móveis acessam sistemas heterogêneos e dados que mudam rapidamente de localização. Desta forma novos modelos de transações vêm sendo desenvolvidos, já que a computação móvel está mais propensa a erros e acidentes, devendo haver também uma atenção especial às propriedades ACID (Atomicidade, Consistência, Isolamento e Durabilidade) que neste ambiente poderão ser totalmente diferentes daquelas relacionadas aos Bancos de Dados Convencionais (CÔRTEZ, 2007; ELMASRI, 2005).

Um exemplo de disseminação (ou distribuição) e replicação de dados são as mensagens que normalmente recebemos nos celulares das operadoras, com ofertas e promoções. A idéia básica é fazer com que os dados que são freqüentemente requisitados sejam difundidos e atualizados em ciclos contínuos pelas Estações de Base, não sendo

necessária a solicitação pelo Host Móvel resultando na economia de bateria e, portanto, as informações poderão ser recebidas por um grande número de Hosts Móveis de uma única vez (SILBERCHATZ, 1999).

O processo de consultas é altamente afetado pela mobilidade. A *consciência de onde os dados estão* é de suma importância e sendo este um ambiente móvel, os clientes e também os servidores terão sua posição física alterada constantemente, influenciando a avaliação dos custos/benefícios do processamento da consulta. Deve ser levado em consideração o tempo do usuário, o tempo de conexão, o número de bytes ou de pacotes transferidos, as tarifas com base no horário e também a energia (bateria). Contudo, a resposta de uma consulta deve retornar ao Host Móvel correta e completa (SILBERCHATZ, 1999).

Os tipos de falhas encontradas em Banco de dados móveis são as ocorridas nos “site⁴”, na mídia, na transação e na comunicação. Em “sites”, normalmente se deve à bateria, já nas transações se deve às desconexões ou dados inconsistentes, porém as desconexões não deveriam ser tratadas como falhas já que elas fazem parte do modo normal de operação na computação móvel. A mídia de armazenamento do Banco de dados também poderá falhar devido, por exemplo, à oscilação de energia que levem a mídia ao não funcionamento e, por fim, em muitos locais os hosts móveis não conseguirão se comunicar com o Banco por falta de sinal por exemplo, ocasionando portanto uma falha de comunicação.

No caso desta pesquisa, o banco de dados terá uma posição fixa, porém os hosts serão móveis, mais especificamente, o host, pois será utilizado apenas um aparelho celular para este trabalho.

⁴ Site neste caso significa o próprio local do servidor de banco de dados.