

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
Escola de Engenharia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais-PPGEM

**SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO BASEADO EM REDE DE CELULAR  
GSM/GPRS PARA GERENCIAMENTO DE DESGASTE DE PASTILHA DE FREIO  
E VIBRAÇÃO DA TORRE EM AEROGERADORES**

**VILSON GRUBER**

**DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE**

**PORTO ALEGRE**  
**2007**

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

Escola de Engenharia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais-PPGEM

**SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO BASEADO EM REDE DE CELULAR  
GSM/GPRS PARA GERENCIAMENTO DE DESGASTE DE PASTILHA DE FREIO  
E VIBRAÇÃO DA TORRE EM AEROGERADORES**

**Vilson Gruber**

Trabalho realizado no Departamento de Metalurgia da Escola de Engenharia da UFRGS,  
dentro do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais -  
PPGEM, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre

Área de Concentração: Processos de Fabricação

Porto Alegre

2007

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Engenharia, área de concentração Processos de Fabricação e aprovada em sua forma final, pelo Orientador e pela Banca Examinadora do Curso de Pós-Graduação.

Orientador: Prof. Dr. Lírio Schaeffer

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Lírio Schaeffer

Prof. Dr. Eng<sup>o</sup>. Alexandre Rocha

Prof. Dr. Eng<sup>o</sup>. Juarez Bento da Silva

Prof. Dr. Eng<sup>o</sup>. habil. Klaus-Dieter Lietzmann

Prof. Dr. Carlos Pérez Bergmann

Coordenador do PPGEM

Dedico este trabalho

Ao meu filho, Otho Bologna Gruber e aos  
meus pais em memória.

A todos que me cercam e foram  
responsáveis por ter chegado ao fim de mais uma  
etapa.

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, pelo meu existir, pela presença constante em minha caminhada e em minha vida.

Ao Professor Dr. Lírio Schaeffer, por ter dado forma aos meus ideais, pela sua dedicação, paciência e amizade. “Muito obrigado” pelos ensinamentos constantes.

A minha família, pela formação que me permitiu ter, com os sacrifícios que só ela sabe quais foram, e à minha namorada, Luciana M. Carraro, pela paciência e pelo incentivo durante esta fase.

Ao amigo de trabalho e viagens Roderval Marcelino pelas diversas horas gastas na discussão de idéias e planos para a conclusão deste trabalho.

A todos os colegas de trabalho da Faculdade SATC, professores que participaram com seus conhecimentos e apoio e que fizeram parte desta jornada.

A todos os “Professores e colegas do PPGEM”, alguns cujos nomes nem sequer sei, mas todos eles muito importantes para a continuidade dos trabalhos de pesquisa de nosso grupo, em especial alguns com quem troquei idéias e de quem recebi sugestões e experiência, como Jorge Lewis, Arrieche, Oliver Lutz, Carla, Ana Paula, Beatriz.

A FAPERGS pelo apoio ao projeto financiado ao Laboratório de Transformação Mecânica (LdTM) da UFRGS.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	VII
LISTA DE TABELAS.....	IX
LISTA DE ABREVIATURAS.....	X
RESUMO.....	XV
ABSTRACT.....	XVI
1. CAPÍTULO 01 – INTRODUÇÃO.....	1
1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA EM AEROGERADORES.....	2
1.2 OBJETIVO GERAL.....	3
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
2. CAPÍTULO 02 – REVISÃO DA LITERATURA.....	4
2.1 AEROGERADORES.....	4
2.2 TIPOS DE AEROGERADORES.....	4
2.3 COMPONENTES DO SISTEMA.....	7
3. CAPÍTULO 03 – SISTEMAS DE TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO SEM FIO – WIRELESS E CELULAR.....	9
3.1 TECNOLOGIAS EMPREGADAS.....	10
3.2 SISTEMA MÓVEL CELULAR.....	11
3.3 OUTRAS TECNOLOGIAS DE TRANSMISSÃO SEM FIO – WIRELESS.....	35
3.3.1 RÁDIO.....	35
3.3.2 MICROONDAS.....	36
3.3.3 SATÉLITE (VSAT).....	37
4. CAPÍTULO 04 – SISTEMAS DE AQUISIÇÃO DE DADOS.....	39
4.1 PLACA DE AQUISIÇÃO.....	40
4.2 SOFTWARE DE AQUISIÇÃO.....	40
4.3 SENSORES.....	41
5. CAPÍTULO 05 – DESENVOLVIMENTO.....	45
5.1 OBJETO DE ESTUDO.....	45
5.2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE AEROGERADOR ESTUDADO.....	46
5.3 SISTEMA DE FRENAGEM.....	48
5.3.1 FUNCIONAMENTO DE SISTEMAS DE FRENAGEM CONHECIDOS.....	48
5.4 O QUE COMPÕEM UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO SEM FIO – WIRELESS PARA MONITORAMENTO À DISTÂNCIA:.....	49
5.5 BANCADA EXPERIMENTAL.....	59
5.6 METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DO MONITORAMENTO REMOTO UTILIZANDO TECNOLOGIA DE REDE CELULAR GPRS.....	61
5.6.1 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA.....	61
5.6.2 SISTEMA DE TRANSMISSÃO DOS SINAIS.....	62
5.6.3 SISTEMA DE MONITORAÇÃO.....	62
5.6.4 OBTENÇÃO DE DADOS A DISTÂNCIA PARA O AEROGERADOR.....	63
6. CAPÍTULO 06 – ANÁLISE COMPARATIVA DAS TECNOLOGIAS DE REDES SEM FIO E CELULAR.....	71
7. CONCLUSÕES.....	72
8. RECOMENDAÇÕES.....	73
9. ANEXOS.....	74
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – CAPACIDADE GLOBAL INSTALADA DE AEROGERADORES ENTRE 1995 E 2006 .....	2
FIGURA 02 – AEROGERADOR DE TRÊS PÁS.....	5
FIGURA 03 – AEROGERADOR MÚLTIPLAS PÁS OU CATA-VENTO .....	5
FIGURA 04 – AEROGERADOR SAVONIU.....	6
FIGURA 05 – AEROGERADOR DARRIEUS .....	6
FIGURA 06 – COMPONENTES DE UM SISTEMA EÓLICO. ....	7
FIGURA 07 – ALCANCE DAS REDES WIRELESS - TECNOLOGIAS DE REDE WIRELESS .....	10
FIGURA 08 – ESTRUTURA DE UM SISTEMA CELULAR BÁSICO .....	15
FIGURA 09 – EVOLUÇÃO DAS TECNOLOGIAS CELULARES ATÉ 3G. ....	15
FIGURA 10 – OPÇÃO DE EVOLUÇÃO DAS VÁRIAS REDES 1G .....	17
FIGURA 11 – ARQUITETURA AMPS/TDMA .....	18
FIGURA 12 – ARQUITETURA CDMA .....	19
FIGURA 13 – EVOLUÇÃO CDMA .....	20
FIGURA 14 – ARQUITETURA DE REFERÊNCIA DE UM SISTEMA GSM.....	21
FIGURA 15 – ARQUITETURA DE REFERÊNCIA DE UM SISTEMA GSM COM GPRS.....	27
FIGURA 16 – IMT-2000 TERRESTRIAL RADIO INTERFACE STANDARDS.....	32
FIGURA 17 – FREQUÊNCIAS NO MUNDO.....	34
FIGURA 18 – TRANSMISSÃO POR RÁDIO MICROONDAS .....	37
FIGURA 19 – COMUNICAÇÃO VIA SATÉLITE.....	38
FIGURA 20 – AEROGERADOR MONTADO EM BANCADA. ....	46
FIGURA 21 – SISTEMA DE FREIO DO AEROGERADOR .....	48
FIGURA 22 – PROTÓTIPO DE UMA PLACA DE AQUISIÇÃO DE DADOS COM SIMULADORES DE SENSORES .....	49
FIGURA 23 – MICRO CONTROLADOR PIC 16F877A/P .....	50
FIGURA 24 – DIAGRAMA DE CONEXÃO VIA OPERADORA DE TELECOM GSM/GPRS .....	51
FIGURA 25 – VISTA DE FRENTE DO SISTEMA ELETRÔNICO DE TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE.....	53
FIGURA 26 – ANTENA EXTERNA DO SISTEMA ELETRÔNICO PARA MONITORAÇÃO DE .....	53
DADOS VIA REDE DE CELULAR GSM/GPRS .....	53
FIGURA 27 – VISTA DA PARTE TRASEIRA DO SISTEMA ELETRÔNICO DE TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE DADOS VIA REDE CELULAR GSM/GPRS.....	54
FIGURA 28 – ESQUEMÁTICO DA SOLUÇÃO DE MONITORAMENTO DE VARIÁVEIS EM AEROGERADOR .....	60
FIGURA 29 – DIAGRAMA DA SOLUÇÃO DE MONITORAMENTO DE VARIÁVEIS EM AEROGERADOR.....	60
FIGURA 30 – TRANSMISSOR E RECEPTOR DE DADOS .....	62
FIGURA 31 – SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO.....	62

FIGURA 32 – TELA TORRE DO AEROGERADOR OK (LÂMPADA BRANCA) APARECENDO PARA O OPERADOR, REFERENTE SIMULAÇÃO DE VIBRAÇÃO DA TORRE.....	63
FIGURA 33 – TELA RECEBENDO DADOS TORRE DE AEROGRADOR COM VIBRAÇÃO (LÂMPADA VERMELHA), APARECENDO PARA O OPERADOR, REFERENTE SIMULAÇÃO DE VIBRAÇÃO DA TORRE .....	64
FIGURA 34 – TELA DE DESGASTE DO PRIMEIRO JOGO DE PASTILHA DE FREIO OPÇÃO NÍVEL BOM .....	64
FIGURA 35 – TELA DE DESGASTE DO PRIMEIRO JOGO DE PASTILHA DE FREIO OPÇÃO NÍVEL ATENÇÃO .....	65
FIGURA 36 – TELA DE DESGASTE DO PRIMEIRO JOGO DE PASTILHA DE FREIO OPÇÃO NÍVEL CRÍTICO.....	65
FIGURA 37 – TELA DE DESGASTE DO PRIMEIRO JOGO DE PASTILHA DE FREIO OPÇÃO NÍVEL PARAR .....	66
FIGURA 38 – TELA DE DESGASTE DO SEGUNDO JOGO DE PASTILHA DE FREIO OPÇÃO NÍVEL BOM .....	66
FIGURA 39 – TELA DE DESGASTE DO SEGUNDO JOGO DE PASTILHA DE FREIO OPÇÃO NÍVEL ATENÇÃO .....	67
FIGURA 40 – TELA DE DESGASTE DO SEGUNDO JOGO DE PASTILHA DE FREIO OPÇÃO NÍVEL CRÍTICO.....	67
FIGURA 41 – TELA DE DESGASTE DO SEGUNDO JOGO DE PASTILHA DE FREIO OPÇÃO NÍVEL PARAR .....	68
FIGURA 42– TELA DE DESGASTE DO TERCEIRO JOGO DE PASTILHA DE FREIO OPÇÃO NÍVEL BOM.....	68

**LISTA DE TABELAS**

<b>TABELA 01 – EXEMPLOS DE DISPOSITIVOS, WIRELESS E MÓVEIS .....</b>	<b>9</b>
<b>TABELA 02 – PADRÕES IEEE – TECNOLOGIAS DE REDE WIRELESS .....</b>	<b>11</b>
<b>TABELA 03 – PRIMEIRA GERAÇÃO DAS REDES CELULARES .....</b>	<b>16</b>
<b>TABELA 04 – CLASSES DE TERMINAIS GPRS .....</b>	<b>29</b>
<b>TABELA 05 – TIPOS DE SENSORES .....</b>	<b>44</b>
<b>TABELA 06 – BANCADA DE TESTES DE AEROGERADOR 7,2 KW .....</b>	<b>47</b>
<b>TABELA 07 – FACILIDADES INCLUSAS PIC16F877A.....</b>	<b>51</b>
<b>TABELA 08 – TABELA COMPARATIVA ENTRE OS SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO SEM FIO – WIRELESS E CELULAR COM VALORES .....</b>	<b>71</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

1G – Primeira Geração

1xRTT – Evolution Data Only (Evolução Apenas de Dados), ou Evolution Data Optimized (Evolução de Dados Otimizados)

2,5G – Segunda e meia geração. É um termo genérico que cobre várias tecnologias para redes de telefonia sem fio

2G – Segunda Geração

3G – Terceira Geração

3GPP – É abreviatura de 3rd Generation Partnership Project

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AM – Amplitude Modulation

AMPS – Advanced Mobile Phone Service

ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações

APN – Access Point Name

AuC – Authentication center

BPSK – Binary Phase-Shift Keying

BSC – Base Station Controller

BSS – Base Station System

BTS – Base Transceiver Station

CCC – Central de Controle e Comutação

CDMA – Code Division Multiple Access

CLP – Controlador Lógico Programável

CSD – Circuit Switched Data

DAMPS – Digital-Advanced Mobile Phone Service

dBd – Decibéis relativos ao dipolo de meia onda

dBi – Decibéis relativos ao radiador isotrópico

dBm – Decibéis relativos a um miliwatt (1 mW)

DCD – Distance Communications Direct

DECT – Digital Enhanced Cordless Telecommunications

DSSS – Direct Sequence Spread Spectrum

DVD – Digital Video Disc

EDGE – Enhanced Data rates for Global Evolution

EGPRS – Enhanced General Packet Radio Service

EIR – Equipment Identity Register

EM – Estação Móvel

ERB – Estação Rádio Base

EVDO – Evolution Data Only

EVDO – Evolution Data and Voice

FCC – Federal Communications Commission

FDMA – Frequency Division Multiple Access

FHSS – Frequency Hopping Spread Spectrum

FM – Frequência Modulada

GGSN – Gateway GPRS Support Node

GHz – Gigahertz

GMSK – Gaussian Minimum Shift Keying

GPRS – General Packet Radio Service

GSM – Global System for Mobile Communications

HLR – Home Location Register

HSCSD – High-Speed Circuit-Switched Data

HSDPA – High Speed Downlink Packet Access

HTML – Hypertext Markup Language

Hz – Unidade de medida de frequência Hertz

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers

IMEI – International Mobile Equipment Identity ou Identificação Internacional de Equipamento Móvel

IMSI – International Mobile Subscriber Identity

IMT-2000 – International Mobile Telecommunications-2000

IMT-DS – International Mobile Telecommunications-Direct Spread

IP – Internet Protocol

ISDN/RDSI – Integrated Services Digital Network ou Rede Digital de Serviços Integrados

ISO – International Standards Organization

Kbps – Kilobytes por segundo

LAN – Local Area Network

LED – Light Emitting Diode ou Diodo Emissor de Luz

Mbps – Megabytes por segundo

MHz – Megahertz

MMS – Serviços de Mensagem Multimídia

MODEM – Modulação e Demodulação

MS – Mobile Station

MSC – Mobile-Services Switching Centre

NMT – Nordic Mobile Telephone Network

OMC – Operational and Maintenance Center

OSI – Open System Interconnection

PCM – Pulse Code Modulation

PDA – Personal Digital Assistant ou PDA-Phone = Vide Smartphone

PIN – Personal Identification Number

PLC – Programmable Logic Controller

PSK – Phase-Shift Keying

PTS – Ponto de Transferência de Sinalização

RF – Rádio Frequência

RTPC – Rede Telefônica Pública Comutada

RTUs – Remote Terminal Units

SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition

SDKs – Software Development Kits

SGSN – Serving GPRS Support Node

SIM CARD – Subscriber Identity Module Card.

Smartphone – Termo utilizado para telefones com recursos de PDA, ou vice-versa. Hoje, já existem celulares (smartphones) equipados com sistemas Windows Mobile, Palm OS ou Symbian

SMS – Short Message Service

SS7 – Signaling System #7 ou Sistema de Sinalização por Canal Comum n° 7

TACS – Total Access Communication System

TC – Time Code

TCP-IP – Transmission Control Protocol – Internet Protocol

TDMA – Time Division Multiple Access

TIA – Telecommunication Industry Association

TRAU – Transcoder and Rate Adapter Unit

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UHF – Ultra High Frequency

UIT/ITU – União Internacional de Telecomunicações /International Telecommunication Union

UMTS – Sistema Universal de Telecomunicações Móvel ou Universal Mobile Telecommunications System

VHF – Very High Frequency

VLR – Visit Location Register

VSAT – Very Small Aperture Terminal

WAN – Wide Area Network

WAP – Wireless Application Protocol

WCDMA – Wideband Code Division Multiple Access

Wi-Fi – Wireless Fidelity

WiMAX – Worldwide Interoperability for Microwave Access

WLAN – Wireless Local Area Network

WMAN – Wireless Metropolitan Area Network

WPAN – Wireless Personal Area Network

WWAN – Wireless Wide Area Network

X.25 – É um protocolo padronizado pela UIT que especifica a interface entre um sistema computacional e uma rede de comunicação por pacotes.

## RESUMO

Com a necessidade da obtenção da informação ser disponibilizada em vários locais simultaneamente, mostrando resultados on-line, faz com que as redes de comunicação de dados estejam cada vez mais presentes no dia-a-dia das pessoas e das empresas obrigando a constante busca por novas técnicas e meios de estabelecer essa comunicação. Disponibilizar sistemas de monitoração, supervisão e controle de dados on-line em máquinas e equipamentos em tempo real, não é uma tarefa nada fácil. Na estratégia de investimento, a escolha apropriada da rede e o meio de estabelecer essa comunicação na integração dos diversos equipamentos distribuídos em locais diferentes (remotos) é um fator importante para o sucesso dos dados que se queiram monitorar.

O presente trabalho mostra as tecnologias de comunicação sem fio – Wireless e Celular através de uma pesquisa e estudo de caso feito em Laboratório da UFRGS e Faculdade SATC com a criação de um protótipo de uma interface de aquisição de dados utilizando a rede celular GSM/GPRS para simular a transmissão e recepção de dados para o monitoramento remoto de 02 (duas) variáveis aqui definidas como vibração da torre e desgaste de pastilha de freio em aerogerador de pequeno porte.

Os dados aqui estudados mostram resultados que podem ser úteis para qualquer empresa que planeje implantar um sistema de monitoramento remoto através da Rede Celular (GSM/GPRS). Apesar de no experimento ter sido utilizado variáveis de um aerogerador, são mostradas outras aplicações possíveis de monitoramento remoto utilizando-se o canal de comunicação ar.

Palavras-chave: Redes de Celulares (GSM/GPRS), Aerogeradores, Wireless, Monitoração Remota.

## ABSTRACT

With the need to obtain the information be made available in several places simultaneously, showing results online, means that the networks of communication of data are increasingly present in the day-to-day of people and businesses requiring the constant search for new techniques and means to establish such communication. Enabling systems for monitoring, surveillance and control of data online in machinery and equipment in real time, nothing is not an easy task. In investment strategy, the choice of appropriate network and the means to establish this communication in the integration of the various equipment distributed in different locations (remote) is an important factor for the success of the data that we want to track.

The present work shows the wireless communication technologies-Wireless and Mobile through a search and case study done in the laboratory and UFRGS and SATC College with the creation of a prototype of an interface for data acquisition using the GSM / GPRS cellular network to simulate the transmission and reception of data to the remote monitoring of 02 (two) variables here defined as vibration of the tower and wear of the brake chip in wind power of small.

The data studied here show us results that can be useful for any business that plan deploy a system for remote monitoring via the Network Mobile (GSM / GPRS). Although the experiment have used variables of a wind power, are shown other possible applications of remote monitoring using the channel of communication wireless.

Keywords: Networks of Mobile (GSM / GPRS), Wind Power, Wireless, Remote Monitoring.

## 1. CAPÍTULO 01 – INTRODUÇÃO

Hoje em dia, cada vez mais a transmissão de dados torna-se um recurso fundamental para os diversos setores do mercado. O desenvolvimento econômico e o avanço tecnológico dos dias atuais nos trazem a necessidade de cada vez mais comunicação instantânea, tornando-se como estratégia nossa sobrevivência em mercados onde a informação em tempo real será determinante para a conquista de novos clientes (GASPARINI, 2002).

O uso de energias renováveis, como a geração eólica, esta cada vez mais evidente, a redução da emissão de CO<sub>2</sub> está sendo buscada por países conscientes e a revolução energética pode ser uma realidade (GREENPEACE, 2007), aumentar o nosso conforto do dia a dia, consumindo menos energia e energia limpa.

Para viabilizar sistemas de energia renovável, precisamos que estes sistemas sejam auto-suficientes ou que requeiram o mínimo de manutenção. Sistemas de monitoramento remoto fazem este papel, proporcionando gerenciamento à distância de uma ou mais unidades de geração eólica, por exemplo. A redução de visitas desnecessárias do pessoal de manutenção já é uma grande vantagem de realizar o monitoramento remoto. Para o monitoramento remoto existem hoje diversas tecnologias empregadas, porém a utilização do canal de comunicação ar ainda é um paradigma para muitos (FIORESE, 2005).

O presente trabalho é o resultado de um estudo da solução de transmissão de dados sem fio *wireless*<sup>1</sup> para monitoramento remoto de variáveis em um aerogerador e testes através de um sistema de transmissão via rede de Celular baseado na tecnologia GSM/GPRS. Foi utilizado um protótipo de sistema de aquisição de dados que simula o funcionamento de um aerogerador e duas variáveis foram transmitidas, uma delas, é o sinal do sensor de vibração da torre e a outra o sinal do desgaste da pastilha de freio, pois o aerogerador em estudo possui um sistema de freio a disco que desgasta estas pastilhas.

O estudo apresentado a seguir, serve como referência para diversas aplicações que necessitam de transmissão de dados utilizando o sistema *wireless*, exemplo disto, são aplicações de monitoramento de emissão de poluentes, dos níveis dos rios (cheias), alertas de enchentes (níveis dos reservatórios), controle de bacias hidrográficas, monitoramento de represas e alertas de deslizamentos.

Com o crescimento extraordinário da comunicação sem fio o mesmo traz a praticidade de acessar informações de qualquer parte a qualquer momento. O objetivo geral da comunicação móvel é introduzir as facilidades e praticidades de um computador estático e distribuído para um ambiente móvel, fazendo a junção da comunicação sem fio, permitindo a mobilidade (LEE, SCHNEIDER e SCHELL, 2005).

Também pode ser usada para monitoração de equipamentos na indústria e propósitos da agricultura, como para obter a previsão do tempo em lugares remotos. Ainda no setor de agricultura, os sistemas de irrigação podem ser controlados remotamente (BERNHARDT, 2003 e MATTOS, 2004).

### 1.1 Definição do Problema em aerogeradores

Os sistemas de geração eólica estão em larga expansão, segundo dados do *Global Wind Energy Council* (GWEC) que é o órgão que acompanha este mercado, a demanda por esta tecnologia vem crescendo a passos largos, acima da média esperada, inclusive, muitos fabricantes contam com um tempo de entrega da ordem de 02 (dois) anos.

A figura 01 mostra a crescente instalação de novas unidades no mundo.

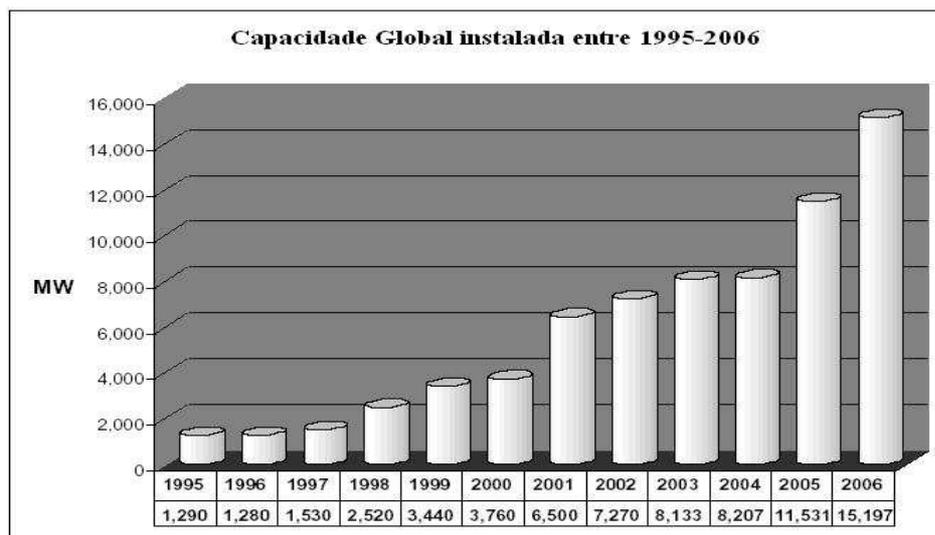


Figura 01 – Capacidade global instalada de aerogeradores entre 1995 e 2006

Fonte: Global Wind Energy Council. Bélgica. Disponível em: <www. <http://www.gwec.net> >

Acesso em: 02 março de 2007.

Estes sistemas necessitam cada vez mais de monitoramento, sua instalação normalmente são em lugares remotos que estão longe de recursos tecnológicos. Como estes equipamentos necessitam de pouca manutenção não é justificável que uma pessoa fique *in loco* para fazer uma eventual manutenção.

## 1.2 Objetivo Geral

Desenvolver um protótipo de um sistema de transmissão e recepção de dados para a monitoração de variáveis em aerogeradores utilizando rede de Celular GSM/GPRS.

## 1.3 Objetivos Específicos

Simular, transmitir e monitorar 02 (duas) variáveis a seguir de um sistema de aerogerador montado em bancada de testes:

- Vibração da torre;
- Desgaste da pastilha de freio do aerogerador.

---

<sup>1</sup> *Wireless* quer dizer comunicação sem fio ou (*wire*=fio, *less*=sem)

## **2. CAPÍTULO 02 – REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Aeroogeradores**

Um aerogerador é um dispositivo com um gerador destinado a converter energia eólica<sup>2</sup> em energia elétrica ou não é mais do que uma turbina movida pelo vento que aciona um gerador de energia elétrica. Este tipo de gerador tem se popularizado rapidamente devido ao fato de a energia eólica ser um tipo de energia renovável, diferente da queima de combustíveis fósseis. É também considerada uma "energia limpa" (que respeita o meio ambiente), já que não requer uma combustão que produza resíduos poluentes nem a destruição de recursos naturais (MULLER, 2002).

### **2.2 Tipos de Aeroogeradores**

No início na utilização da energia eólica, surgiram turbinas de vários tipos – eixo horizontal, eixo vertical, com apenas uma pá, duas e três pás, gerador de indução, gerador síncrono etc. Com o passar do tempo, consolidou-se o projeto de turbinas eólicas com as seguintes características: eixo de rotação horizontal, três pás, alinhamento ativo, gerador de indução e estrutura não-flexível. A seguir mostraremos os diversos tipos de aerogeradores.

#### **Os aerogeradores de eixo horizontal:**

São utilizados para bombeamento de água e geração de eletricidade. Dependem da direção do vento e podem ter uma, duas, três ou quatro pás. Para funcionar, a velocidade tem que variar de 30 a 35 km/h e estar livre de obstáculo a uma altura de 5m do chão. Os aerogeradores mais comuns no mercado são os de eixo horizontal com três pás, apresentando diferentes dimensões e aplicações.

---

<sup>2</sup> A energia eólica é a energia que provém do vento. O termo eólico vem do latim “aeolicus”, pertencente ou relativo á “Éolo”, deus dos ventos na mitologia grega e, portanto, pertencente ou relativo ao vento.

A figura 02 abaixo mostra um dos aerogeradores mais utilizados na geração de energia elétrica.



Figura 02 – Aerogerador de três pás

Fonte: <http://www.osorio.rs.gov.br/?static=eol/eolica2.htm>

### **Aerogeradores de pás múltiplas ou cata-ventos:**

Possuem de 16 á 32 pás e chegam a ter 15m de altura. São bastante encontrados em fazendas americanas, por isso também são conhecidos como moinhos americanos. São mais usados para o bombeamento de água e produzem baixa potência devido ao numero elevado de pás, figura 03.



Figura 03 – Aerogerador múltiplas pás ou cata-vento

Fonte: <http://2.srv.fotopages.com/1/153529/04-Cataventos-nas-salineiras.jpg>

### **Aerogeradores de eixo vertical:**

Esse tipo de aerogerador possui um eixo vertical e aproveita o vento que vem de qualquer direção. São mais indicados para moagem de grãos, recargas de baterias, irrigação. Dos aerogeradores com eixo vertical o *Savonius* (figura 04) e o *Darrieus* (figura 05) são os mais usados.



Figura 04 – Aerogerador Savoniu

Fonte: <http://www.nea.ufma.br/imagens/savonius.jpg>

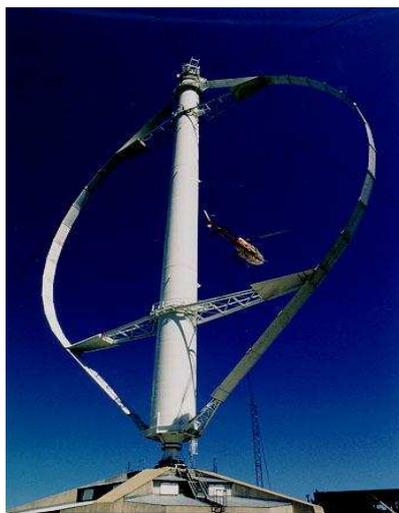


Figura 05 – Aerogerador Darrieus

Fonte: <http://www.geocities.com/minguellroger/darrieus.jpg>

### 2.3 Componentes do Sistema

Um sistema eólico é constituído por vários componentes que devem trabalhar em harmonia de forma a propiciar um maior rendimento final. Para efeito de estudo global da conversão eólica devem ser considerados os seguintes componentes conforme figura 06 abaixo:

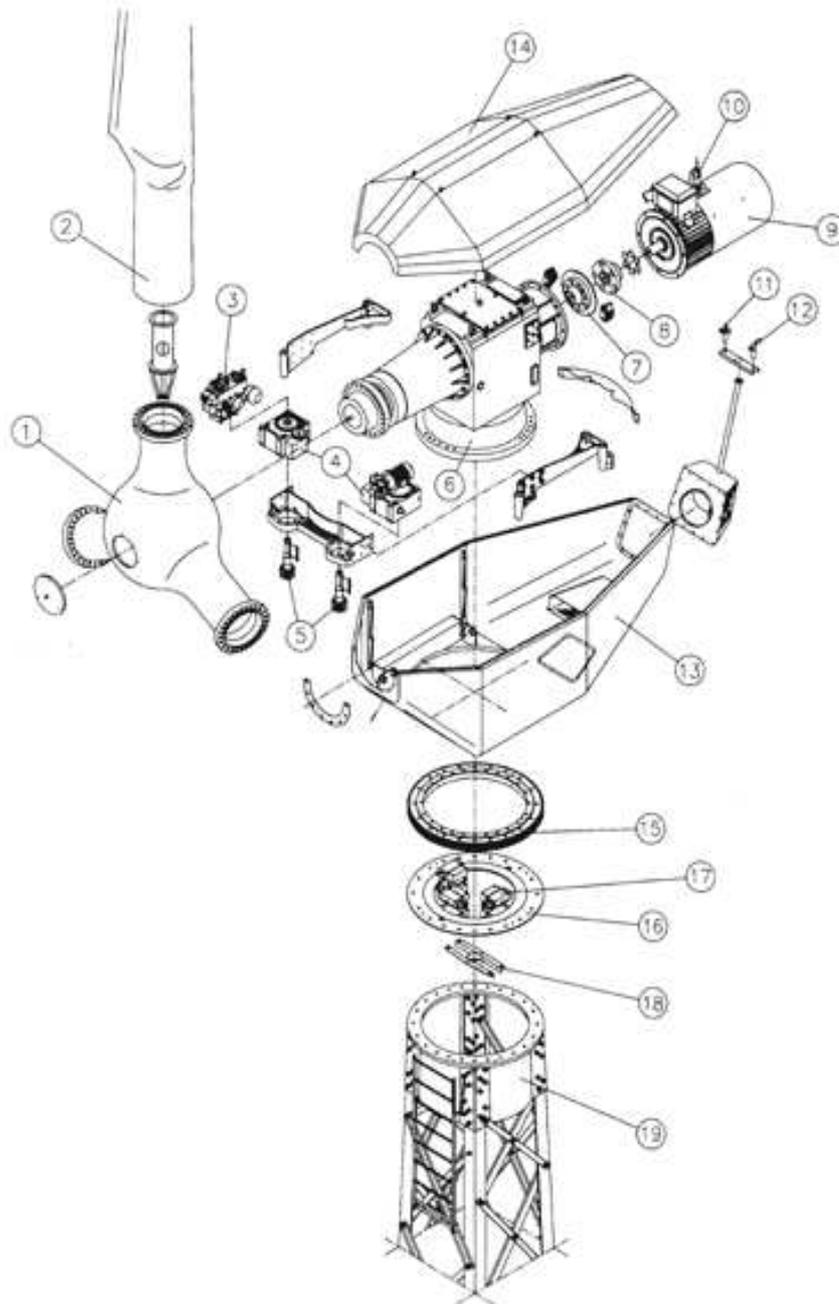


Figura 06 – Componentes de um sistema eólico.

Fonte: [http://www.cresesb.cepel.br/tutorial/tutorial\\_eolica.htm](http://www.cresesb.cepel.br/tutorial/tutorial_eolica.htm)

**Componentes:**

- 1 – Rotor e Cubo do rotor;
- 2 – Pás do rotor;
- 3 – Sistema hidráulico;
- 4 – Sistema de posicionamento da nacela;
- 5 – Engrenagem de posicionamento;
- 6 – Caixa multiplicadora de rotação;
- 7 – Disco de freio;
- 8 – Acoplamento do gerador elétrico;
- 9 – Gerador elétrico;
- 10 – Sensor de vibração;
- 11 – Anemômetro;
- 12 – Sensor de direção;
- 13 – Nacela, parte inferior;
- 14 – Nacela, parte superior;
- 15 – Rolamento do posicionamento;
- 16 – Disco de freio do posicionamento;
- 17 – Pastilhas de freio;
- 18 – Suporte do cabo de força;
- 19 – Torre.

### 3. CAPÍTULO 03 – SISTEMAS DE TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO SEM FIO – WIRELESS E CELULAR

Neste cenário os termos aplicações móveis e aplicações *wireless* são muitas vezes tratados como sinônimos, quando na realidade não o são.

O conceito de mobilidade pode ser entendido de várias maneiras. As aplicações iniciais de sistemas celulares visavam prover telefones para automóveis e estavam associados á dispositivos em movimento durante a comunicação. Hoje em dia a idéia de mobilidade em sistemas celulares está associada á possibilidade de se comunicar a qualquer momento (*anytime*) e de qualquer lugar (*anywhere*). *Wireless*, por sua vez, se refere à transmissão de voz e dados através de ondas de rádio, ou seja, a comunicação sem fio (DORMAN, 2001). A tabela 01 a seguir apresenta exemplos que ajudam a explicitar estas diferenças.

Tabela 01 – Exemplos de dispositivos, wireless e móveis

APLICAÇÕES		EXEMPLOS DE DISPOSITIVOS
WIRELESS	MÓVEIS	
xx	xx	Telefones Celulares
--	xx	PDA's convencionais
xx	--	Computador em rede local wireless no escritório
--	--	Computador em rede local com fio

Sistemas de transmissão sem fio – *wireless* define como sendo a comunicação sem cabos ou fios que se utilizam de ondas eletromagnéticas como meio de propagação para estabelecer a comunicação entre dois pontos ou dispositivos. O termo é empregado normalmente na indústria de telecomunicações para definir sistemas de comunicação a distância (por exemplo, transmissores e receptores de rádio, controles remotos, redes de computadores, etc) que utilizam alguma forma de energia eletromagnética (ondas de rádio, luz infravermelha, *laser*, ondas sonoras, etc.) para transmitir informação sem o uso de fios (DORMAN, 2001).

*Wireless* é um sistema de transmissão de informações flexível que pode ser utilizado como alternativa para as redes que se utilizam dos cabos (FROBASE, 2001).

Toda a comunicação feita através de uma rede sem fio é baseada no seguinte princípio: quando os elétrons se movem, criam ondas eletromagnéticas que podem se propagar através do espaço livre. O número de oscilações por segundo de uma onda eletromagnética é chamado de frequência que é medida em Hz. Quando se instala uma antena com o tamanho apropriado, as ondas eletromagnéticas podem ser transmitidas e recebidas com eficiência por receptores localizados a uma distância que depende de vários fatores, como por exemplo: frequência, potência do transmissor, etc. (TANEMBAUM, 1997).

### 3.1 Tecnologias empregadas

Há várias tecnologias envolvidas nas redes sem fio e cada uma tem suas particularidades, suas limitações e suas vantagens, às tecnologias de redes wireless, são especificadas de acordo com a área de abrangência, frequências, taxas de transmissão e aplicação, conforme a figura 07.

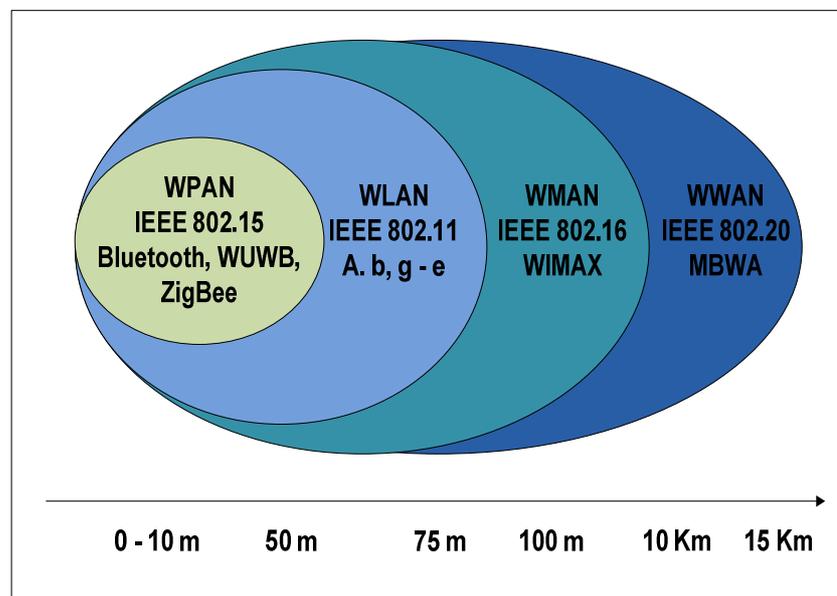


Figura 07 – Alcance das redes wireless - Tecnologias de rede wireless

Fonte: SCHWEITZER, 2006.

A tabela 02 expõe alguns padrões e as características principais das redes *wireless* e celular, como frequência, área de alcance e taxa de transmissão, sendo que os valores apresentados são aproximados, pois variam conforme o fabricante do equipamento aplicado na rede, bem como as condições do ambiente onde estas tecnologias são aplicadas.

Tabela 02 – Padrões IEEE – Tecnologias de rede wireless

Fonte: SCHWEITZER, 2006.

<b>Padrão IEEE</b>	<b>Frequência</b>	<b>Alcance</b>	<b>Taxa</b>
802.15.1 (Bluetooth)	2.4GHz	< 10m	723 Kbps
802.15.3 (UWB)	2.4GHz	30-50m	10-55 Mbps
802.15.3 <sup>a</sup>	3.1 - 10.6 GHz	< 10m	110 - 480 Mbps
802.15.4 (Zig Bee)	868 MHz, 915 MHz, 2.4 GHz	10 - 75m	20 - 250 Kbps
802.11 <sup>a</sup>	5 GHz	< 50 m	6 - 54 Mbps
802.11b	2.4 GHz	< 100 m	2 - 11 Mbps
802.11g	2.4 GHz	< 100 m	20 - 54 Mbps
802.11i	2.4 GHz	< 100 m	20 - 54 Mbps
802.16 (WIMAX)	10 - 66 GHz	= 10 km	60 - 100 Mbps
802.16e	2 - 6 GHz	= 10 km	70 Mbps
802.20	2 - 6 GHz	= 15 km	70 Mbps
Celular (FDMA, TDMA, CDMA,GSM e suas Evoluções	900, 1700, 1800 MHz	= sem limite, depende da rede	4,8 Mbps

A seguir, são apresentadas algumas das mais empregadas.

### 3.2 Sistema Móvel Celular

Os sistemas móveis foram concebidos no final dos anos 40 e o conceito de um sistema celular, utilizando a redução geográfica do alcance, para permitir o reuso de espectro de frequências foi proposto inicialmente na década de 1950 pelo *Bell Labs* para aplicação em um sistema de comunicações móveis.

Entretanto, a necessidade de interconectar usuários do sistema móvel servidos por diferentes transceptores (estações rádio base) e usuários do sistema móvel a usuários do sistema fixo, implicava num sistema de controle que requeria grande capacidade de computação, inclusive no terminal móvel (unidade do usuário). Assim, embora extremamente bem concebido, o sistema não era implementável com a tecnologia disponível na época (BERNAL, 2002).

A FCC – *Federal Communication Commission*, órgão americano regulamentador de telecomunicações, em uma regulamentação de 22 de Junho de 1981 definiu o sistema celular como: “Um sistema móvel terrestre de alta capacidade no qual o espectro alocado é dividido em canais que são alocados, em grupos, a células que cobrem determinada área geográfica de serviço. Os canais podem ser reusados em células diferentes na área de serviço” (LEE, 1989).

A idéia do conceito celular constitui-se basicamente na substituição do transmissor único de alta potência (responsável pela cobertura de uma grande área) por vários transmissores de baixa potência, cada um provendo cobertura a uma pequena região (célula) da área total. A cada uma dessas estações base é alocada uma porção do número de canais disponíveis para todo o sistema. Às estações base são alocados diferentes grupos de canais, de forma que todos os canais disponíveis no sistema são alocados a um determinado número de estações vizinhas.

A alocação de canais para as estações base vizinha é feita de forma que a interferência entre estações base (e entre usuários móveis) seja minimizada. Através do espaçamento sistemático das estações base bem como dos grupos de canais, os canais disponíveis serão distribuídos através da região geográfica e poderão ser reusadas quantas vezes forem necessárias, desde que a interferência entre estações cocanal (estações que possuem grupos de canais em comum) seja mantida a níveis aceitáveis (BARBOSA, 2002).

Bernal (2002) fala, essa idéia é antiga: a primeira proposta de sistema celular foi da Bell, feita à FCC, em 1971. Mas o desenvolvimento da idéia é ainda anterior, não posta em prática pela complexidade do sistema de controle. Sua execução foi viabilizada pelo uso de microprocessadores nos terminais (móveis e fixos) e, em outubro de 1983, o primeiro sistema celular foi posto em operação, em Chicago, pela AT&T.

## **Um sistema celular básico é composto de:**

### **CCC – Central de Comutação e Controle ou em inglês MSC – Mobile**

**Switch Center:** É o coração de um sistema celular, responsável pela validação dos assinantes, processamento de chamadas, interface com a rede fixa de telefonia, interface com outras CCC's sejam elas de outra operadora ou não, geração de bilhetes das chamadas, gerenciamento de hand-off (passagem do móvel de uma célula para outra), monitoração de alarmes das Estações Rádio Base – ERBs ,entre muitas outras funções .

### **A CCC pode ser descrita nos seguintes blocos:**

**Matriz de Comutação** – É igual a uma central telefônica comum. Ela é responsável pela interconexão com a rede fixa e a comutação entre os terminais móveis;

**BSC (Base Station Controller)** – É a parte da CCC responsável pelo gerenciamento das ERBs. Através do BSC a CCC tem o status de todas as ERBs do sistema, como por exemplo, alarmes e configurações;

**Gerenciador de Mobilidade** – Está incluída dentro do BSC. É a parte responsável pelos hand-off dentro do sistema. O gerenciador de mobilidade recebe continuamente dados de cada móvel (através do canal de sinalização) como nível de sinal recebido, taxa de erro de quadro, e decide para qual ERB o móvel deve efetuar o hand-off;

**HLR (Home Location Register)** – É à base de dados dos assinantes da área de serviço de uma CCC. Em algumas arquiteturas podemos ter HLR contendo a base de dados de mais de uma CCC, sendo acessada toda vez que uma chamada é requisitada;

**VLR (Visit Location Register)** – Similar ao HLR possui um cadastro dinâmico dos assinantes, tanto dos locais quanto dos visitantes;

**Transcoder** – Algumas centrais trabalham com canais de voz entre a CCC e a ERB de 16Kbps. Como as interconexões com as outras operadoras de telefonia fixa, longa distância e celular são feitas via canais PCM de 64Kbps, é necessário o transcoder para fazer a conversão entre estas taxas.

**PTS** – Ponto de Transferência de Sinalização. É responsável pelo gerenciamento da sinalização entre a central celular e as outras centrais. Com o surgimento do protocolo de sinalização por canal comum #7 (SS7), os canais de voz e sinalização passaram a seguir caminhos independentes. Há uma rede nacional de nós PTS interligada para que as centrais possam estabelecer as rotas para se completar uma chamada enquanto o usuário está digitando os números do telefone desejado.

**Dependendo dos serviços oferecidos por uma operadora, a CCC pode conter ainda outros equipamentos:**

- Gateways para interface entre celulares WAP e aplicações internet (serviços de notícias, geo-localização, e-mails, m-commerce, etc.)
- Plataformas de gerenciamento de assinantes do serviço pré-pago.
- Plataformas de serviço de correio de voz (voice mail)

**ERB – Estação Rádio Base.** É o equipamento encarregado da comunicação com as estações móveis em uma determinada área que constitui uma célula. É a ERB quem se comunica com o assinante através da interface aérea escolhida (CDMA, TDMA, GSM, etc.), e com a CCC através de canais PCM de voz e sinalização. Podemos dizer que a ERB é um prolongamento da CCC.

**EM – Estação móvel ou em inglês MS – Mobile Station:** constitui-se basicamente em um transceptor portátil de voz / dados, desenvolvido para comunicar-se com os rádios das estações base em qualquer dos canais alocados. Opera em modo full-duplex, possuindo um caminho de ida e um de retorno em relação à estação base, que são os links reversos (móvel para base) e diretos (base para móvel). Além da comunicação de voz, a estação móvel também se comunica com a estação base através de suas funções de controle e sinalização.

**RTPC** – Rede de telefonia pública comutada, que suportam os telefones fixos e interligam com as CCC's dos diversos prestadores de serviços em telefonia móvel (ALENCAR, 2001).

Abaixo um desenho de um sistema de celular básico conforme figura 08.

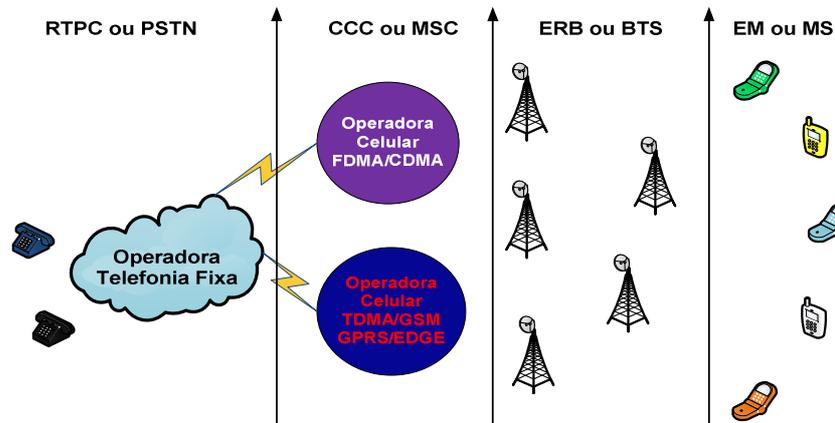


Figura 08 – Estrutura de um sistema celular básico

### Evolução das Tecnologias de Telefonia Celular e sua Geração.

A evolução das Gerações de sistemas celulares apresentadas a seguir até 3G. Padrões de tecnologia utilizados pelas redes de celular tais como: AMPS, TDMA, CDMA, GSM, GPRS, EDGE, EVDO, WCDMA e HSDPA. A figura 09 a seguir apresenta a evolução dessas tecnologias e a sua relação com o que se convencionou chamar de gerações de tecnologias.

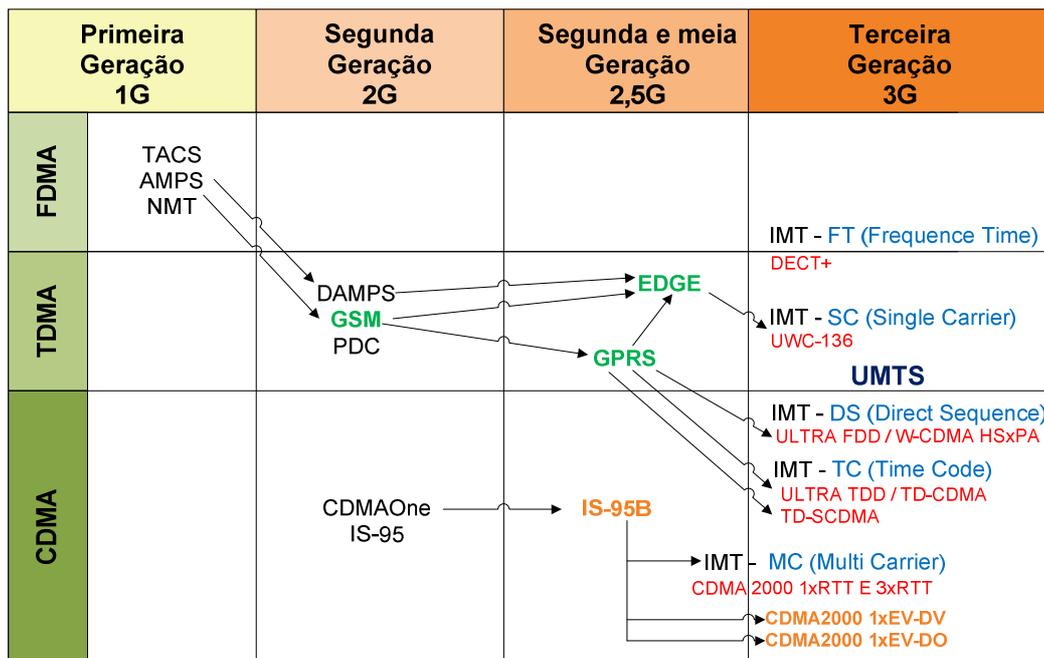


Figura 09 – Evolução das tecnologias Celulares até 3G.

## Sistemas Analógicos:

### 1G – Primeira Geração.

A primeira geração de sistemas móveis celulares (tabela 03) surgiu na década de 80. Antes dessa data, já existiam sistemas de comunicação móvel, mas não eram sistemas baseados em células. A capacidade dessas redes era baixa e o suporte para mobilidade era fraco. Nas redes 1G, a área de cobertura é dividida em pequenas células. Cada célula possui uma frequência de operação, permitindo que se reutilizem frequências ao longo da rede sem que existam interferências entre células. Utiliza técnicas de modulação analógica (AM, FM) e o tráfego previsto para a rede é praticamente de voz. A comunicação de dados é também possível nestes sistemas, mas a maior parte só a utiliza para mensagens de controle devido à baixa capacidade oferecida. Os serviços 1G utilizam ligação orientada à conexão para cada utilizador, dedicando um canal de conversação ao ser estabelecida a chamada (RODRIGUES, 2007).

Tabela 03 – Primeira Geração das Redes Celulares

Fonte: <http://www.itu.int/ITUTELECOM/index.html>

Sistema	Países
NMT-450	Áustria, Andorra, Bélgica, Bulgária, Croácia, República Tcheca, Dinamarca, Estônia, Finlândia, França, Alemanha, Hungria, Indonésia, Itália, Lituânia, Malásia, Holanda, Noruega, Polônia, Romênia, Rússia, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Suécia, Tailândia, Turquia, Ucrânia.
NMT-900	Dinamarca, França, Ilhas Faraó, Holanda, Noruega, Servia, Suécia, Suíça
TACS/ETACS	Áustria, China, Hong Kong, Irlanda, Itália, Japão, Kuwait, Macao, Malásia, Malta, Singapura, Filipinas, Espanha, Siri Lanka, Emirados Árabes Unidos e Inglaterra.
AMPS	Argentina, Austrália, Brasil, Brunei, Cambodia, Canadá, China, Geórgia, Guiana, Hong Kong, Indonésia, Malásia, México, Mongólia, Nova Zelândia, Paquistão, Filipinas, Rússia, Singapura, Coréia do Sul, Tailândia, Estados Unidos e etc.
C-NETZ	Alemanha, Portugal e África do Sul.
Radicom2000	França.

Na primeira geração nenhuma tecnologia se tornou dominante. De todas as que estavam disponíveis no mercado, as que obtiveram maior sucesso foram o NMT (Nordic Mobile Telephone), TACS (Total Access Communications System) e o AMPS (Advanced Mobile Phone Service). Outras tecnologias foram desenvolvidas para atender especificamente aos requisitos de cada país conforme mostrado na tabela acima (RODRIGUES, 2007).

O crescimento da utilização de sistemas celulares levou a necessidade do aumento da capacidade destes motivando o desenvolvimento dos sistemas digitais de segunda geração.

### Sistemas Digitais:

#### 2G – Segunda Geração.

Os sistemas de segunda geração (Figura 10) utilizam técnicas de modulação digital para transmissão via rádio. A grande diferença relativamente às redes 1G prende-se principalmente na evolução analógico/digital e conseqüentemente pelas novas aplicações possíveis graças ao aumento da taxa de bit. Um canal de frequência é agora partilhado por vários utilizadores, por TDMA, CDMA e GSM, e é introduzido um novo sistema hierárquico de células: as macro-cells, as micro-cells e as pico-cells (HÉLIO, 1997).

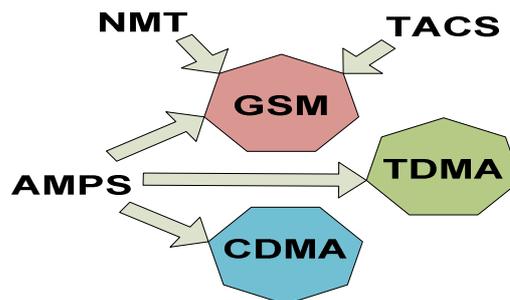


Figura 10 – Opção de evolução das várias redes 1G

#### Sistemas como o TDMA IS-136, CDMA (IS-95-A) e GSM.

**TDMA IS-136** – A solução TDMA surgiu como uma opção que mantinha compatibilidade com a arquitetura e canalização utilizada pelos sistemas AMPS tendo sido inicialmente chamada de DAMPS ou Digital AMPS. O TDMA (IS-136) foi padronizado pela TIA (Telecommunications Industry Association).

O AMPS e o TDMA (IS-136) apresentam, portanto, a mesma arquitetura básica apresentada na figura 11 a seguir.

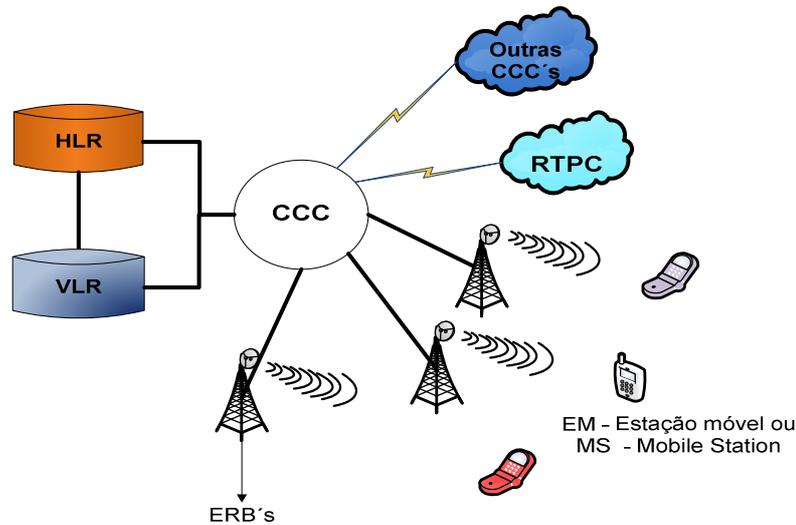


Figura 11 – Arquitetura AMPS/TDMA

Quando os sistemas digitais de segunda geração (CDMA e TDMA) foram implantados, o AMPS passou 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. No Brasil todas as operadoras de Banda A mantém canais AMPS em toda a sua área de cobertura, de modo a garantir o roaming nacional para todos os assinantes (TUDE, 2007)

**CDMA ou IS-95** – Code Division Multiple Access é um padrão digital de segunda geração do celular desenvolvido nos Estados Unidos. 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.

A família de normas da TIA IS-95 da Telecommunications Industry Association dos Estados Unidos padronizou os sistemas celulares digitais de segunda geração conhecidos popularmente como CDMA, ou cdmaOne e que são baseados no IS-95. Esta tecnologia foi em grande parte desenvolvida pela empresa americana Qualcomm (CUNHA, 2006).

O CDMA tem a estrutura básica dos sistemas celulares e oferece as mesmas funcionalidades básicas associadas à mobilidade como roaming e handover entre células. A arquitetura básica de um Sistema Celular CDMA (IS-95) é apresentada na figura 12.

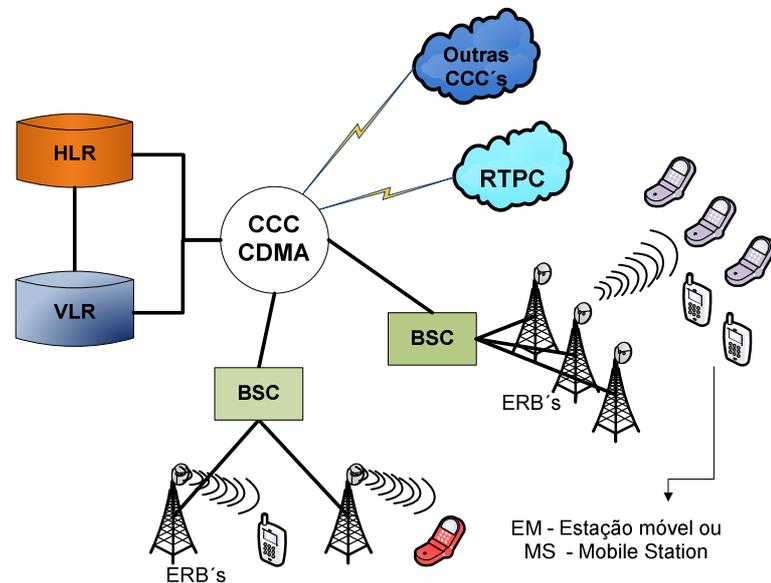


Figura 12 – Arquitetura CDMA

Diferente dos demais sistemas onde o múltiplo acesso de vários terminais a uma mesma ERB é feito alocando uma frequência para cada terminal (AMPS), ou compartilhando uma mesma faixa de frequência, mas transmitindo em tempos diferentes (TDMA), no CDMA o acesso múltiplo de canais que compartilham uma mesma banda de frequências é feito pela utilização de códigos diferentes pelos vários terminais. A informação é extraída destes canais conhecendo-se a chave específica com a qual cada canal é codificado (GARG, SMOLIK, e WILKES, 1997).

O CDMA utiliza a técnica de “Spread Spectrum” na qual o sinal de informação é codificado utilizando-se uma chave de código que provoca o seu espalhamento espectral em uma banda transformando-o aparentemente em ruído. Os sistemas CDMA (IS-95) oferecem além dos serviços de telefonia (voz) dezenas de serviços suplementares, tais como identificação do número chamador, chamada em espera, siga-me e conferência (ROSENBERG, e KEMP, 2003).

O Serviço de Mensagens Curtas (SMS) tem suporte do IS-41 para assinantes em roaming.

Os Serviços de Mensagem Multimídia (MMS) que permitem aos assinantes móveis enviar fotos, vídeos e áudio, assim como o acesso a Internet têm sido os motivadores para a evolução dos sistemas CDMA no sentido de oferecerem conexões de dados com altas taxas.

Esta evolução para serviços de terceira geração com taxas de dados de até 2Mbps vem sendo padronizada pelo 3rd Generation Partnership Project 2 (3GPP2) e mantém a compatibilidade com os sistemas IS-95 e sua estrutura de canais de RF de 1,25MHz. Estão sendo desenvolvidos os seguintes padrões conforme a figura 13 (ETEMAD, 2004).

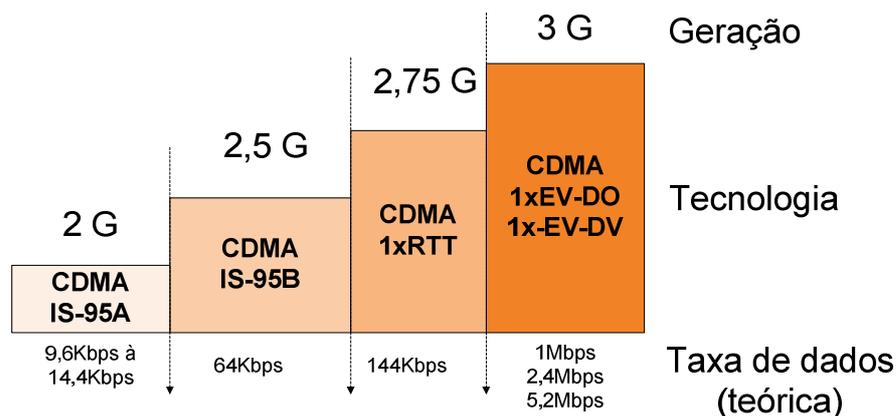


Figura 13 – Evolução CDMA

\* CDMA2000 1X= CDMA/IS-95-C, CDMA 1xRTT ou cdma2000 1x.

**GSM** – Global System for Mobile Communication é um padrão digital de segunda geração do celular desenvolvido na Europa e adotado na maior parte do mundo. Desenvolvido inicialmente para a faixa de 900 MHz, o GSM teve posteriormente uma versão adaptada para as faixas de 1800 e 1900 MHz (ALENCAR, 1998).

O GSM tem a estrutura básica dos sistemas celulares e oferece as mesmas funcionalidades básicas dos demais sistemas celulares associadas à mobilidade como roaming e handover entre células (YACOUB, 1993).

A arquitetura de referência de um sistema GSM é apresentada na figura 14 a seguir.

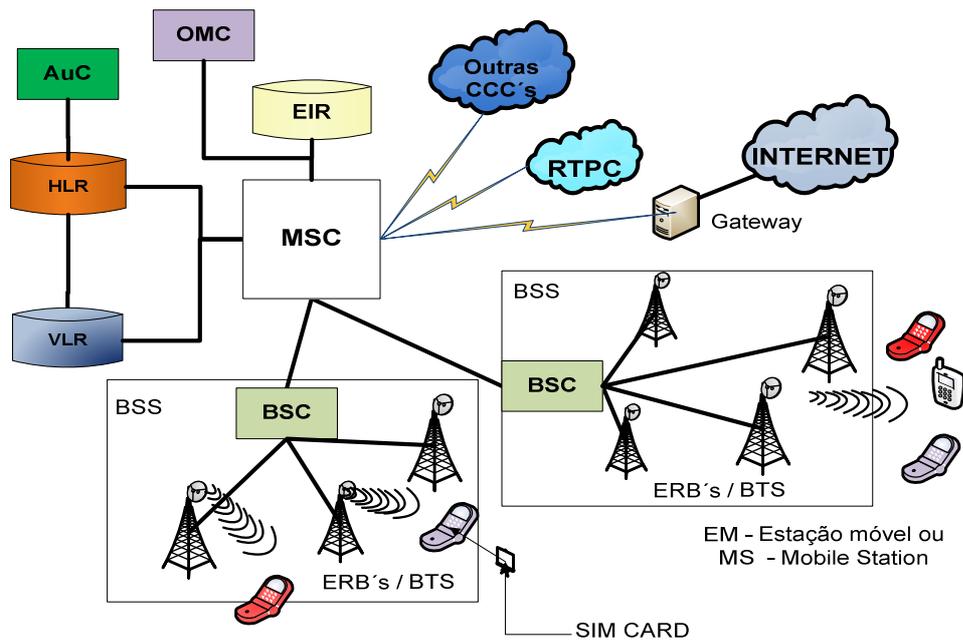


Figura 14 – Arquitetura de referência de um sistema GSM

**Arquitetura GSM** – É apresentado a seguir uma breve definição da arquitetura GSM (ALENCAR, 2004).

**Mobile Station (MS)** - Ou Estação Móvel (EM) é o terminal utilizado pelo assinante quando carregado com um cartão inteligente conhecido como SIM Card ou Módulo de Identidade do Assinante (Subscriber Identity Module). Sem o SIM Card a Estação Móvel não está associada a um usuário e não pode fazer nem receber chamadas. Uma vez contratado o serviço junto a uma operadora o usuário passa a dispor de um SIM card que ao ser inserido em qualquer terminal GSM faz com que este passe a assumir a identidade do proprietário do SIM Card. No Brasil ele tem sido chamado pelas operadoras de OiChip e TIM Chip.

O SIM card armazena entre outras informações um número de 15 dígitos que identifica unicamente uma dada Estação Móvel denominado IMSI ou Identidade Internacional do Assinante Móvel (International Mobile Subscriber Identity). Já o terminal é caracterizado por um número também com 15 dígitos, atribuído pelo fabricante, denominado IMEI ou Identidade Internacional do Equipamento Móvel (International Mobile Station Equipment Identity).

**Base Station System (BSS)** – É o sistema encarregado da comunicação com as estações móveis em uma determinada área. É formado por várias Base Transceiver Station (BTS) ou ERBs, que constituem uma célula, e um Base Station Controller (BSC), que controla estas BTS's.

**Mobile-Services Switching Centre (MSC)** – Ou Central de Comutação e Controle (CCC) é a central responsável pelas funções de comutação e sinalização para as estações móveis localizadas em uma área geográfica designada como a área do MSC.

A diferença principal entre um MSC e uma central de comutação fixa é que a MSC tem que levar em consideração a mobilidade dos assinantes (locais ou visitantes), inclusive o handover da comunicação quando estes assinantes se movem de uma célula para outra. O MSC encarregado de rotear chamadas para outros MSCs é chamado de Gateway MSC.

**Home Location Register (HLR)** – Ou Registro de Assinantes Locais é a base de dados que contém informações sobre os assinantes de um sistema celular.

**Visitor Location Register (VLR)** – Ou Registro de Assinantes Visitantes é a base de dados que contém a informação sobre os assinantes em visita (roaming) a um sistema celular.

**Equipment Identity Register (EIR)** – Ou Registro de Identidade do Equipamento é a base de dados que armazena os IMEIs dos terminais móveis de um sistema GSM.

**Operational and Maintenance Center (OMC)** – Ou Centro de Operação e Manutenção é a entidade funcional através da qual a operadora monitora e controla o sistema.

**Authentication Center (AUC)** – Ou Centro de Autenticação é responsável pela autenticação dos assinantes no uso do sistema. O Centro de Autenticação está associado a um HLR e armazena uma chave de identidade para cada assinante móvel registrado naquele HLR possibilitando a autenticação do IMSI do assinante. É também responsável por gerar a chave para criptografar a comunicação entre MS e BTS.

## **Serviços GSM**

As especificações do GSM procuraram de início reproduzir na rede móvel os serviços que estariam disponíveis na rede fixa através da ISDN (Rede Digital de Serviços Integrados) padronizada pela UIT. A estrutura flexível dos canais físicos do GSM bem como a utilização do protocolo SS7 facilitaram a introdução destes serviços que foram divididos nos grupos apresentados a seguir (FIORESE, 2005)

**Bearer Services** – Serviços de transporte de dados usados para conectar dois elementos de uma rede como acesso ao X.25 com taxas de dados de 2.4 a 9.6Kbps.

**Teleservices** – Serviços de comunicação entre dois assinantes como telefonia, serviço de mensagens curtas (SMS) e Fax.

**Serviços Suplementares** – As redes GSM suportam dezenas de serviços suplementares, tais como identificação do número chamador, chamada em espera, siga-me e conferência.

A padronização do GSM tem avançado na definição de outros serviços adicionais. O SMS e estes outros serviços são normalmente implementado utilizando-se gateways entre a BSC e o MSC como apresentado na figura a seguir. A comunicação com outros elementos da Rede GSM, tais como MSC, HLR e EIR, é sempre baseada no protocolo MAP com suporte do SS7.

**Serviços de Localização** – Os serviços de localização padronizados para o GSM permitem estimar com precisão a localização da estação móvel servindo de base para vários serviços oferecidos ao assinante.

A Rede GSM é uma rede otimizada para voz que é a sua principal aplicação. Inicialmente suas especificações procuraram reproduzir na rede móvel os serviços de dados que estariam disponíveis na rede fixa através da ISDN (Rede Digital de Serviços Integrados) padronizada pela UIT.

A estrutura flexível dos canais físicos do GSM bem como a utilização do protocolo SS7 facilitaram a introdução de serviços como SMS (Serviço de Mensagens Curtas), Fax e transporte de dados com taxas de 2.4 a 9.6Kbps. O crescimento das aplicações de dados como acesso a internet, email, entretenimento, levou a necessidade de desenvolver soluções que permitissem o transporte de dados a taxas maiores (FIORESE, 2005).

## **2,5 G – Segunda e meia Geração**

Sistemas celulares que oferecem serviços de dados por pacotes e sem necessidade de estabelecimento de uma conexão (conexão permanente) a taxas de até 144 Kbps. É um passo intermediário na evolução para 3G. Os principais sistemas são o GPRS, EDGE, e extensões do CDMA. A geração 2,5 G normalmente designa sistemas que evoluíram a partir, dos sistemas 2G e que começaram a oferecer sérias soluções de comunicação de dados.

Num sistema GSM denominam-se por 2,5G as tecnologias:

- HSCSD – High-Speed Circuit-Switched Data
- GPRS – General Packet Radio Services
- EDGE – Enhanced Data Rates for Global Evolution

Num sistema DAMPS ou TDMA a evolução para uma tecnologia 2,5 inclui a migração para:

- GPRS – General Packet Radio Services
- EDGE – Enhanced Data Rates for Global Evolution

Num sistema CDMA considera-se uma tecnologia 2,5G:

- IS-95B (versão atualizada do protocolo original)
- CDMA2000 1xRTT

A maior limitação da tecnologia GSM são as baixas taxas de dados. O sistema básico fornece 9.6Kbps e mais tarde uma nova versão (pouco implementada) oferecem 14.4Kbps. O HSCSD veio acelerar um pouco o sistema inicial. Em vez de utilizar uma slot de tempo, um terminal pode utilizar várias slots para conexão de dados. Os sistemas comerciais existentes permitem a utilização de 4 slots no máximo, oferecendo uma taxa até 38.4Kbps ou 57.6Kbps dependendo da versão original. Esta melhoria apenas necessita de um upgrade em nível de software e é claro novos terminais móveis.

Outro upgrade ao sistema GSM chama-se GPRS. O sistema GPRS não suporta todas as aplicações possíveis no HSCSD. Por exemplo: GPRS tem piores desempenhos em relação a aplicações em tempo-real. Mas tem vantagens, a taxa de dados aumentou para os 115Kbps em condições ótimas de link utilizando 8 slots de tempo. Um aspecto muito importante do GPRS é a utilização de técnicas de comutação de pacotes em vez da tradicional comutação de circuitos. Assim, apesar de possibilitar a utilização de 8 slots de tempo, permite também libertá-los caso não estejam a ser utilizados mesmo que a conexão continue ativa. O GPRS é ideal para aplicações que não necessitem de “cuidados” em tempo real já que não garante tempos mínimos de atraso. Destaca-se para aplicações de acesso à internet, e-mail ou dados (ETSI, GSM 03.60, 2007).

**GPRS** – (*General Packet Radio Service*) é um novo serviço de valor agregado não baseado em voz que permite o envio e recepção de informações através de uma rede telefônica móvel. Ele suplementa as tecnologias atuais de CSD (*Circuit Switched Data*) e SMS (*Short Message Service*). Permite a estação móvel uma conexão a Internet sem a necessidade de se estabelecer uma chamada telefônica (*always on*). Este serviço pode utilizar até os 8 time slots de uma canal GSM de 200 kHz o que implica em uma taxa que teoricamente poderia chegar a 115 Kbps (ETSI, GSM 03.03, 2007). GPRS tem várias características específicas que podem ser resumidas em:

**Velocidade** – taxas de transferência teóricas de até 171.2Kbps são possíveis com GPRS usando todos os oito timeslots ao mesmo tempo. Isso é uma taxa de transferência próxima de três vezes mais rápida do que as possíveis nas redes de telecomunicações fixas e dez vezes mais que os atuais serviços de CSD nas redes GSM.

**Disponibilidade Imediata** – GPRS facilita conexões instantâneas pois a informação pode ser enviada ou recebida imediatamente conforme a necessidade do usuário. Não há necessidade de conexões dial-up através de modems. Algumas vezes, diz-se que os usuários de GPRS estão “sempre conectados”. Disponibilidade imediata é uma das vantagens de GPRS (e SMS) quando comparado com CSD.

**Novas e melhores aplicações** – GPRS facilita muitas novas aplicações não disponíveis através das redes GSM, dadas as limitações na taxa de transferência dos CSD's (9.6Kbps) e do tamanho da mensagem no SMS (160 caracteres). Essas aplicações, descritas posteriormente nesse artigo, vão desde navegação na Web até transferência de arquivos para automação de residências – a habilidade de acessar e controlar remotamente os equipamentos e recursos disponíveis em uma casa.

**Acesso ao Serviço** – Para usar GPRS, os usuários precisam especificamente de:

- Um telefone móvel ou terminal que suporte GPRS (telefones GSM existentes não suportam GPRS);
- Uma assinatura em uma rede de telefonia móvel que suporte GPRS;
- Ter o uso de GPRS habilitado.
- Acesso automático ao GPRS pode ser permitido por algumas operadoras; outras poderão requerer uma opção específica de adesão;
- Conhecimento de como enviar e receber informações através do GPRS usando seu aparelho telefônico, incluindo configurações de hardware e software, o que cria a necessidade de um serviço de atendimento ao cliente;
- Um destino para enviar ou um local de onde receber informações através do GPRS.

As principais características do GPRS são (ETSI, GSM 09.02, 2007):

- Taxa de transporte de dados máxima de 26 a 40Kbps, podendo chegar na teoria a 171.2Kbps.
- Conexão de dados sem necessidade de se estabelecer um circuito telefônico, o que permite a cobrança por utilização e não por tempo de conexão e faz com que o serviço esteja sempre disponível para o usuário (*always on*).
- Implantação implica em pequenas modificações na infra-estrutura instalada, o que facilita a sua adoção pelos operadores de GSM. Padronizado para transporte de dados definidos pelos protocolos IP e X.25.

A implantação do GPRS em uma rede GSM apresenta a arquitetura apresentada na figura 15 a seguir.

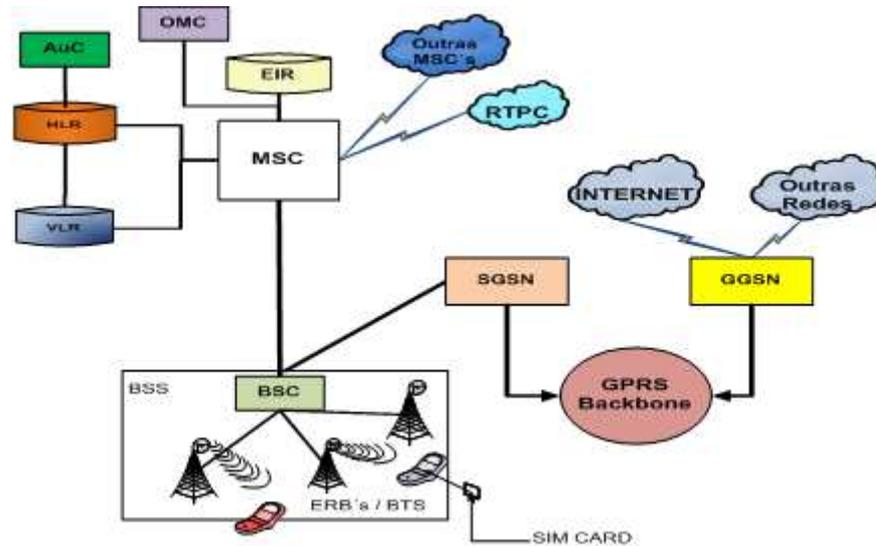


Figura 15 – Arquitetura de referência de um sistema GSM com GPRS

As principais modificações em uma rede GSM de forma a suportar o GPRS são:

- Estação Móvel – Serão necessárias estações novas.
- BTS – Atualização de software, possível aumento de capacidade pela ativação de mais canais para suportar um aumento do tráfego na célula.
- BSC – Atualização de software e introdução de um novo hardware o Packet Control Unit (PCU) responsável por separar o tráfego comutado a circuito proveniente da Estação móvel do tráfego de dados comutado a pacotes do GPRS.

As atualizações dos demais elementos da Rede GSM ocorrem em nível de software. Os novos elementos a serem introduzidos de modo a formar a rede GPRS são os seguintes Nós de Suporte (ETSI, GSM 09.60, 2007):

- Serving GPRS Support Node (SGSN), cuja principal responsabilidade é manter a conexão lógica dos usuários móveis quando eles passam da área de cobertura de uma célula para outra (handover).
- Gateway GPRS Support Node (GGSN) que permite a conexão com a internet e outras redes de dados.

- Estes nós estão conectados a um backbone GPRS do qual fazem parte outros SGSNs e GGSNs e um gateway para o Sistema de Billing.

É possível desta forma oferecer 48Kbps por slot de tempo o que possibilitaria o oferecimento de conexões IP de até 384Kbps. Esta solução mantém a estrutura básica de canalização do GSM implicando na instalação de transceptores com modulação 8 BPSK para os canais de RF dedicados a esta aplicação.

**GPRS Protocolos** – Apresenta-se a seguir os protocolos utilizados na transferência de informação do usuário através da rede GPRS. Esta estrutura de protocolos é denominada pelas especificações do GPRS de plano de transmissão.

As especificações do GPRS padronizaram o plano de transmissão para suportar serviços de dados IP e X.25 (ETSI, GSM 09.60, 2007).

**GPRS Terminais** – Para ter acesso ao GPRS é necessário ter um terminal que suporte este serviço.

A conexão de um terminal a uma rede GPRS é feita através dos seguintes passos:

- Um terminal GPRS, ao ser energizado, será reconhecido pela rede de forma semelhante ao que ocorre com um terminal GSM para voz. Então é criado um enlace lógico entre o terminal e o SGSN.
- O próximo passo é conseguir um endereço IP estabelecendo uma conexão em GPRS, através da ativação do contexto do Packet Data Protocol. Este endereço IP é normalmente dinâmico sendo fornecido pela operadora móvel ou outro operador dependendo de como está configurada a rede.
- O Terminal GPRS está então pronto para enviar e receber pacotes. Ele pode então assumir os seguintes estados de forma a economizar energia: Idle (ocioso), Ready (pronto) em que ele pode enviar e receber pacotes instantaneamente ou stand-by.

Apresenta-se a seguir as características principais dos terminais GPRS.

**Classes de Terminais** – As especificações definem três classes de terminais conforme tabela 04:

Tabela 04 – Classes de terminais GPRS

Classe A	Terminais que podem tratar voz e dados ao mesmo tempo.
Classe B	Terminais que podem tratar voz e dados, mas não ao mesmo tempo.
Classe C	Terminais que podem tratar apenas dados, como cartões GPRS PCM/CIA para computadores portáteis.

Devido ao alto custo dos terminais Classe A, a maior parte dos terminais lançados comercialmente é de classe B.

**Interface R** – O terminal GPRS pode ser utilizado diretamente para acesso de dados ou internet utilizando o WAP ou pode ser conectado a outro equipamento, como por exemplo, um microcomputador. Um exemplo de conexão que pode ser utilizada neste caso é o Bluetooth. As especificações do GSM definiram uma interface de referência (R) entre o terminal móvel e o equipamento terminal, quando estes estão fisicamente separados. Foram definidos comandos de atenção (AT), de acordo com a recomendação ITU V.25 (Serial asynchronous dialing and control). A especificação GSM 07.07 descreve o conjunto de comandos AT para terminais GSM.

Para informações sobre como acessar os comandos de terminais individuais, consulte os Software Development Kits (SDKs) que o fabricante dos terminais disponibiliza em seus web sites (ETSI, GSM 09.60, 2007).

**APN** – A conexão entre o operador e uma rede IP externa é feita através de um APN (Access point name). O operador estabelece APNs para as várias redes, sendo um tipicamente definido para a rede pública WAP. O número de APNs suportado por um terminal varia com o modelo e fabricante.

**GPRS – Taxa de dados** – A questão que permeia as vantagens do GPRS e a possível migração para outros sistemas como o EDGE ou WCDMA no futuro é a taxa de dados em uma conexão GPRS.

Esta taxa de dados depende do:

- Esquema de codificação utilizado no canal.
- Número de slots de tempo que o terminal suporta.
- Número de outros usuários de voz e dados na célula

### **A terceira evolução 2.5G do GSM é o EDGE.**

Originalmente era um acrônimo para Enhanced Data-Rates for GSM Evolution mas atualmente traduz Enhanced Data-Rates for Global Evolution já que pode ser utilizada em outros sistemas além do GSM. A idéia base do EDGE é a implementação de uma nova técnica de modulação digital, a 8PSK (Eight-Phase Shift Keying) que permite altas taxas de débito (384Kbps).

EDGE é um upgrade atrativo para redes GSM já que apenas requer o upgrade em nível de software das Estações Base (caso os amplificadores RF suportarem uma técnica de modulação não constante). 8PSK não substitui mas, coexiste com a técnica de modulação utilizada pelo GSM, o GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying). Assim um utilizador, que não necessite de um melhor serviço, pode perfeitamente utilizar os seus terminais GSM sobre uma rede EDGE. Além disso, é obrigatório manter o GMSK, já que o 8PSK só pode ser utilizado eficazmente a curtas distâncias.

Se o EDGE é implementado sobre uma rede GPRS, o que normalmente acontece, então esta combinação é conhecida por EGPRS (Enhanced GPRS). A taxa de dados máxima, utilizando 8 slots de tempo é de 384Kbps. “384Kbps é apenas possível utilizando todos os recursos da portadora e se o Terminal Móvel estiver suficientemente próximo da Estação Base”. ECSD é uma combinação de EDGE com HSCSD e permite taxas 3 (três) vezes superiores às HSCSD.

A combinação entre HSCSD, GPRS e HSCSD permite ainda um sistema potente que pode facilmente competir com as primeiras versões das redes 3G. As redes de segunda geração DAMPS (que utilizem o standard IS-136) suportam a evolução para os sistemas GPRS e EDGE. As alterações na rede são mínimas, com foco nas características de modulação e na implementação de nova codificação e decodificação do sinal, associadas com adaptações do sinal e envio de redundância de informação que aumentam a eficiência da utilização do espectro.

A introdução do EDGE na rede pode ser feita de forma gradual e econômica, onde no primeiro momento será interessante apenas cobrir às áreas com maiores demandas de dados e serviços. Demais áreas podem manter sua cobertura com sinal GSM / GPRS, pois os celulares EDGE poderão também usar esse sinal para a transmissão de voz e dados com menores taxas.

### **EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution)**

O EDGE está relacionado ao aumento da capacidade de transmissão da interface aérea no corrente padrão GSM. A principal idéia é adicionar novas características na rede GSM mantendo compatibilidade com os telefones celulares GSM /GPRS e com os equipamentos da rede (BSS, BSC, TRAU, MSC, SGSN e GGSN). O EDGE implica em pequenas alterações das redes GSM / GPRS atualmente implantadas no mundo, mas exige terminais que tenham suporte a essa tecnologia. O EDGE pode ser inserido de forma gradual na rede de uma operadora, focando áreas com maiores demandas por dados e por serviços avançados.

**O standard IS-95 (CDMA)** fornece 14.4Kbps para transferência de dados. Efetuando o upgrade para a versão IS-95B, é possível fornecer taxas até 64Kbps utilizando canais com código múltiplo. No entanto vários operadores decidiram esperar e migrar para o standard CDMA2000 1xRTT. A primeira versão (Release 0) é normalmente considerada como uma tecnologia 2.5G por apenas permitir taxas até 153Kbps enquanto que a Release A já permite alcançar 307Kbps. Interface aéreo IS-95B e CDMA2000 são compatíveis permitindo uma leve migração de sistemas. Outra solução baseada no IS-95 é o HDR (High Speed Data-Rate). Esta solução é propriedade da QUALCOMM e oferece débitos de 2,4Mbps.

### 3G – Terceira Geração

As comunicações móveis de Terceira Geração definem vários serviços móveis que proporcionam melhorias na qualidade de voz, internet de alta velocidade e serviços multimídia. O ITU (International Telecommunication Union) define e aprova padrões técnicos e de serviço sob o programa IMT-2000. Para ser aprovada como um sistema IMT-2000 (ou mais vulgarmente chamado de sistema 3G), uma tecnologia necessita verificar um conjunto de requisitos obrigatórios:

- Taxas mínimas de 144Kbps (outdoor) ou 2Mbps (indoor).
- Transferência de dados simétricos e assimétricos.
- Transferência adicional de comutação de pacotes obrigatória.
- Suporte para serviços IP.
- Alta qualidade de Voz.
- Alta eficiência espectral.

Sistemas celulares que oferecem serviços de dados por pacotes e taxas de até 2Mbps. Os principais sistemas são o WCDMA e o CDMA 1xEVDO. A evolução do GSM para serviços de terceira geração com taxas de dados de até 2Mbps vem sendo padronizada pelo 3rd Generation Partnership Project (3GPP). Esta evolução exigiu a definição de um novo padrão para a interface entre Estação Móvel e ERB com canais de RF de 5MHz.

Baseado nestas premissas, em 1999 o ITU aprovou 5 (cinco) tecnologias para o interface rádio conforme figura 16:

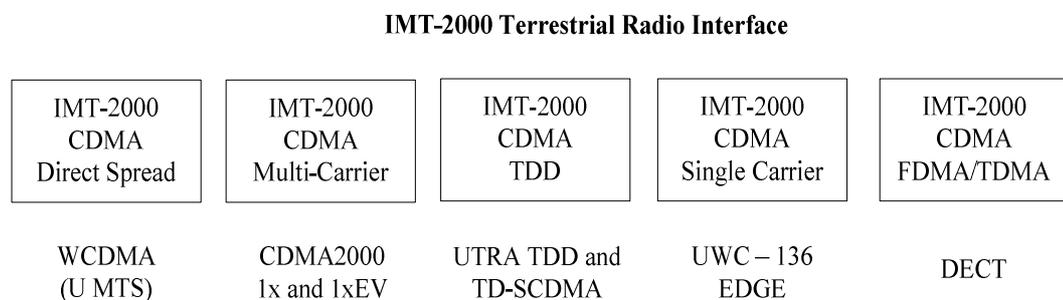


Figura 16 – IMT-2000 Terrestrial Radio Interface Standards

Fonte: IMT2000

### **W-CDMA Wideband-Code Division Multiple Access**

- UMTS Terrestrial Radio Access – Frequency Division Duplexing (UTRA-FDD);
- Foi definida sob o nome técnico de IMT-DS (Direct Spread);
- É a evolução dos sistemas GSM/GPRS (projeto de parceria de 3ª geração 3GPP);
- Versões disponíveis: W-CDMA Release99, W-CDMA Release4 e HSDPA Release5.

### **CDMA2000 Code Division Multiple Access**

- CDMA Multiportadora;
- Foi definida sob o nome técnico IMT-MC (Multi Carrier);
- É a evolução do sistema IS-95 e é promovida pelo projeto de parceria de 3ª geração 3GPP2;
- Versões disponíveis: CDMA2000 1xRTT, 3xRTT, 1xEV-DO e 1xEV-DV.

### **TD-CDMA Time Division - Code Division Multiple Access**

- UMTS Terrestrial Radio Access – Time Division Duplexing (UTRA-TDD);
- É definida sob o nome técnico IMT-TC (Time Code);
- Versões disponíveis: TD-CDMA, TD-SCDMA.

### **EDGE – Enhanced Data-Rates for Global Evolution**

- Single Carrier UWC-136;
- Foi definida sob o nome técnico IMT-SC (Single Carrier);
- Evolução do sistema GSM/GPRS;
- Sem perspectivas de evolução.

### **DECT+**

- FDMA/TDMA
- É definida sob o nome técnico IMT-FT (Frequency Time);
- Evolução do sistema DECT tradicional;
- Sem perspectivas de evolução;

## Algumas considerações para as Redes de Celulares 3G

### Disponibilidade de espectro

O IMT-2000 na WRC2000 alocou frequências para os sistemas móveis celulares possibilitando não só a implantação de novos sistemas como um alinhamento global das frequências utilizadas de modo a facilitar a sua implantação nas várias partes do mundo. A figura 17 a seguir apresenta as frequências alocadas nas principais regiões do mundo.

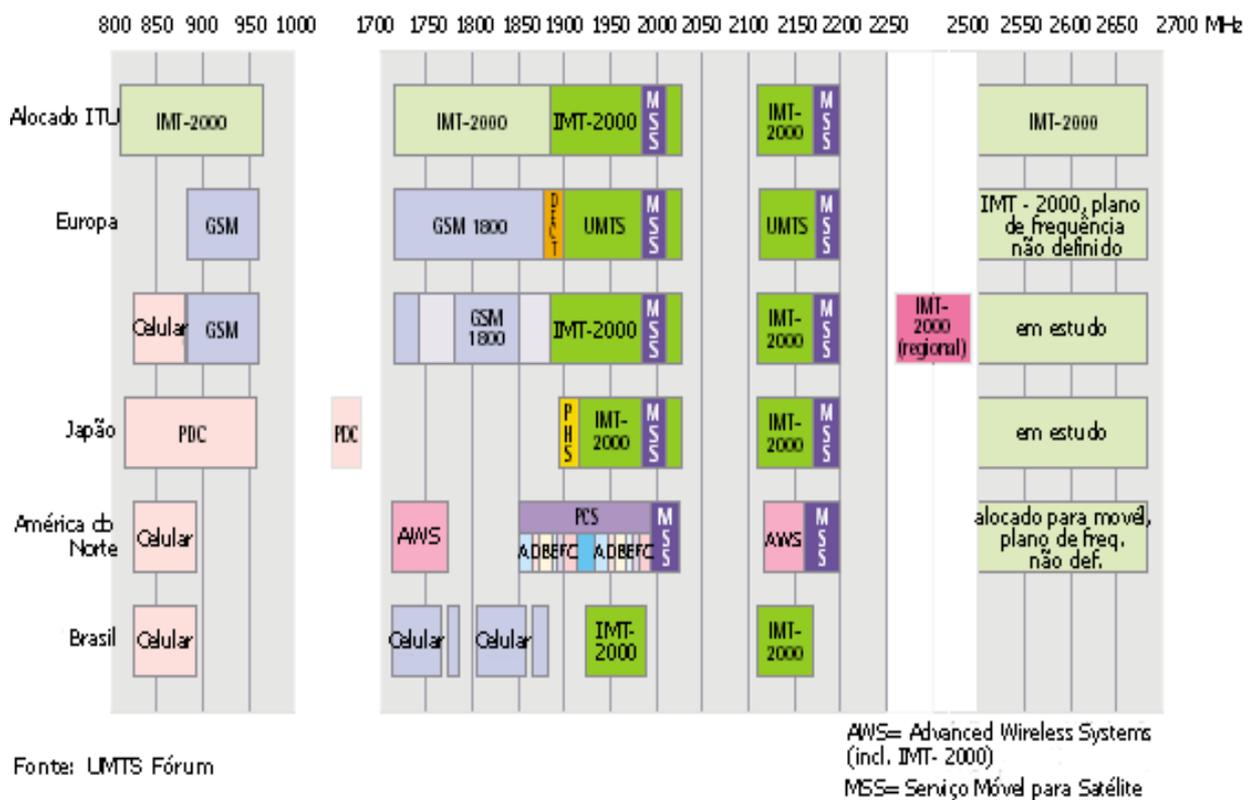


Figura 17 – Frequências no mundo

Fonte: IMT2000

A alocação das frequências de 1,8GHz para as bandas D e E no Brasil teve como objetivo preservar a faixa de 1,9GHz para os sistemas de 3ª Geração.

Este novo espectro denominado UMTS foi objeto de leilões, muitas vezes milionários na Europa. As operadoras de GSM dispõem ainda de estratégias mais graduais de migração para o UMTS, sem aquisição de novo espectro, através da implantação do EDGE.

### 3.3 Outras Tecnologias de Transmissão sem Fio – Wireless

A comunicação *wireless* está presente há um bom tempo no nosso cotidiano, falemos da conexão sem fio mais comum – os controles remotos para TV's, som, DVD, entre outros, utilizam conexão por raios infravermelhos (*InfraRed*). Essa conexão atua em um alcance máximo de 5m aproximadamente, e com ângulo de 45 graus a partir da fonte. Apesar de oferecer conexão, o *InfraRed* trazia a inconveniência de sempre necessitar do alinhamento dos dispositivos, o que criava certa dificuldade para locomoção, além de ter a mesma velocidade de uma porta serial.

Foi então desenvolvida a tecnologia conhecida como *Bluetooth*. Essa tecnologia atua em um raio de 10m, com uma velocidade maior que o *InfraRed*, utilizando a rádio frequência. Com *Bluetooth*, o sinal se propaga em todas as direções, não necessita alinhamento e torna a locomoção mais fácil.

Os padrões de velocidade são:

- Assíncrono, a uma taxa máxima de 723.2Kbps (unidirecional).
- Bidirecional síncrono, com taxa de 64Kbps, que suporta tráfego de voz entre os dois dispositivos.

Com o sucesso do WI-FI, a Intel começou a apoiar outra, nova tecnologia denominada WiMAX. Esta conexão wireless de alta velocidade permite um alcance de até cerca de 48 quilômetros. Uma outra solução é a Mobile-Fi, uma tecnologia que permite banda larga sem fio em veículos em movimento. Outra tecnologia nova que desponta é a UltraWideband, que permite a transmissão de arquivos enormes sobre distâncias curtas – mesmo através de paredes.

#### 3.3.1 Rádio

**Sistemas Narrowband:** Os sistemas narrowband (banda estreita) operam numa frequência de rádio específica, mantendo o sinal de rádio o mais estreito possível o suficiente para passar as informações. O crosstalk indesejável entre os vários canais de comunicação pode ser evitado coordenando cuidadosamente os diferentes usuários nos diferentes canais de frequência.

**Spread Spectrum:** É uma técnica de rádio frequência desenvolvida pelo exército, é utilizado em sistemas de comunicação de missão crítica. Utiliza a técnica de espalhamento espectral com sinais de rádio frequência de banda larga, foi desenvolvida para dar segurança, integridade e confiabilidade deixando de lado a eficiência no uso da largura de banda.

Em outras palavras, maior largura de banda é consumida que no caso de transmissão narrowband, mas deixar de lado este aspecto produz um sinal que é, com efeito, muito mais ruidoso e assim mais fácil de detectar, proporcionando aos receptores conhecer os parâmetros do sinal spread-spectrum via broadcast. Se um receptor não é sintonizado na frequência correta, um sinal spread-spectrum inspeciona o ruído de fundo.

Existem duas alternativas principais: Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) e Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS).

**Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS):** Gera um bit-code (também chamado de chip ou chipping code) redundante para cada bit transmitido. Quanto maior o chip maior será a probabilidade de recuperação da informação original. Contudo, uma maior banda é requerida. Mesmo que um ou mais bits no chip sejam danificados durante a transmissão, técnicas estatísticas embutidas no rádio são capazes de recuperar os dados originais sem a necessidade de retransmissão.

**Frequency-hopping spread-spectrum (FHSS):** Utiliza um sinal portador que troca de frequência no padrão que é conhecido pelo transmissor e receptor. Devidamente sincronizada, a rede efetua esta troca para manter um único canal analógico de operação.

### 3.3.2 Microondas

A transmissão de rádio por frequência de microondas, na faixa de 900MHz até 30 GHz (geralmente 10,13,15,18GHz), é uma alternativa para a comunicação de dados a longa distância, com velocidades de 2Mbps ou múltiplos. A transmissão de TV e Telefonia são exemplos de sistemas que utilizam esta técnica de comunicação.

Os dados são transmitidos através de antenas parabólicas, montadas em torres conforme figura 18 abaixo, sendo que, quanto mais alto for a antena, maior será o alcance do sinal (SOUZA, 1996).

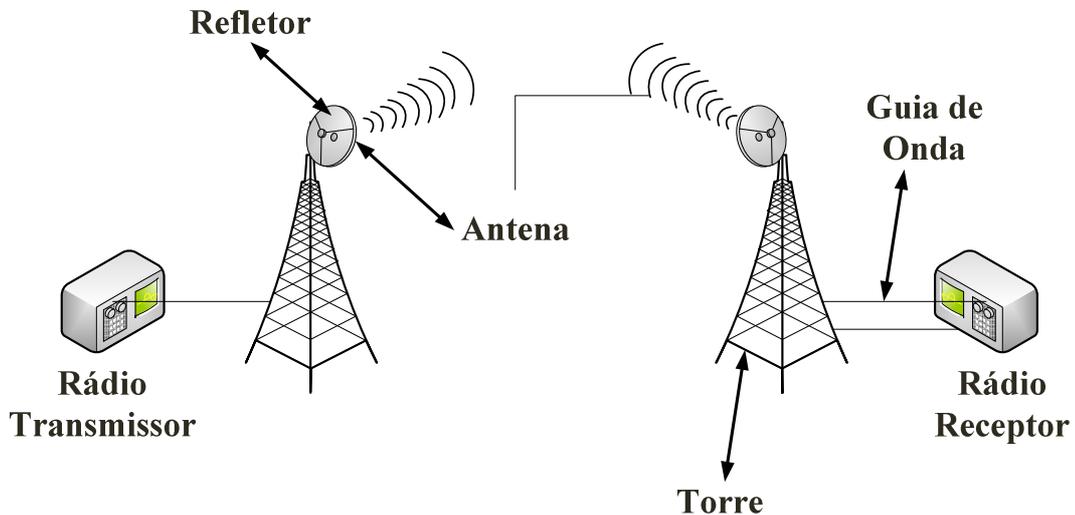


Figura 18 – Transmissão por Rádio Microondas

### 3.3.3 Satélite (VSAT)

**Satélite** – Corpo que gira, descrevendo uma órbita, em torno de outro, devido fundamentalmente à força de atração (gravidade) exercida por este último. Em telecomunicações trata-se de uma estação emissora ou retransmissora de radiocomunicações, que gira em torno da Terra. Um satélite emite ou retransmite um sinal para a(s) estação(s) terrestre(s) de destino. Os satélites podem ser utilizados para transmitir sinais televisivos, telefônicos, e/ou de dados (TOLEDO, 2001).

A estação terrena mais popular que existe é a VSAT, uma abreviatura para *Very Small Aperture Terminal*. Geralmente são estações com antenas variando de 80 cm a 2 metros e pouco de diâmetro.

Uma rede VSAT é composta de um número de estações VSAT e uma estação principal (“*hub station*”). A estação principal dispõe de antena maior e se comunica com todas as estações VSAT remotas, coordenando o tráfego entre elas.

A estação “hub” também se presta como ponto de interconexão para outras redes de comunicação, figura 19. Existem duas topologias de redes VSAT: a estrela e a malha (“*mesh*”).

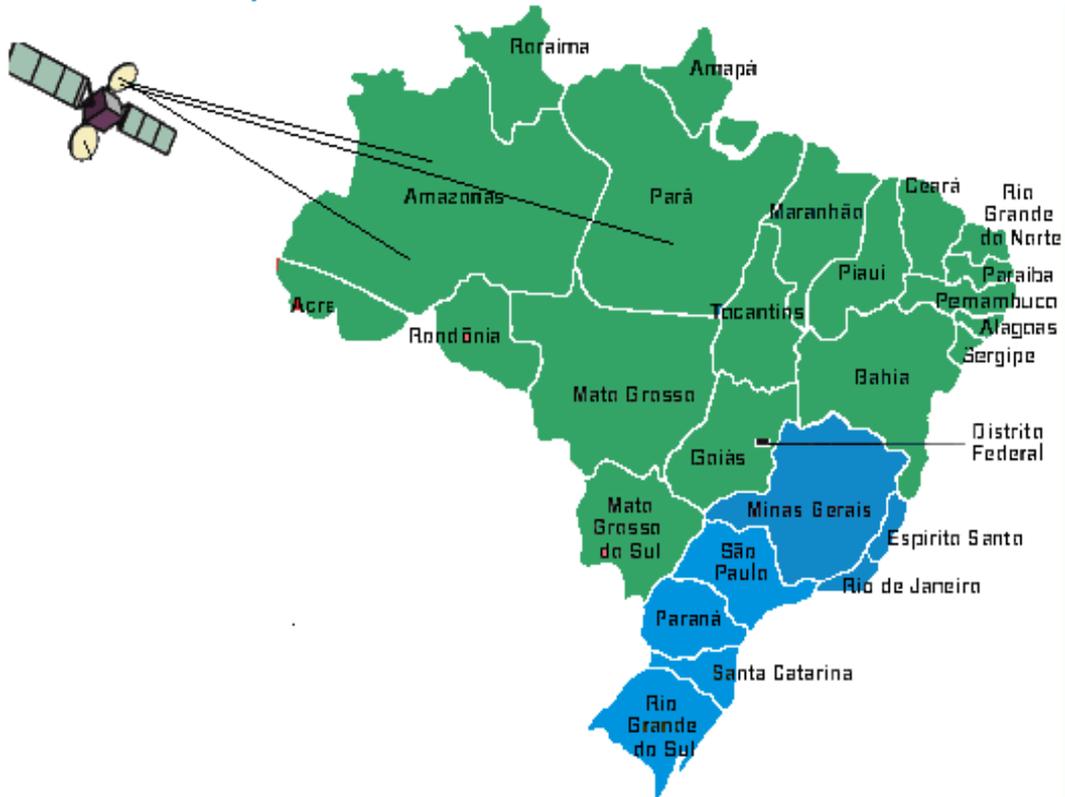


Figura 19 – Comunicação via Satélite

Fonte: [http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialsatcom/pagina\\_3.asp](http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialsatcom/pagina_3.asp)

Autor: Carlindo Huguene

As aplicações onde a comunicação via satélite são mais indicadas são aquelas em que:

- Deseja-se espalhar a mesma informação, no link de descida, por uma região geográfica muito extensa como, por exemplo, para a TV e a Internet.
- Deseja-se atingir localidades remotas como, por exemplo, campos de mineração, madeireiras, propriedades rurais e suburbanas e postos em rodovias.
- Deseja-se que o tempo de implantação seja muito rápido, ou de uso ocasional, como, por exemplo, para shows, rodeios, corridas de automóvel.

#### 4. CAPÍTULO 04 – SISTEMAS DE AQUISIÇÃO DE DADOS

Sistemas de Controle e Aquisição de Dados, ou abreviada mente SCADA (proveniente do seu nome em inglês *Supervisory Control and Data Aquisition*) são sistemas que utilizam software para monitorar e supervisionar as variáveis e os dispositivos de sistemas de controle conectados através de divertis específicos. Estes sistemas podem assumir topologia mono-posto, cliente-servidor ou múltiplos servidores-clientes.

Atualmente tendem a libertar-se de protocolos de comunicação proprietários, como os dispositivos PACs (Controladores Programáveis para Automação), módulos de entradas/sardas remotas, controladores programáveis (CLPs), registradores, etc., para arquiteturas cliente-servidor OPC (OLE for Process Control). Para os próximos anos, a tendência dos sistemas de supervisão será a supervisão remota, usando sistemas de telemetria através de tecnologias sem fios, como celular, rádio ou satélite. Através destas tecnologias, os sistemas SCADA terão a capacidade de controlar processos industriais numa planta de trabalho local, ou etnologicamente espalhada.

Aplicações de logística e controle de frotas são um bom exemplo prático, assim como controle de distribuição de serviços públicos, como água, esgoto, gás ou energia. SCADA indica precisamente um sistema com cobertura geográfica, em alternativa a topologia DCS (Distributed Control System) que atua no mesmo campo, mas com características locais. A diferença é importante, porque no SCADA implica no gerenciamento dos protocolos de transmissão típicos de uma rede WAN (Wide Area Network) e com dados temporais mais complexos. Como exemplo, podemos comentar que o sistema de controle e supervisão de uma rede elétrica é tipicamente um SCADA, um sistema do mesmo tipo dedicado a uma refinaria é um DCS.

Para entender um pouco sobre os sistemas de aquisição de dados não esquecer, de falar que estes sistemas estão baseados no processo da automação. Pode-se definir automação como o termo que descreve um conceito amplo, envolvendo um conjunto de técnicas de controle, das quais é criado um sistema ativo, capaz de fornecer a resposta adequada em função das informações que recebe do processo em que está atuando. Dependendo das informações, o sistema calculará a melhor ação corretiva a ser executada.

Pode-se também entender por automação, qualquer sistema, apoiado em computador ou equipamento programável, que remova o trabalhador de tarefas repetitivas e que vise a soluções rápidas e econômicas para atingir os objetivos das indústrias (NATALE, 1995).

Hoje em dia, de um modo geral, um ambiente de trabalho coeso e integrado torna-se um diferencial na concorrência e na conquista de novos mercados. Desta forma, nas empresas, os processos que eram executados manualmente estão sendo automatizados através de sistemas computacionais de menor custo e maior desempenho. Um sistema de aquisição de dados e um monitoramento que forneça informações de forma rápida e confiável pode ser um grande diferencial para manter a competitividade das empresas em geral (FAVARETTO, 2001).

#### **4.1 Placa de aquisição**

A placa de aquisição de dados ou unidade de armazenamento de dados é um modelo otimizado para aquisição simultânea de dados a diversas velocidades. Geralmente contam com conversores analógicos e digitais que lêem dados simultâneos, processadores, memória RAM, com os quais roda internamente o sistema operacional, são projetado para aquisição de dados e controle de processos.

#### **4.2 Software de aquisição**

Software, ou programa de computador é uma seqüência de instruções a serem seguidas e/ou executadas, na manipulação, redirecionamento ou modificação de um dado/informação ou acontecimento (TANENBAUM, 2007). Tecnicamente, Software também é o nome dado ao conjunto de produtos desenvolvidos durante o Processo de Software, o que inclui não só o programa de computador propriamente dito, mas também manuais, especificações, planos de teste, etc. Software de aquisição ou programa de aquisição de dados tem diversas funções como interligar os PC's a diversos tipos de sensores, adquirindo e enviando os dados através das diversas portas de comunicação. Geralmente estes softwares são desenvolvidos para rodarem em diversos sistemas operacionais existentes no mercado como (WIN98, WINXP, WIN2003, Vista, Linux, OS/2, Unix, etc.), para aquisição de sinais provenientes de sensores, são utilizados em conjunto com as interfaces de aquisição (placas de aquisição).

São utilizados nas seguintes áreas: Mecânica dos sólidos, mecânica dos fluidos, óptica, eletricidade, ondulatória, termodinâmica, física moderna, etc. Abaixo segue alguns dos sistemas e softwares utilizados na atualidade:

- SCADA - Automation Solutions Centre
- Catman®
- Winlog SCADA software -Sielco Sistemi SCADA system with OPC Client
- Supervisório LAquis
- RSView32 from Rockwell Software
- LabView - National Instruments - Instrumentação Virtual
- InduSoft
- WinCC e InTouch
- S-Monitor - Sistema de Monitorização e Controle Industrial
- Spider8

### **4.3 Sensores**

A tecnologia de sensores diz respeito a duas atividades que retroage à civilização dos antigos egípcios: medição e processamento de informação. No antigo Egito só foi possível organizar a agricultura e a necessária irrigação das terras, quando as pessoas desenvolveram a habilidade de medir áreas das terras e o volume das águas.

Mais tarde os Egípcios desenvolveram a habilidade de processar os números produzidos pela medição, isto é, a matemática que trouxe a tona novas dimensões para a forma de explorar os números.

Transdutores ou sensores representam a componente sensorial dos sistemas de medição, que pertencem a um campo tecnológico mais amplo chamado instrumentação. A medição é o processo de associar números a entidades e eventos no mundo real. A tarefa de selecionar e usar instrumentos é geralmente referida como Engenharia de Medição. O processo de sensorial é chamado transdução.

A instrumentação desempenha um papel vital no nosso mundo tecnológico atual.

## Conceitos básicos

**Transdutor:** É um dispositivo que converte uma forma de energia ou quantidade física em outra. Não há completa concordância em relação a esta definição. Embora autoridades no assunto insistam que o termo transdutor deva ser aplicado apenas para o dispositivo que transforma um tipo de energia ou quantidade física em outra, existem outras definições de uso corrente. Ogata (2003) estende um pouco mais a discussão sobre os transdutores, classificando-os como:

- Transdutores analógicos: são transdutores nos quais os sinais de entrada e saída são funções contínuas do tempo. As amplitudes dos sinais podem assumir quaisquer valores dentro das limitações físicas do sistema.
- Transdutores a dados amostrados: são transdutores nos quais os sinais e saída ocorrem apenas em instantes discretos de tempo, normalmente periódicos. As amplitudes do sinal são não - quantizáveis.
- Transdutores digitais: são aqueles nos quais os sinais de entrada e saída são discretos e a amplitude dos mesmos são quantificáveis, ou seja, podem assumir apenas certos valores discretos.
- Transdutores analógico-digital: são transdutores nos quais o sinal de entrada é uma função contínua do tempo e o sinal de saída é um sinal quantizável que pode assumir apenas certos valores discretos.
- Transdutores digital-analógico: são aqueles nos quais o sinal de entrada é um sinal quantizado e o sinal de saída é uma função contínua do tempo.

Segundo Daniel Thomazini e Pedro Urbano Braga (2005), sensores são dispositivos usados para detectar, medir ou gravar fenômenos físicos tais como calor, radiação etc., e que responde transmitindo informação, iniciando mudanças ou operando controles.

### Características dos sensores:

- Linearidade: É o grau de proporcionalidade entre o sinal gerado e a grandeza física. Quanto maior, mais fiel é a resposta do sensor ao estímulo. Os sensores mais usados são os mais lineares, conferindo mais precisão ao SC. Os sensores não lineares são usados em faixas limitadas, em que os desvios são aceitáveis, ou com adaptadores especiais, que corrigem o sinal.

- Faixa de atuação: É o intervalo de valores da grandeza em que pode ser usado o sensor, sem destruição ou imprecisão. Porém os sensores se dividem em vários tipos como veremos mais tarde.

Em geral definido como um dispositivo que recebe e responde a um estímulo ou um sinal. Como o sinal é uma forma de energia, os sensores podem ser classificados de acordo com o tipo de energia que detectam. Por exemplo:

- sensores de luz: células solares, fotodiodos, foto transistores, tubos foto-elétrico, CCDs, radiômetro de Nichols, sensor de imagem;
- sensores de som: microfones, hidrofone, sensores sísmicos;
- sensores de temperatura: termômetros, termopares, resistores sensíveis a temperatura (termístores), termômetros bi-metálicos e termostatos;
- sensores de calor: bolometro, calorímetro;
- sensores de radiação: contador Geiger, dosímetro;
- sensores de partículas subatômicas: cintilômetro, câmara de nuvens, câmara de bolhas;
- sensores de resistência elétrica: ohmímetro;
- sensores de corrente elétrica: galvanômetro, amperímetro;
- sensores de tensão elétrica: eletrômetro, voltímetro;
- sensores de potência elétrica: wattímetro;
- sensores magnéticos: compasso magnético, compasso de fluxo de porta, magnetômetro, dispositivo de efeito Hall;
- sensores de pressão: barômetro, barógrafo, pressure gauge, indicadores da velocidade do ar, variômetro;
- sensores de fluxo de gás e líquido: sensor de fluxo, anemômetro, medidor de fluxo, gasômetro, aquometro, sensor de fluxo de massa;
- sensores químicos: eletrodo ion-selectivo, eletrodo de vidro para medição de pH, eletrôdo redox, sonda lambda;
- sensores de movimento: arma radar, velocímetro, tacômetro, hodômetro, coordenador de giro;
- sensores de orientação: giroscópio, horizonte artificial, giroscópio de anel de laser;
- sensores mecânicos: sensor de posição, selsyn, chave, strain gauge;
- sensores de proximidade: Um tipo de sensor de distância pouco sofisticado, apenas detecta uma proximidade específica.

A tabela 05 abaixo mostra alguns modelos de sensores utilizados:

Tabela 05 – Tipos de sensores

<b>Tipos</b>	<b>Modelos</b>	<b>Fonte</b>
sensores de luz		<a href="http://www.endrich.com/cms/media/40/328.jpg">http://www.endrich.com/cms/media/40/328.jpg</a>
sensores de som		<a href="http://www.worten.pt/2747600_733.jpg.image=02747600">http://www.worten.pt/2747600_733.jpg.image=02747600</a>
sensor de temperatura		<a href="http://aliatron.com/loja/catalog/popup_image.php?pID=395">http://aliatron.com/loja/catalog/popup_image.php?pID=395</a>
sensores de calor		<a href="http://www.arsconsult.com.br/produto/srobby/icones/rele.jpg">http://www.arsconsult.com.br/produto/srobby/icones/rele.jpg</a>
sensores de radiação		<a href="http://www3.cptec.inpe.br/~ensinop/imagens/Image6.gif">http://www3.cptec.inpe.br/~ensinop/imagens/Image6.gif</a>
sensores de resistência elétrica		<a href="http://store-nbell.locasite.com.br/loja/images/sensor.gif">http://store-nbell.locasite.com.br/loja/images/sensor.gif</a>
sensores magnéticos		<a href="http://www.festo.com/INetDomino/files_01/brsens.jpg">http://www.festo.com/INetDomino/files_01/brsens.jpg</a>
sensores de pressão		<a href="http://aliatron.com/loja/catalog/popup_image.php?pID=309">http://aliatron.com/loja/catalog/popup_image.php?pID=309</a>
sensores de fluxo de gás e líquido		<a href="http://www.hygro-therm.com.br/vazao/10.jpg">http://www.hygro-therm.com.br/vazao/10.jpg</a>
sensores químicos		<a href="http://www.fcen.uba.ar/ecyt/articulo/image1.gif">http://www.fcen.uba.ar/ecyt/articulo/image1.gif</a>
sensores de movimento		<a href="http://www.vigiaeletronico.com.br/sensores_movimento.gif">http://www.vigiaeletronico.com.br/sensores_movimento.gif</a>
sensores mecânicos		<a href="http://www.gonner.com.ar/images/productos/MGPORT.jpg">http://www.gonner.com.ar/images/productos/MGPORT.jpg</a>
sensores de proximidade		<a href="http://www.impac.com.br/images/sensores.jpg">http://www.impac.com.br/images/sensores.jpg</a>
sensores de distância		<a href="http://aliatron.com/loja/catalog/images/dirrs.jpg">http://aliatron.com/loja/catalog/images/dirrs.jpg</a>
sensor whisker		<a href="http://www.zprod.org/PG/blogPics/simonBovetAmouse.jpg">http://www.zprod.org/PG/blogPics/simonBovetAmouse.jpg</a>
sensor de vibração		<a href="http://aliatron.com/loja/catalog/popup_image.php?pID=358">http://aliatron.com/loja/catalog/popup_image.php?pID=358</a>

## 5. CAPÍTULO 05 – DESENVOLVIMENTO

Hoje em dia, cada vez mais à utilização dos meios de transmissão para monitoramento remoto estão ajudando as empresas a melhorarem os seus processos dentro das empresas. Uma vez exposta à fundamentação teórica do trabalho parte-se para a sua aplicação, aqui representada por um estudo de caso visando identificar em seu contexto o uso de um sistema de transmissão de dados e supervisão via celular com tecnologia GSM/GPRS, já que o crescimento acentuado dessa tecnologia, permite oferecer serviços mais eficientes e rápida implementação no segmento de transmissão e monitoração de dados a distância. Hoje as tecnologias de comunicação sem fio, como o GPRS (*General Packet Radio Service*) vem sendo utilizado como tecnologia de comunicação sem fio, para várias aplicações de telesupervisão (MUNDO SEM FIO, 2006), (MOTOROLA, 2007).

### 5.1 Objeto de estudo

Este trabalho procura identificar os aspectos de maior relevância dentro do contexto que permeiam o uso de uma nova tecnologia, que venha contribuir para uma melhoria substancial em situações onde sejam necessárias tomadas de decisões emergenciais para solução de problemas baseadas em eventos e assim possibilidades de que sob essa nova ótica, seja possível criar situações de avaliação, identificando ações e agregando valores a seus serviços, criando possibilidades de novas formas de aperfeiçoamento na monitoração remota em aerogeradores.

Dentro deste contexto a monitoração a distância trará:

- Supervisão remota de eventos mais eficientemente;
- Reavaliação e readequação no tempo de reparo em caso de falhas identificadas pelo sistema, reduzindo assim o tempo médio de atendimento (TMA);
- Melhor aproveitamento da mão-de-obra;
- Diminuição nos custos de manutenção e retrabalho com o sistema de monitoração à distância.

## 5.2 Descrição do sistema de Aerogerador estudado

A seguir é descrito o sistema de aerogerador montado em bancada com potência de 7,2 kW com sistema de frenagem por freio a disco e sensores para simulação e análise de vibração da torre e desgastes de pastilha de freio conforme representado na figura 20 a seguir.



Figura 20 – Aerogerador montado em bancada.

O aerogerador utilizado é de fabricação alemã e foi importado no primeiro semestre de 2007. Marca Conergy® modelo SWT 6000 AC. Este aerogerador é classificado como pequeno e pode operar ligado a rede elétrica ou em sistemas ilhados.

As características do gerador são descritas na tabela 06 abaixo:

Tabela 06 – Bancada de testes de Aero gerador 7,2 kW

Posição	Artigo	Qtd.	Fabricante	Nº Série	Peso (kg)	Dimensões (mm)
1	Bancada de Testes de Aero gerador 7,2 kW	1	WKA Sachsen Service		339,00	
1.1	Aero gerador	1	Conergy		200,00	
	Conergy SWT 6000 AC					
	Tensão nominal: 240 V, 60 Hz (400 V, trifásico, 50 Hz)					
	Potência nominal: 1,8/7,2 kW (1,5/6 kW)					
	Diâmetro do rotor: 6 m					
	Rotação nominal: 83/124 rpm					
	Caixa de Transmissão: Engrenagem Cilíndrica de duas relações			1006495302.51-4		
	Gerador: assíncrono, pólos comutáveis 1200/1800 rpm			N446943794/0646		
	Naosle, parte inferior	1				
	Leme de direção do vento	1				
	Cubo do rotor	1				
	Naosle, parte superior	1				
	Pá do rotor perfil A	2				
	Pá do rotor perfil B	2				
	Eixo	1		107		
	Abspannstange	4				
	Sistema de controle	1			3,00	
1.2	Motor de engrenagem cilíndrica	1			72,00	750 x 300 x 360
	Tipo: G42A DA132M4 TW			06-2007/14626601.001		
	Potência nominal: 7,5 KW					
	Rotação de saída n (rpm): 122/146					
	Rotação do motor n1 (rpm): 1450/1735					
	Torque M (Nm): 590/490					
	Coefficiente da engrenagem cG: 1,30/1,55					
	Relação de transmissão i: 11,9					
	Tensão/Freqüência: D/Y 220-240/380-420V 50/60 Hz					
	Classe de isolamento: F					

Posição	Artigo	Qtd.	Fabricante	Nº Série	Peso (kg)	Dimensões (mm)
	Proteção: IP 55					
	Caixa terminal: 0A					
	Posição de montagem: B3					
	Caixa de transmissão: perfil L, eixo de saída D 40x80					
1.3	Inversor de freqüência	1			5,00	
	Tipo: KEB Combivert F5-Basic			14F5B1E-3A0A		
	Potência nominal: 11 kVA			300115689/1029519		
	Tensão nominal: 3x305...500V CA ou 420...720V CC					
	Corrente de saída: 16,5 A					
	Potência nominal máxima do motor: 7,5 KW					
	Tensão de saída: 3x0...Urede					
	Freqüência de saída: 0...408 Hz					
	Freqüência nominal de acionamento: 2/4/8 Hz					
	Proteção: IP 20					
1.4	Filtro para interferência eletromagnéticas	1			5,00	
1.5	KEB Combivert F5 Digital-Operator	1		00.F5.060-1000	1,00	
1.6	Suporte para o motor e o gerador	1			50,00	
1.7	Acoplamento	1				
	Torque nominal: 800 Nm					
1.8	PC Novatech IV	1	Merkel		2,00	
1.9	Sistema de aquisição de dados ME-Redlab Temp	1	ME		1,00	
	Sensor de temperatura rosqueável D NiCr-Ni, tipo K, -50°C bis 400°C	10				
	Sensor de temperatura rosqueável E NiCr-Ni, tipo K, -50°C bis 400°C	10				
	Sensor de temperatura superfície NiCr-Ni, tipo K, -50°C bis 250°C	10				
2.0	Quadro elétrico	1	Rittal			600x700x350

### 5.3 Sistema de frenagem

O aerogerador de pequeno porte é munido de um freio de disco. É configurado como freio para emergências, mas, na operação ilhada, é adicionalmente usado como freio regular. Freio regular significa que é utilizado para processos de frenagem normais que se repetem com frequência. Isto é o caso quando, num sistema autárquico, a energia gerada não pode ser absorvida de modo que a máquina precise ser desligada e freada. Freios de emergência só intervêm em caso de interferências casuais na operação normal através do acionamento do interruptor vibratório. Adicionalmente, o freio é utilizado para trabalhos de manutenção.

#### 5.3.1 Funcionamento de sistemas de frenagem conhecidos

Uma máquina pode ser freada com diversos sistemas de frenagem. No entanto, uma alternativa barata e simples tem que ser encontrada a qual não onera o aerogerador existente com altos custos adicionais. Existem no mercado oito princípios de ação que possibilitariam a frenagem do aerogerador mostrados a seguir: freio de disco, freio de tambor, freio de cinta, freio eletromagnético, freio elétrico, retardador, freio por resistência do ar, freio regenerativo elétrico.

No artigo “Análise de Desgaste em Materiais de Atrito Orgânicos e Sinterizados, Utilizados em Aerogeradores de Pequeno Porte”, (SCHAEFFER L., ARRIECHE F., LEWIS J. JR.), analisam em seu estudo a importância do comportamento do desgaste de tipos de materiais utilizados em pastilhas de freio, figura 21.

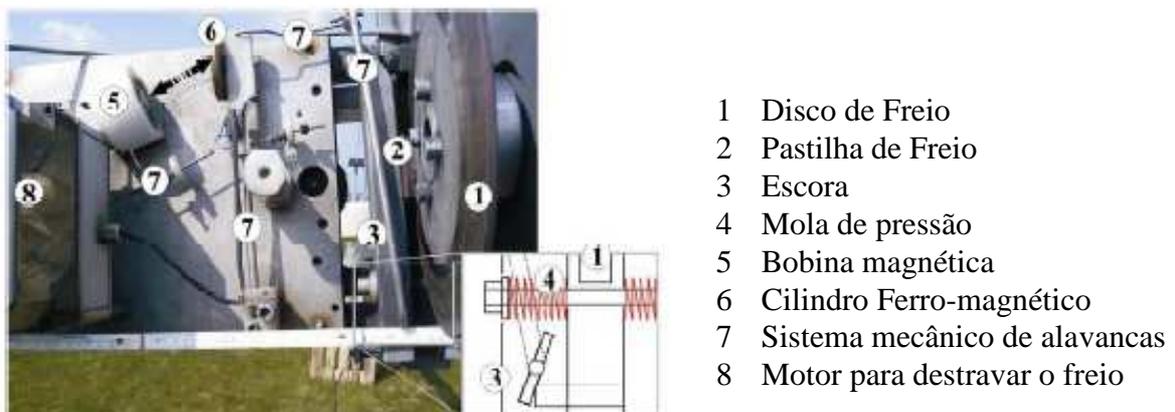


Figura 21 – Sistema de freio do aerogerador

#### 5.4 O que compõem um sistema de comunicação sem fio – Wireless para monitoramento à distância:

O sistema de monitoramento remoto via rede de transmissão sem fio – *Wireless* básico é composto por quatro elementos chaves do processo:

**A) Máquinas Inteligentes e Sensores** - Aparelhos que monitoram, controlam e medem algum tipo de atividade localmente. Podem existir vários sensores em um determinado local, (Placas de aquisição de sinais, Controlador Lógico Programável – CLP, dentre outros).

Para o sistema analisado, foi utilizado um sistema constituído de um potenciômetro que simula as tensões do sensor instalado no aerogerador para simulação de desgaste de pastilha de freio em aerogeradores, um simulador de sinal digital para geração de sinais para simulação de vibração da torre e uma placa de aquisição de dados (RODERVAL e VILSON, 2007) desenvolvida e configurada para a transmissão dos sinais dos sensores conforme a figura 22 abaixo: Para a alimentação da placa de aquisição optou-se por utilizar uma fonte chaveada na bancada de testes, e para uma futura utilização em produção comercial, a mesma poderá ser alimentada através de sistema de baterias e ou energia solar

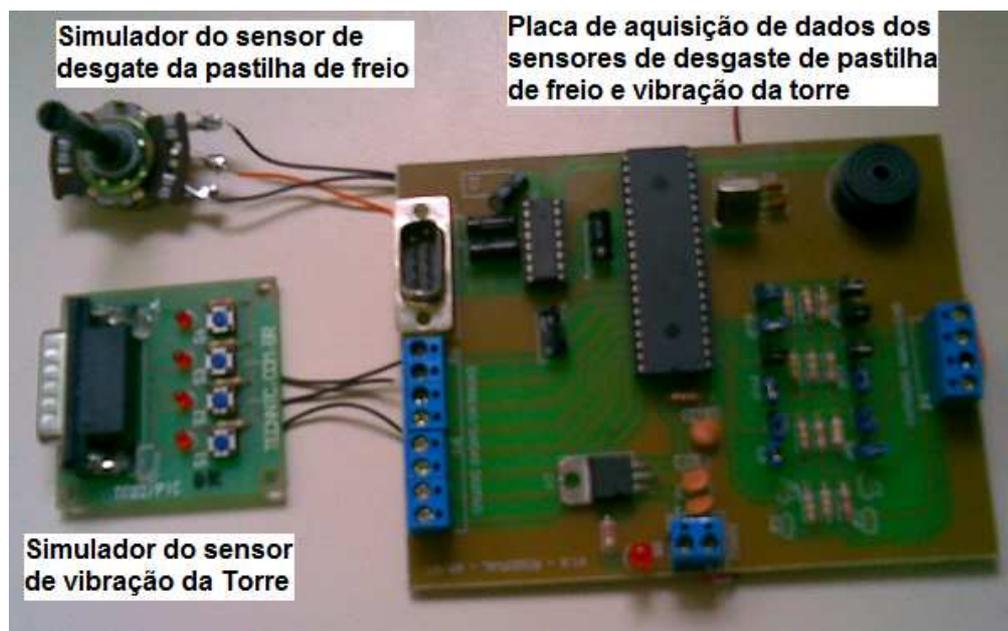


Figura 22 – Protótipo de uma placa de aquisição de dados com simuladores de sensores

**B) Interface da Aplicação** - Interface entre os sensores e a rede de comunicação. Para aplicações remotas, refere-se à Unidade de Terminal Remota (*Remote Terminal Unit – RTU*).

Foi desenvolvido para o sistema analisado uma placa de aquisição de dados com o microcontrolador PIC 16F877A/P da família PIC cujo fabricante é a Microchip®, conforme figura 23.

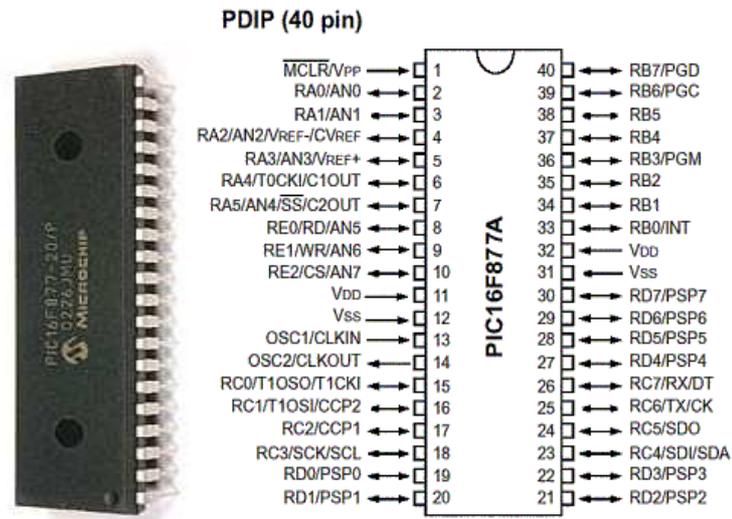


Figura 23 – Micro controlador PIC 16F877A/P

Fonte: [www.microchip.com](http://www.microchip.com)

Este chip possui memória de programa interna e memória de dados também evitando o uso de memórias externa deixando a placa menor e mais barata. A placa possui uma interface de comunicação serial, através do chip MAX 232 que permite a troca de dados com o modem GSM/GPRS.

Para compor o módulo microcontrolado procurou-se um microcontrolador que oferecesse um grande poder de processamento e suporte à programação em rede, tendo em vista a necessidade do sistema comunicar-se com outros dispositivos sobre uma rede TCP/IP, serial, além de conexão discada. As facilidades deste micro controlador são descritas na tabela 07.

Este micro controlador é indicado para as mais diversas aplicações, incluindo produtos para automação comercial, bancária, predial, controle de acesso, localizadores com GSM/GPRS, etc.

Tabela 07 – Facilidades inclusas PIC16F877A

Fonte: www.microchip.com

PIC16F877A	
Program Memory	8192x14
RAM (Bytes)	368
EEPROM Data (Bytes)	256
Max Speed (MHz)	20
I/O	33
Package	40-pin DIP*
A/D Channels	8 (10 Bit)
PWM Channels	2
Brown Out Reset	Yes
Serial I/O	AUSART/I2C/SPI

**C) Base de Comunicação (Backbone)** - O sistema pode ser por linhas fixas ou rádio, e transmitir informações dos sensores através da interface da aplicação, para um computador central de comando e um centro de controle.

Como já descrito, o sistema realizará a transmissão dos dados para um servidor na Internet, para tanto, é necessário que o sistema tenha capacidade de se conectar a Internet. Por esta razão, optou-se por utilizar a tecnologia de transmissão e recepção via rede GSM/GPRS, utilizando a estrutura de rede de uma operadora de telefonia local, figura 24.

A forma de se conectar a esta rede oferecida pela operadora de telefonia local, é utilizando um terminal de dados GSM/GPRS (Modem). Para testes de bancada optou-se por configurar o sistema via conexão discada ponto a ponto em modo de conexão CSD.

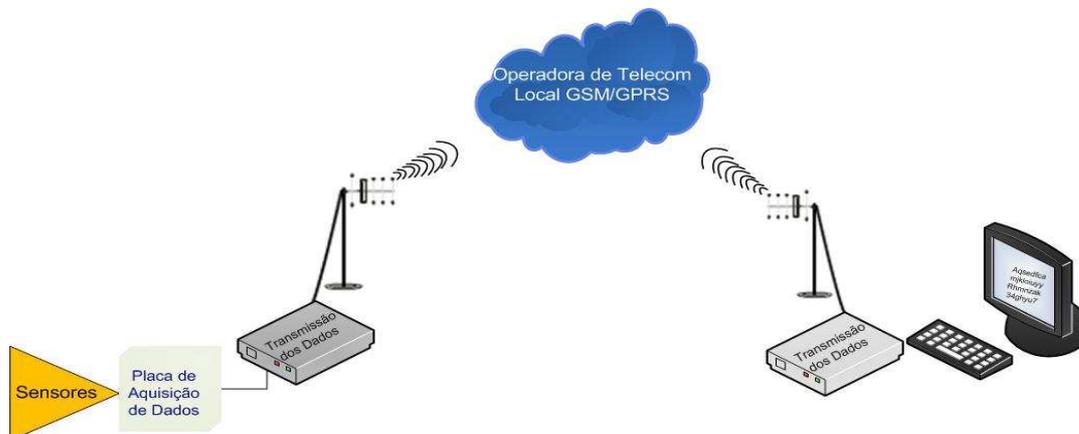


Figura 24 – Diagrama de Conexão via Operadora de Telecom GSM/GPRS

O Modem para a transmissão de dados utilizado é desenvolvido pela empresa alemã “Siemens”. A definição e seleção deste modem baseou-se na sua ampla utilização no mercado brasileiro.

O modem GSM/GPRS tem funcionamento similar aos modems analógicos ainda hoje utilizados. O modem GSM/GPRS funciona através de comandos AT padrão, uma linguagem de comandos para modems que foi desenvolvida pela Empresa Hayes e se tornou um padrão para a indústria mundial. Os comandos “AT” são os comandos de controle do modem, através deles pode ser iniciada e encerrada uma conexão, além de outras funcionalidades utilizadas em aplicações com estes dispositivos. Principais comandos AT incluso no Anexo A.

Estes comandos são enviados ao terminal de dados pelo módulo microcontrolado (placa de aquisição) através de uma porta serial. Quando a conexão com a Internet está estabelecida, a mesma porta serial é utilizada para trafegar os dados.

#### **D) Sistema de transmissão e recepção para monitoração dos dados à distância**

O sistema de transmissão e recepção aqui estudado e montado é um sistema eletrônico utilizando a tecnologia Modem GSM que permite transmitir e receber sinais de entradas e saídas à distância via rede de telefonia celular GSM/GPRS.

Tal sistema possui uma interface serial RS-232 que poderá ser conectada a sistemas tais como Placas de aquisição de dados, CLP’s, etc., conectando-se via transmissão de celular GSM/GPRS.

As características desse sistema eletrônico são descrito abaixo:

- Interface de celular GSM/GPRS;
- Interface de dados RS-232;
- 01 saída comandada remotamente;
- 04 entradas de sinais;
- Alimentação 110/220 V ou conversor para Sistema de Bateria

Painel Frontal:

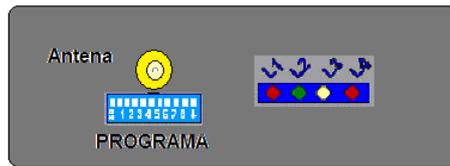


Figura 25 – Vista de frente do sistema eletrônico de transmissão e recepção de dados via rede Celular GSM/GPRS

Antena - Conecta-se antena externa para rede celular;



Figura 26 – Antena externa do sistema eletrônico para monitoração de dados via rede de Celular GSM/GPRS

PROGRAMA – Chave dipswitch destinada á configuração do equipamento:

S1 - Modo configuração - on (9600, N, 8, 1)

Modo operação - off (manter off)

S2 - Modo modem (CSD) - ON

Modo TCP-IP (GPRS) - OFF (Não disponível)

S3 - Habilita E/S - ON

Desabilita E/S - OFF

S4 - Verifica nível de sinal no local - ON

Medidor desativado - OFF

Para aplicação do sistema de comunicação para a transmissão e recepção de dados via rede de celular, recomenda-se realizar a medida de nível do sinal ofertado pela operadora na localidade de instalação do equipamento.

A informação do nível do sinal é apresentada nos leds L1 e L2 como segue:

\*L1 OFF e L2 OFF - Sinal < -100dbm

\*L1 ON e L2 OFF - -100 dbm < Sinal < -83 dbm

L1 OFF e L2 ON - -83 dbm < sinal < -67 dbm

L1 ON e L2 ON - sinal > -67 dbm

\* Situação não recomendável de aplicar o sistema, consulte a operadora para melhorar nível de sinal. A situação ideal é quando L1 e L2 estejam ligados neste modo de verificação de sinal.

S8 – Utilizar para carregar configuração de fábrica ON (9600, N, 8, 1)

Modo de operação (manter off)

Importante observar que as chaves de programação seguem certa prioridade, assim quando S1 estiver no modo programação às outras chaves não funcionam, portanto recomenda-se deixar as chaves na posição off, quando desejar fazer determinada operação, por exemplo: S1 off, S3 off, S4 on - (para medir nível de sinal)

Led's informativos:

L1 - Led informativo de portadora (DCD)

L2 - Led informativo de dados transmitidos (TD)

L3 - Led informativo de energia (aceso quando energizado)

L4 - Led informativo de conexão TCP-IP

Painel traseiro:

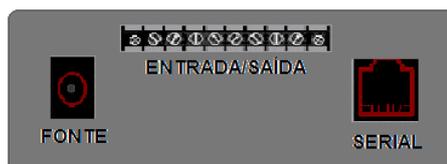


Figura 27 – Vista da parte traseira do sistema eletrônico de transmissão e recepção de dados via rede Celular GSM/GPRS

Fonte - Fonte 110/220 (selecionável) com saída 7,5Vcc / 900mA).

Serial - Interface RS232 com seguinte configuração:

Pino	Descrição
2 -----	CTS
4 -----	GND
5 -----	RXD
6 -----	TXD
7 -----	RTS

MODO CSD (Circuit Switched Data) - S2 ON

Nesta aplicação o sistema eletrônico de transmissão e recepção comporta-se como um modem discado tradicional, onde através da interface RS-232 são recebidos comandos AT's que realizará a discagem iniciando os procedimentos de conexão.

Os principais comandos AT's utilizados, são :

ATD N: Discagem do número de telefone N

ATH0: Desconectar ligação;

+++ : Sair do modo de dados passando para modo comando;

ATE0: Desabilitar eco (retorno dos dados digitados na tela)

ATE1: Habilitar eco;

ATQ0: Habilitar respostas do SSGSM aos comandos executados;

ATQ1: Desabilitar o envio de respostas;

ATS0=n: Atendimento automático após n rings;

AT&F: Restaura configuração de fábrica do módulo GSM interno;

Demais comandos AT's segue norma GSM 07.07, que poderão ser consultados em manuais e normas. O modem GSM da interface eletrônica é configurado em fábrica para receber chamadas, e, para aplicações onde necessita realizar discagens a partir deste, orienta-se enviar o seguinte comando :

ATE1Q0 (Permite eco e habilita conexão)

Instalação:

Recomenda-se certificar que o PIN (Personal Identification Number) do CHIP esteja desabilitado. Isto pode ser realizado aplicando-se o chip em um aparelho de celular comum acessando o sistema da operadora de telefonia através do menu deste. Após a instalação do chip, na parte inferior da interface eletrônica modem GSM, o equipamento já está apto a transmitir e receber comunicação de dados.

Para configurar, siga os seguintes procedimentos: Para acessar o modo de configuração deve-se conectar um microcomputador a interface serial do Modem e posicionar a chave S1 na posição ON. Com o microcomputador usando o hyperterminal (configurado em 9600, n, 8, 1; deve-se teclar “enter” e o usuário receberá uma tela no modo DOS com o seguinte prompt: GSM>

No modo CSD existem dois comandos internos do Modem que poderão ser utilizados para ajustar os parâmetros:

-COM1 Exibe configuração do canal serial 1.

-COM1    bps ,p, b, t Configura canal serial 1.

  | | | |\_\_\_Timeout em mS entre bytes recebidos.

  | | |\_\_\_Bits de dados [7, 8].

  | |\_\_\_Paridade [(N)enhuma,(P)ar,(I)mpar].

  |\_\_\_Velocidade [300 a 19200].

-pin exibe número de ativação do SIM Card.

Após tais configurações, porta serial e número PIN, o Modem está disponível para realizar discagem ou receber permitindo conexões.

Modo GPRS (General Packet Radio Service) (S2 OFF).

Neste modo, o Modem permite uma conexão via IP através de sua interface serial, sendo disponível em um centro de operação as informações recebidas. Observar que os comando AT's visto anteriormente não são interpretados pelo Modem. Para esta aplicação deve-se observar:

1 – O sistema servidor onde o Modem irá conectar-se deve Ter IP fixo, pois o equipamento irá buscar este parâmetro para conexão.

2 – A operadora deve ofertar GPRS.

Comandos disponíveis:

? (apresenta os comandos existentes.)

GSM> ?.

Comandos suportados:

Help - Exibe esta tela.

Conf - Configura o sistema.

Name - Configura um texto para identificação do sistema.

Retries - Configura numero de tentativas de conexão TCP/IP.

Idletime - Configura tempo de desconexão automática.

Loader - Habilita carga remota de programa.

Reboot - Reinicializa o sistema.

Dica: digite o nome do comando desejado e tecele <ENTER> para ajuda.

Conf - Configuração de parâmetros

Observar que os parâmetros a serem configurados estão entre colchetes [ ] .

Assim se desejar configurar IP do servidor, segue linha de comando:

Ex: conf -g [IP gateway]

GSM> conf

```
uso:  conf  [-c] [-i Endereço IP] [-g gateway]
        [-pin] [-pin number] [-ppp] [-ppp apn,dial]
        [-COM1] [-COM1 bps,p,b,t]
        [-TCP1 ip,rp,lp]
        [-u username] [-p password]
```

Opções:

-c Exibe configuração de rede salva.

-i IP Configura endereço IP local. [0.0.0.0 para automático]

-g gateway Configura endereço IP do servidor.

-pin Exibe numero de ativação do SIM card.

-pin number Configura numero de ativação do SIM card.

- \_\_\_\_\_Novo numero de ativação.
- ppp Exibe configuração para acesso discado.
  - ppp apn,dial Configura acesso discado.
    - | \_\_\_\_\_Numero a ser discado para o acesso.
    - \_\_\_\_\_Identificação do provedor GPRS.
  - COM1 ( Exibe configuração do canal serial 1.)
  - COM1    bps ,p, b, t Configura canal serial 1.
    - | | | \_\_\_\_\_Timeout em mS entre bytes recebidos.
    - | | \_\_\_\_\_Bits de dados [7, 8].
    - | \_\_\_\_\_Paridade [(N)enhuma,(P)ar,(I)mpar].
    - \_\_\_\_\_Velocidade [300 a 19200].
  - TCP1    ip, rp ,lp Configura circuito TCP/IP do canal serial
    - | | \_\_\_\_\_Porta TCP local [0 a 65535].
    - | \_\_\_\_\_Porta TCP remota[0 a 65535].
    - \_\_\_\_\_Endereço IP remoto. [0.0.0.0 para modo servidor]
  - u username ( Nome do usuário para acesso discado.)
  - p password ( Senha do usuário para acesso discado.)

GSM> name

uso: name [-?] [-c text]

opções:

- ? ( Exibe identificação atual.)
- c text ( Define texto que identifica o sistema.)

  |\_Identificação do sistema

idletime - Tempo de desconexão

GSM> idletime

uso: idletime [-?] [-c seconds]

opções:

- ? (Exibe tempo para desconexão atual.)
- c seconds (Define novo tempo para desconexão.)

  |\_\_\_\_\_Novo tempo em segundos para desconexão

retries - Tentativas de conexão-

GSM> retries

uso: retries [-?] [-c number]

opções:

-? (Exibe numero de tentativas atual.)

-c number (Define novo numero de tentativas.)

|\_\_\_\_Novo numero de tentativas

loader ( Habilita carga remota de programa.)

reboot (Reinicializa o sistema.)

GSM>

O procedimento para configuração é semelhante ao modo CSD apresentado anteriormente. Deve-se seguir a seguinte seqüência: (PIN, PPP, U, P, COM1 e TCP1).

**E) Centro de Controle e Comando** - Este é o ponto central que recebe os dados transmitidos pelos sensores. É neste centro que serão analisados os dados obtidos pelo sistema, e onde serão tomadas todas as decisões para soluções de possíveis problemas.

## 5.5 Bancada Experimental

Os geradores eólicos geralmente são instalados próximos de residências, porém, essas podem ser afastadas da cidade, o que dificulta a transmissão de dados sobre o gerador para uma central. Existem algumas soluções para esse problema que serão apresentadas abaixo.

O aerogerador construído para testes em bancada tem dois sensores que precisam ser monitorados, um é o sensor de vibração na torre com o objetivo de se prevenir o colapso do gerador e o outro é o sensor de desgaste dos freios a disco para se saber o momento de troca das pastilhas de freio. Os dados de cada sensor foram coletados diretamente no gerador através de simulações e enviados a um computador remoto através da rede GSM/GPRS.

O meio usado para transmitir esses dados foi via rede de Celular GSM/GPRS constituído da seguinte forma: Uma placa de aquisição de dados captura os dados dos sensores e passa para o transmissor de celular, esse por sua vez teve a função de transmitir para o receptor, que estava a certa distância do gerador, onde os dados são coletados. As figuras 28 e 29 abaixo, mostram o esquemático da solução a ser simulada e testada.

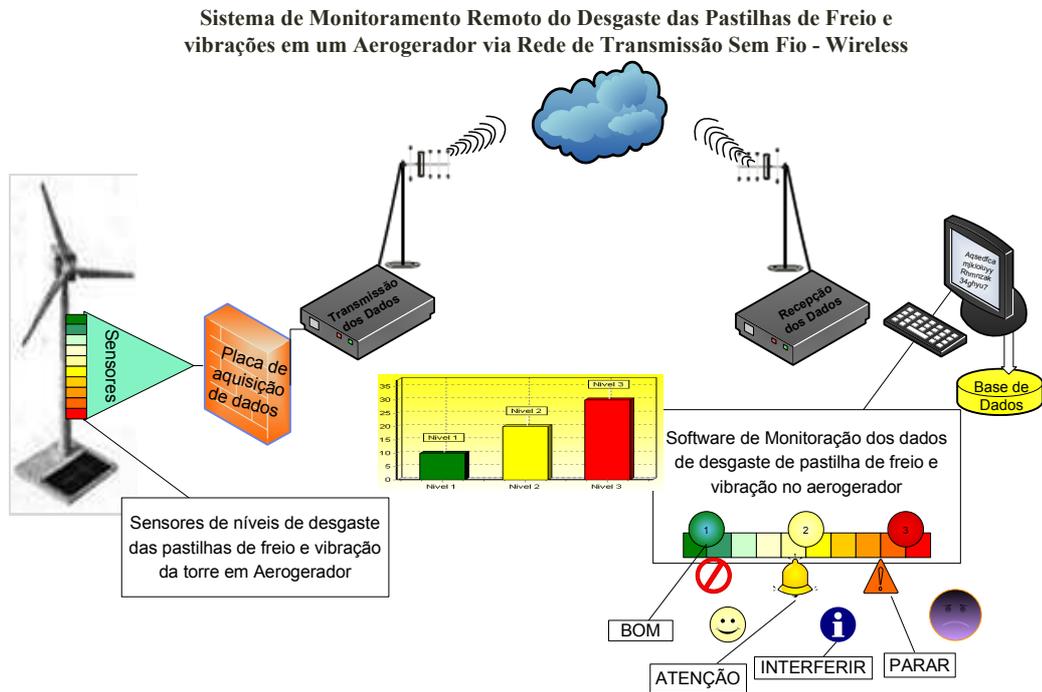


Figura 28 – Esquemático da solução de monitoramento de variáveis em aerogerador

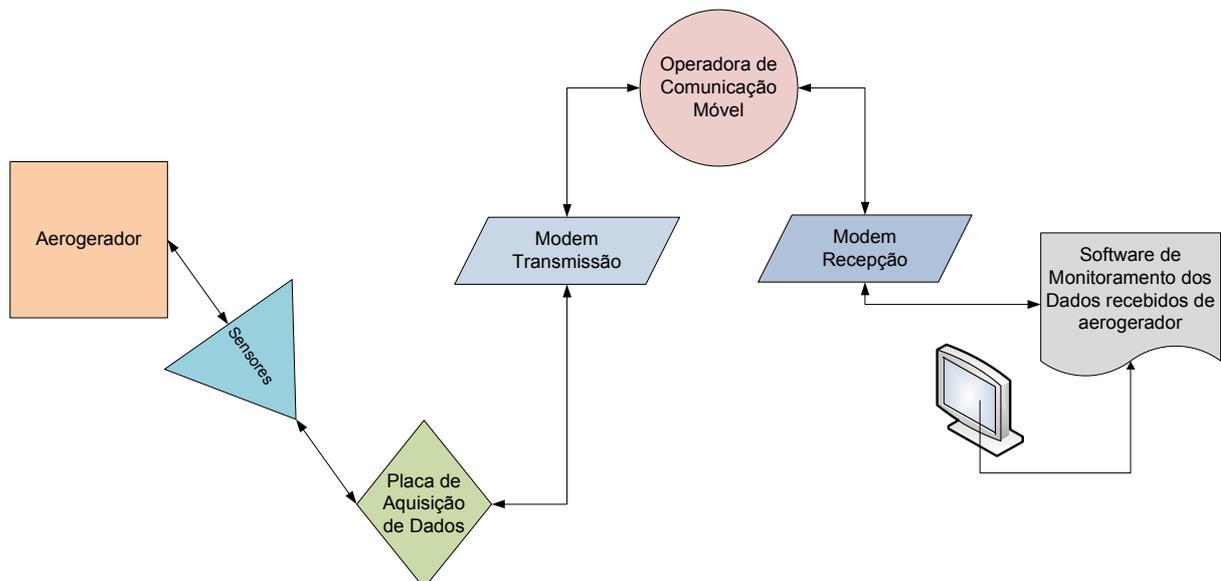


Figura 29 – Diagrama da solução de monitoramento de variáveis em aerogerador

## **5.6 Metodologia de aplicação do monitoramento remoto utilizando tecnologia de Rede Celular GPRS**

A metodologia apresentada a seguir serve para diversas aplicações, porém para comprovar o funcionamento aplicamos a um sistema de geração eólica de pequeno porte, aqui demonstrado por um protótipo simulado com as mesmas características dos sensores instalados no aerogerador. Este sistema possui um simulador de sensor de vibração na torre que tem por função avisar da existência de ventos de força intensa (vibração). Ventos acima do padrão podem danificar o aerogerador e sendo necessária a manutenção. Outro simulador de sensor utilizado é um sensor de desgaste da pastilha de freio, como este aerogerador utilizado é de pequeno porte um sistema de freio existe para eventuais paradas do sistema. O problema está na definição do momento de troca da pastilha do freio, logo um sistema de sensores de desgaste foram instalados indicando o nível de desgastes das mesmas.

Para nosso estudo o sensor de vibração da torre e o sensor de desgaste das pastilhas foram às variáveis a serem transmitidas e monitoradas a distância.

### **5.6.1 Funcionamento do Sistema**

Agora que já foram discutidas as características do sistema de transmissão e recepção para monitoração de variáveis em aerogerador, pode-se explicar sobre o funcionamento do mesmo. Após a inicialização de todo o sistema operacional e configuração do modem GSM/GPRS, inicia-se a aquisição dos dados de vibração da torre do aerogerador, a partir do módulo de simulação de tensão e do conversor analógico e digital.

Este sistema de aquisição fica monitorando os sensores e quando algum sinal fora do normal aparecer o sistema de aquisição aciona o acesso remoto conectando-se na rede celular e transmitindo os dados. O conversor analógico e digital recebe do sistema de aquisição, via serial, do módulo microcontrolado, um comando requisitando os dados de vibração da torre.

A função que realiza a transmissão estabelece a conexão PPP (STEVENS, 1998) do sistema com a plataforma Delphi. Com a conexão estabelecida, o sistema de aquisição microcontrolado envia os dados através de uma requisição para a central de monitoração.

### 5.6.2 Sistema de transmissão dos sinais

A estrutura montada constitui-se de um transmissor e um receptor (modem celular), onde através de um meio de comunicação aqui denominado rede de Celular GSM/GPRS, o mesmo transmitirá e receberá sinais para o Sistema de Monitoramento Remoto, conforme figura 29.



Figura 30 – Transmissor e receptor de dados

### 5.6.3 Sistema de Monitoração

O sistema de monitoramento desenvolvido é baseado em um modem celular, que receberá os sinais do sistema de eletrônica embarcada. Um software em linguagem de alto nível recebe serialmente os sinais do modem e processa os mesmos. Este processamento significa avaliar os valores dos sensores e determinar a melhor ação a ser tomada. Como exemplo caso o sensor de vibração esteja indicando vibrações excessivas na torre do aerogerador, aparece na tela um alarme indicando o problema do sistema. Desta maneira um profissional na central de operações poderá tomar as providências necessárias, figura 30.



Figura 31 – Sistema de monitoramento remoto

### 5.6.4 Obtenção de dados a distância para o aerogerador

Os sistemas de monitoração a distância são as principais fontes de informações disponíveis aos operadores do centro de controle, as quais possibilitam um diagnóstico on-line, antes da etapa de restauração do sistema.

Os dados são apenas os obtidos pelos sensores e transmitidos a um computador por meio da Rede de Celular GSM/GPRS.

Para o estudo foram simulados vários testes de transmissão e recepção das variáveis.

Abaixo segue a descrição de dois testes efetuados em bancada e descritos conforme mostram as figuras a seguir.

Teste simulado de transmissão e recepção de dados de vibração da torre de Aerogerador  
Tela Ok para o operador.



Figura 32 – Tela torre do Aerogerador Ok (lâmpada branca) aparecendo para o operador, referente simulação de vibração da torre

Teste simulado de transmissão e recepção de dados de vibração da torre de Aerogerador  
Tela Recebendo dados de Vibração da torre

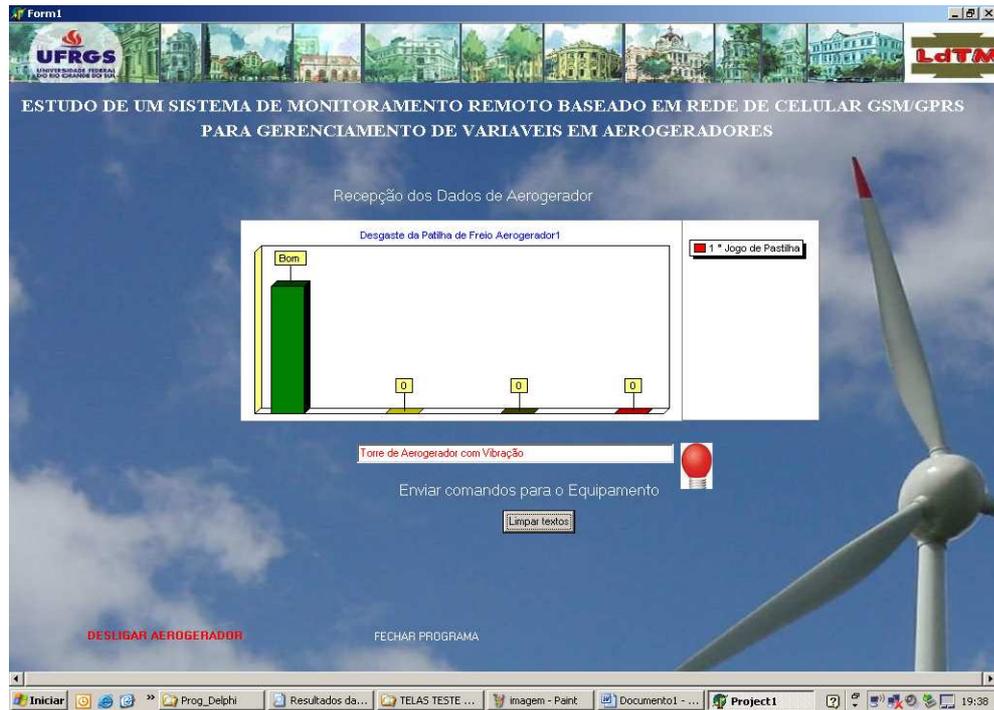


Figura 33 – Tela recebendo dados Torre de Aerogrador com vibração (lâmpada vermelha), aparecendo para o Operador, referente simulação de vibração da torre

Teste simulado de transmissão e recepção de dados de desgaste da pastilha de freio do primeiro jogo de pastilha opção NÍVEL BOM.



Figura 34 – Tela de desgaste do primeiro jogo de pastilha de freio opção NÍVEL BOM

Teste simulado de transmissão e recepção de dados de desgaste da pastilha de freio do primeiro jogo de pastilha opção NÍVEL ATENÇÃO

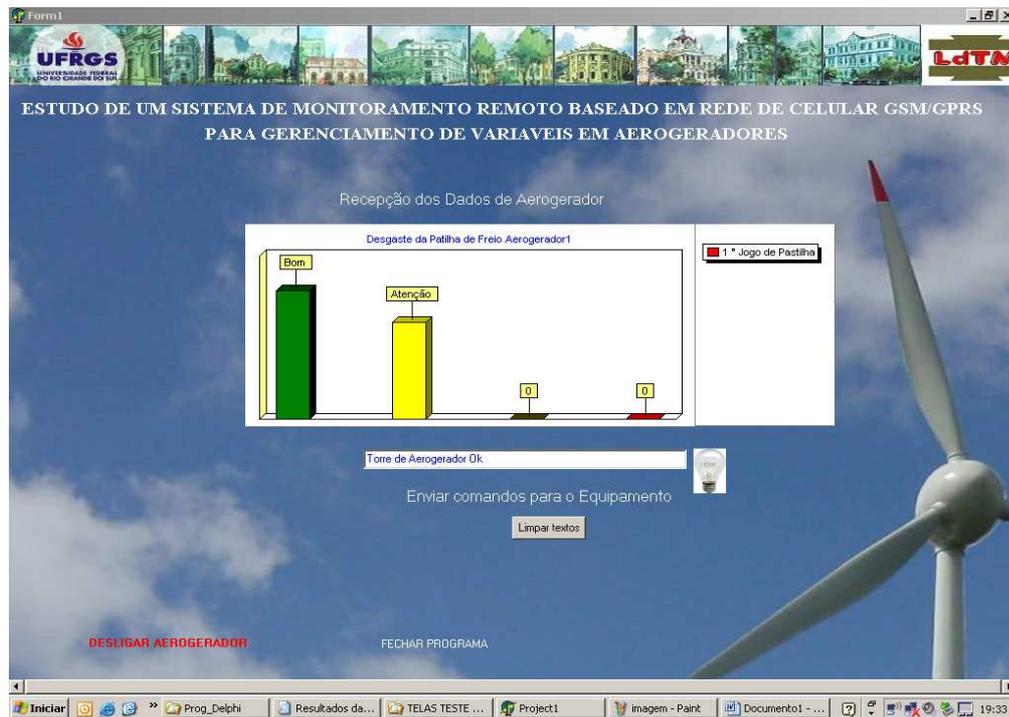


Figura 35 – Tela de desgaste do primeiro jogo de pastilha de freio opção NÍVEL ATENÇÃO

Teste simulado de transmissão e recepção de dados de desgaste da pastilha de freio do primeiro jogo de pastilha opção NÍVEL CRÍTICO



Figura 36 – Tela de desgaste do primeiro jogo de pastilha de freio opção NÍVEL CRÍTICO

Teste simulado de transmissão e recepção de dados de desgaste de pastilha de freio  
 Tela de desgaste do primeiro jogo de pastilha opção NÍVEL PARAR. O sistema neste nível poderá enviar um comando de desativar/desligar o Aero gerador automaticamente sem a intervenção do operador do sistema.

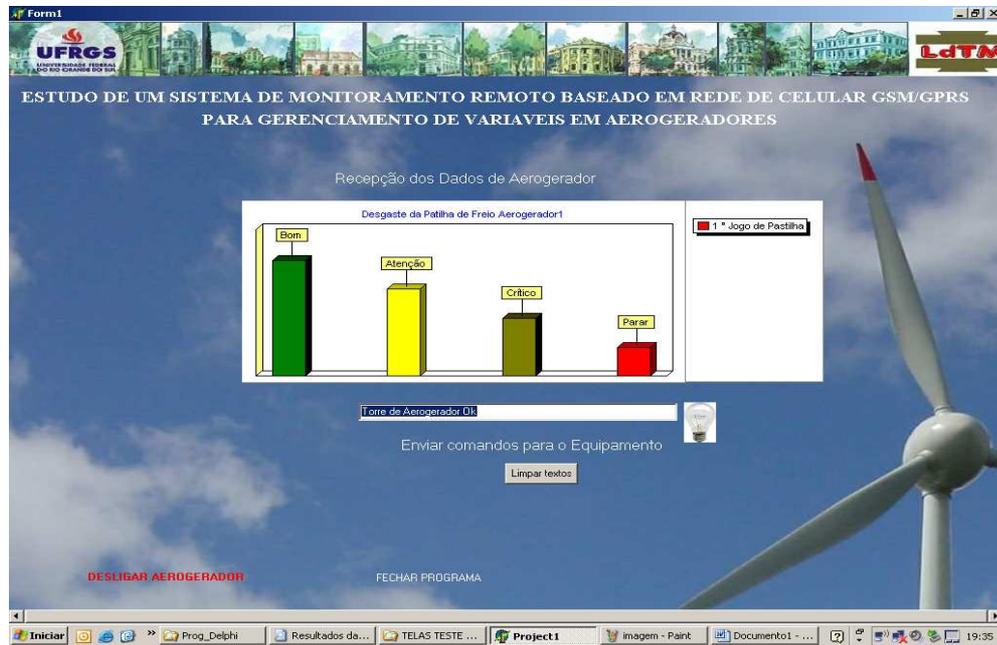


Figura 37 – Tela de desgaste do primeiro jogo de pastilha de freio opção NÍVEL PARAR

Teste simulado de transmissão e recepção de dados de desgaste da pastilha de freio do segundo jogo de pastilha opção NÍVEL BOM.

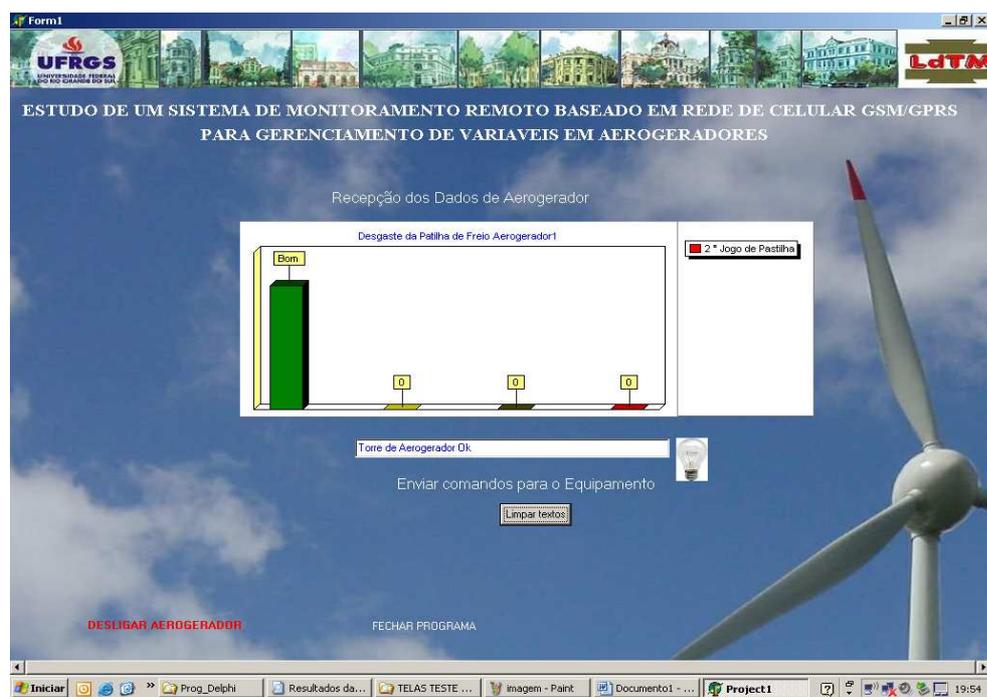


Figura 38 – Tela de desgaste do segundo jogo de pastilha de freio opção NÍVEL BOM

Teste simulado de transmissão e recepção de dados de desgaste da pastilha de freio do segundo jogo de pastilha opção NÍVEL ATENÇÃO.

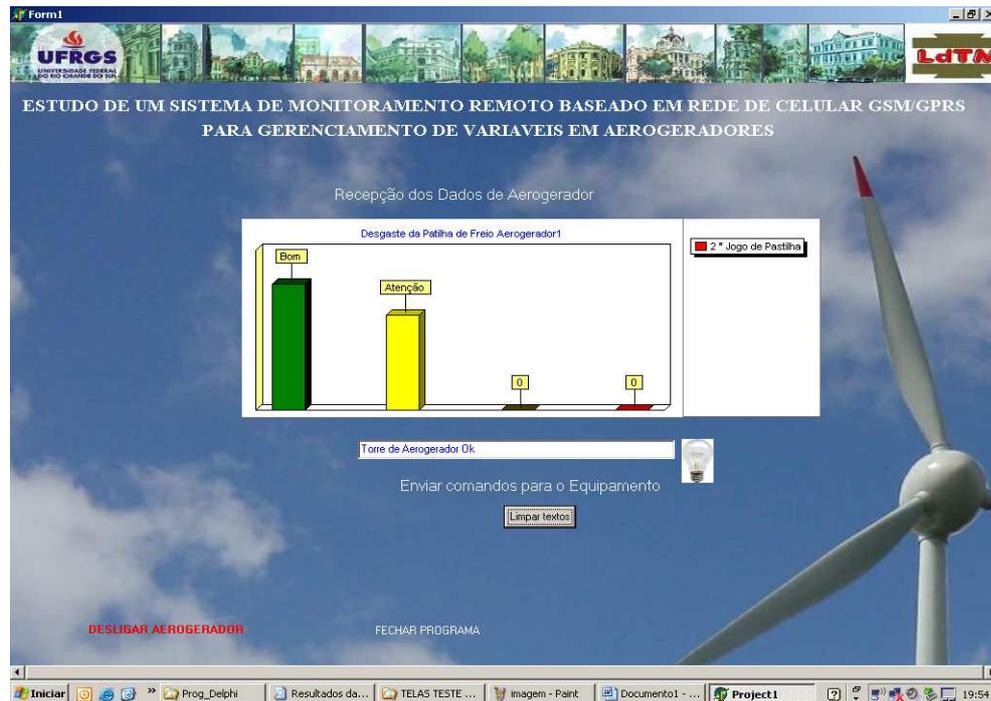


Figura 39 – Tela de desgaste do segundo jogo de pastilha de freio opção NÍVEL ATENÇÃO

Teste simulado de transmissão e recepção de dados de desgaste da pastilha de freio do segundo jogo de pastilha opção NÍVEL CRÍTICO.



Figura 40 – Tela de desgaste do segundo jogo de pastilha de freio opção NÍVEL CRÍTICO

Teste simulado de transmissão e recepção de dados de desgaste de pastilha de freio. Tela de desgaste do segundo jogo de pastilha opção NÍVEL PARAR. O sistema neste nível poderá enviar comando de desativar/desligar o Aero gerador automaticamente sem a intervenção do operador do sistema.

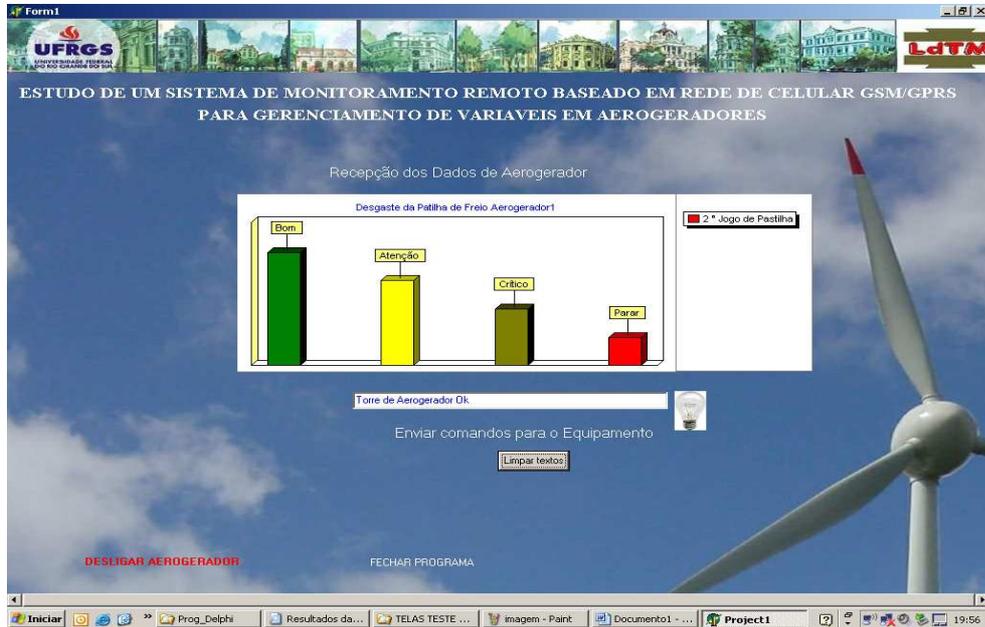


Figura 41 – Tela de desgaste do segundo jogo de pastilha de freio opção NÍVEL PARAR

Teste simulado de transmissão e recepção de dados de desgaste de pastilha de freio. Tela de desgaste do **Terceiro jogo** de pastilha opção BOM e assim por diante.



Figura 42– Tela de desgaste do terceiro jogo de pastilha de freio opção NÍVEL BOM

Resultados obtidos:

Após a execução das simulações, observou-se que na medida em que foi feita a simulação do desgaste das pastilhas, bem como da simulação de vibração da torre o sistema se mostrou viável atendendo os objetivos do sistema proposto.

O estudo sobre os Sistemas de Monitoramento Remoto de variáveis para aerogeradores via rede de transmissão sem fio (GSM/GPRS) trará um maior controle na utilização dos aerogeradores instalados não só no laboratório de análise, mas também em todos aqueles que se queiram monitorar.

Verifica-se que, de acordo com os objetivos propostos no item 5.2 e 5.3, a proposta deste trabalho teve pleno êxito em suas fases de definição, planejamento, estudo, execução dos testes do protótipo e resultados obtidos.

Dentro dos itens propostos desde o início do projeto, conclui-se que os resultados obtidos, conforme mostrado no capítulo 5, foram satisfatórios em todos os testes realizados. O projeto mostrou-se versátil pelo fato de que, por se tratar de sistemas de comunicações, pode facilmente ser adaptado para a implementação de sistemas de automação remota para os diversos setores do Mercado e Indústria em geral.

As perspectivas futuras das tecnologias existentes são a unificação das diferentes redes sem fio, incluindo as redes wireless nas diversas tecnologias existentes.

Quanto ao modelo de impacto dos preços por solução, o aspecto mais crucial é o custo fixo mensal de conexão. Por mais que alguns provedores de soluções ofereçam uma composição de custos fixos e variáveis, sugere-se um modelo simplificado com somente um custo fixo por ponto conectado. Essa sugestão é em razão da tendência das transmissões de dados serem previsíveis e esporádicas, de forma que modelos de preços simplificados vem tendo maior aceitação no mercado. Exceções devem ser feitas, no caso de aplicações onde há maior complexidade e volume de informações trocadas, nesses casos, o modelo fixo/variável ainda faz mais sentido.

Não serão integradas apenas as redes públicas fixas de celulares, mas também vão interligar as redes de grande área (WANs), permitindo a conexão de laptops e outros dispositivos a uma infinidade de novos provedores de serviços sem fio, praticamente em qualquer ponto do mundo.

Os benefícios proporcionados pela maior parte dos projetos de monitoramento remoto do mercado são claros e significativos. No entanto, o preço atual das soluções faz com que a relação custo/benefício para grande parte dos setores não compense. Porém, é importante ressaltar que dependendo do setor, a relação custo/benefício pode variar de acordo com o número de pontos conectados. Ou seja, é fundamental a análise individual de cada setor. Sendo assim, as empresas que conseguirem diminuir o custo das aplicações e terminais serão capazes de estimular a adoção das soluções e aumentar a sua participação no mercado.

## 6. CAPÍTULO 06 – ANÁLISE COMPARATIVA DAS TECNOLOGIAS DE REDES SEM FIO E CELULAR

Os sistemas de transmissão sem fio – *Wireless* e Celular aqui estudados, nos mostram as variáveis que teremos que considerar em um sistema de monitoramento remoto conforme segue tabela 08 a seguir:

Tabela 08 – Tabela comparativa entre os sistemas de comunicação sem fio – Wireless e Celular com valores

Fonte dos dados: ANATEL (2005). Agência Nacional de Telecomunicações.

Tecnologia	Vantagens	Desvantagens	Custo de Telecom	Custo de Serviço Mensal
<b>Celular (GPRS)</b>	Não requer investimento em infra-estrutura.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limite de cobertura em algumas regiões.</li> <li>• Sistema de precificação</li> </ul>	US\$30 -300 por máquina	US\$10 – 100
<b>Rádio Frequência Privado (UHF/VHF)</b>	Econômico para aplicações de curta distância (20Km- 40Km)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessidade de licença para operar.</li> <li>• Necessidade de espaço para torres e retransmissores.</li> <li>• Pouca capacidade da rede para dados.</li> </ul>	Em torno de US\$500 – 2.500 por máquina (excluindo os custos das torres e retransmissores ).	Nenhum.
<b>Microondas</b>	Custo baixo para empresas/ clientes que já possuem sistemas de Microondas ( <i>private networks</i> ).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custos relativamente altos para operar e manter.</li> <li>• Necessidade de licença para operar.</li> <li>• Problemas com cobertura</li> </ul>	US\$10.000-60.000 (custo fixo de infra-estrutura)	Nenhum (para empresas que já possuem sistema de microondas).
<b>Satélite</b>	Cobre áreas em que outras tecnologias não chegam.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo alto</li> <li>• Necessidade de licença para operar.</li> </ul>	US\$3.000-20.000 por ponto de transmissão	US\$25 - 100 por mês.

## 7. CONCLUSÕES

O projeto demonstra a facilidade de interatuar com equipamentos de maneira remota, usando as redes de comunicações existentes. Brinda um amplo panorama de possíveis aplicações em muitos campos de atividade.

Pode-se a partir das redes de comunicações existentes interatuar com o dispositivo de maneira remota e dispor de informações constante de suas variáveis de funcionamento com a leitura de medição que se encontra efetuando.

Este estudo mostra-se também que, em locais remotos e de difícil acesso ou onde as linhas físicas não cheguem à comunicação sem fio ou rede celular utilizada no presente trabalho, utilizando frequências e operando nas faixas liberadas pela Anatel, é atualmente a tecnologia que se apresenta como uma solução segura, confiável e adequada para a comunicação de dados.

Verifica-se também que através de uma rede de transmissão sem fio possibilitará a redução dos custos de investimento numa possível implementação a locais remotos, sabendo-se que a maioria dos equipamentos Aerogeradores são instalados em locais onde um sistema de transmissão via cabo seria de grande dificuldade, devido a pedido de autorizações para passagem dos mesmos, custos de implantação, manutenção, entre outros.

A telemetria representa economia (redução de custos) para medição e sensoriamento, pois evita o deslocamento freqüente dos técnicos até o lugar físico dos sensores ou a planta.

A implementação dos comandos AT (Hays) no hardware torna a solução apresentada flexível para a mudança de equipamento celular que empregue o microcontrolador para se comunicar. O protocolo “hays” é um padrão da indústria e muitos modems o implementam por compatibilidade com os serviços existentes.

## 8. RECOMENDAÇÕES

Tradicionalmente, diversos meios de comunicação tem sido utilizados para suportar as aplicações de monitoramento remoto, incluindo sistemas de microondas, rádio privado, linhas telefônicas, rede elétrica, satélite e sistemas de rede proprietárias.

A escolha por uma rede de comunicação específica é, principalmente, uma função da área de cobertura, preço da solução e do equipamento, confiabilidade da solução, e facilidade de integração. A importância dada à cada um dos fatores depende da necessidade em questão.

Um fator importante a se considerar é a frequência com a qual cada aplicação utiliza a rede.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se:

A primeira sugestão para o aperfeiçoamento deste projeto seria a de realizá-lo em um sistema mais compacto, com a utilização de um microcontrolador que ocupe menos espaço físico, bem como seus circuitos auxiliares.

A segunda sugestão seria a implementação deste sistema e utilizá-lo no cotidiano, com tecnologias atuais voltadas para a Internet, utilizando, por exemplo, para desenvolvimento da plataforma de monitoração linguagens de programação para Web e livres. (Java, Perl - Practical Extracting and Reporting Language, etc.)

Como sugestão, fica também a utilização do embasamento mostrado neste projeto para criação de sistemas de automação remotos diversos como, por exemplo, “monitoração de prensas e diversos equipamentos” da Área Metal Mecânica.

Efetuar também um estudo sobre o módulo GPRS utilizando-se protocolo TCP, estudo do módulo EDGE permitindo assim uma maior taxa de transmissão e estudo sobre o módulo UMTS para as redes Celulares de Terceira Geração.

## 9. ANEXOS

### Comandos AT

Comando	Descrição	Comando	Descrição
A/	Repetir o último comando	&K	Controle de fluxo
A	Comando de resposta	&M	Modo de comunicação assíncrona
D	Comando de discagem	&Q	Modo de comunicação assíncrona
E	Comando de eco	&T	Teste do loopback analógico local
H	Controle da Conexão	&V	Verificar a configuração ativa
I	Solicitar informação de Identificação	&W	Armazenar configuração atual
L	Monitorar o volume do alto-falante	+IFC	Controle de fluxo DTE-Modem
M	Monitorar o modo do alto-falante	+IPR	Velocidade fixa do DTE
N	Negociação da modulação	+ES	Seleção do modo de controle de erro
O	Retornar ao modo de dados on-line	+FIT	Temporizador de inatividade
P	Selecionar discagem decádica (pulso)	+ER	Código do resultado do protocolo
Q	Controle do código de resultado	*B	Verificar os números da lista negra
T	Selecionar discagem multifrequencial (tom)	+DS	Controle da compressão de dados
V	Formato da resposta do DCE	%E	Mudança automática da velocidade
W	Formato da resposta de conexão	+MS	Controle de modulação
X	Formato estendido de resposta	&D	Comportamento do sinal DTR (Terminal de Dados Pronto)
Z	Reinicia e restaura o perfil salvo	&F	Carregar configurações de fábrica
&C	Comportamento do sinal RLSD	&G	Controle do tom de guarda do V.22bis

### Resumo dos Comandos AT de teste e depuração

Comando	Descrição	Comando	Descrição
%TT	Comando do teste PTT	#UD	Diagnóstico Unimodem
#UG	Diagnóstico em modo verbose	&T	Teste do loopback analógico

### Resumo do Registrador S

Registrador	Configuração padrão	Descrição	Registrador	Configuração padrão	Descrição
S0	0	Número de toques para atendimento automático	S1	0	Contador do número de toques
S2	43	Caracter de Escape AT	S3	13	Caracter de fim da linha de comando
S4	10	Caracter de formatação de resposta	S5	8	Caracter de edição de linha de comando
S6	2	Espera antes da discagem ou após o modificador "W"	S7	50	Tempo de espera para a conclusão da conexão ou para tom de discagem depois do modificador "W"
S8	2	Tempo do modificador de discagem com vírgula	S10	20	Retardo da desconexão automática
S11	95	Duração do tom DTMF	S12	50	Retardo da seqüência de escape
S29		Tempo do modificador de discagem rápida	S30	0	Temporizador de inatividade
S46		Controle da compressão de dados	S95		Controle das mensagens do código de resultado

### Resumo dos Comandos AT de Fax

Comando	Descrição	Comando	Descrição
+FCLASS?	Indicação da classe de serviço	+FCLASS = ?	Recursos da classe de serviço
+FCLASS = n	Seleção da classe de serviço	+FTS = <n>	Interromper transmissão e aguardar
+FRS = <n>	Receber silêncio	+FTM = <m>	Transmitir dados de Fax com portadora <m>
+FRM = <m>	Receber dados de Fax com portadora <m>	+FTH = <m>	Transmitir dados HDLC com portadora <m>
+FRH = <m>	Receber dados HDLC com portadora <m>	+FTM = ?	Transmitir modulação de Fax
+FRM = ?	Receber modulação de Fax	+FTH = ?	Transmitir modulação de dados HDLC

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, M. S. **Sistemas de Comunicações**. São Paulo, Editora Érica, 2001. ISBN:85-7194-838-0.

ALENCAR, M. S. **Telefonia Celular Digital**. São Paulo: Editora Érica, 2004. 448 p. ISBN: 85-365-0017-4.

BARBOSA, S.G.D. **Plataforma de Simulação para um Sistema de Comunicações Móveis GSM**. Dissertação de Mestrado, Universidade federal da Paraíba. 2002.

BERNAL, P. S. M. **Comunicações Móveis: Tecnologias e Aplicações**. São Paulo. Editora Érica. 2002. ISBN: 85-7194-898-4.

BERNHARDT, M. de F. **Microservidor Web no monitoramento e controle remotos da qualidade da água na carcinicultura**. UFSC, Florianópolis, 2003. 109p . Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) Curso de Pós Graduação em Computação da UFSC.

CUNHA, A. F. **Sistema CDMA: Uma introdução a telefonia móvel digital**. São Paulo Editora Érica. 2006. ISBN 85-365-0123-5.

DORMAN, A. **Wireless Communication: O guia essencial da comunicação sem fio**. Tradução Fabio Freitas. Rio de Janeiro/RJ. Editora Campus. 2001.

EEMAD, K. **CDMA2000 Evolution: System Concepts and Design Principles**. New Jersey. Wiley-Interscience. 2004.

ETSI <http://www.gsmworld.com>. GSM 03.03. Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); **Numbering, addressing and identification**, ETSI.

ETSI <http://www.gsmworld.com>. GSM 03.60. Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); **GPRS Service Description**; Stage 2.

ETSI <http://www.gsmworld.com>. GSM 09.02. Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); **Mobile Application Part (MAP) specification**.

ETSI <http://www.gsmworld.com>. GSM 09.60. Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); **General Packet Radio Service (GPRS); GPRS Tunneling Protocol (GTP) across the Gn and Gp Interface**.

FAVARETTO, F. **Uma contribuição ao processo de gestão da produção pelo uso da coleta automática de dados de chão de fábrica**. 2001. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, USP, São Carlos.

FIORESE, V. **Wireless: Introdução às Redes de Telecomunicações Móveis Celulares**. Rio de Janeiro: Brasport, 2005. 336 p. ISBN 85-7452-214-7.

FROBASE, T. L. **Wireless Solutions for supervisory control systems**. Pipeline & Gas Journal. March 2001. Disponível em: <http://www.periodicos.capes.gov.br>. Acesso em: 25/08/2007.

GARG V.K.; SMOLIK K.; WILKES J.E. **Applications of CDMA in Wireless / Personal Communications**. Upper Saddle River. Prentice-Hall PTR. 1997.

GASPARINI, A. F. L. et al. **Redes Metropolitanas e de Longa Distância: MAN, Campus e WAN Backbone Designer**. 2ª. Ed. São Paulo: Editora Érica, 2002. ISBN 85-7194-636-1.

GREENPEACE (Brasil). **Revolução Energética**: perspectiva para uma energia global sustentável. São Paulo, 2007. Disponível em: [http://www.greenpeace.org.br/energia/?conteudo\\_id=3099&sub\\_campanha=0](http://www.greenpeace.org.br/energia/?conteudo_id=3099&sub_campanha=0). Acesso em: 05 mar. 2007.

HÉLIO W.; MICHEL D. Y. **Telecomunicações - Princípios e Tendências**. São Paulo. Editora Érica. 1997.

LEE, V.; SCHNEIDER, H.; SCHELL, R. **Aplicações Móveis: arquitetura, projeto e desenvolvimento**. São Paulo. Makron Books. 2005.

LEE, W. C. Y. **Mobile Cellular Telecommunications Systems**. New York, USA .McGraw-Hill Book Company. 1989.

MATTOS, A. M. P. **Monitoramento Hidrológico - Via Telefonia**. Itajubá, 2004. 91p. Dissertação (Mestrado de Engenharia da Energia), Curso de Engenharia da Energia, Universidade Federal de Itajubá.

MOTOROLA. **Volkswagen adota tecnologia Motorola para rastreamento de seus serviços**. 2007. Disponível em: <http://www.motorola.com/content.jsp?globalObjectId=5865>. Acesso em: 28 de agosto de 2007.

MULLER S.; Deicke, M.; Doncker R.W. **Doubly Fed Induction Generator Systems for Wind Turbines**. Industry Applications Magazine, IEEE, v.8, n.3, pp.26-33, May-June 2002.

MUNDO SEM FIO. **Motorola estende parceria com PPA**. dec 2006. Disponível em: <http://www.mundosemfio.com.br/news/000243.shtml>. Acesso em: 28 de agosto de 2007.

NATALE, F. **Automação industrial**. São Paulo. Editora Érica. 1995.

OGATA K. **Engenharia de Controle Moderno** (em português) 4ª. Edição. Editora Prentice Hall Brasil. 2003. ISBN: 8587918230. ISBN-13: 9788587918239.

OLIVEIRA, J. F. **Análise de Desempenho de Rede TCP Sobre GPRS em um Ambiente Fim a Fim**. (Dissertação de mestrado) Universidade Federal do Pernambuco. 2004.

RODRIGUES, M. E. C. **Telefonia Celular**. Disponível em <http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr>. acessado em 05/08/2007 .

ROSENBERG A.N.; KEMP S. **CDMA Capacity and Quality Optimization**. New York. McGraw-Hill. 2003.

SAMPAIO, M. A. **Telefonia Digital**. São Paulo. Editora Érica. 1998.

SCHAEFFER L., ARRIECHE F., LEWIS J. JR. **Análise de Desgaste em Materiais de Atrito Orgânicos e Sinterizados, Utilizados em Aeroogeradores de Pequeno Porte.** Porto Alegre. 2007.

SCHWEITZER, C. M.; et. al.. **Tecnologias de Redes sem fio: WPANs, WLANs e WMANs, Desafios de Segurança, Vulnerabilidades e Soluções** – Universidade de São Paulo – USP. São Paulo. 2006.

SOUZA, L. B. de. **Rede de Transmissão de dados, voz e imagem.** São Paulo. Editora Érica. 1996.

STEVENS, W. R. **UNIX Network Programming.** New Jersey. Prentice Hall. 1998.

TANENBAUM, A. S. **Redes de Computadores.** Rio de Janeiro. Editora Campus. 1997.

TANENBAUM, A. S. **Sistemas Operacionais Modernos.** 2ª. Ed. Editora Prentice Hall Brasil. 2007. ISBN: 8587918575. ISBN-13: 9798587918573.

THOMAZINI, D. A.; PEDRO U. B. **Sensores Industriais – Fundamentos e Aplicações.** 1ª Edição . 224 pág. Editora Érica. São Paulo. 2005. ISBN: 8536500719. ISBN-13: 9788536500713.

TOLEDO, A.P. **Redes de Acesso em Telecomunicações: Metálicas, Ópticas, HFC, Estruturadas, Wireless, XDSL, WAP, IP e Satélites.** São Paulo. Editora Makron Books. 2001. 167 p. (ISBN 85-346-1347-8).

TUDE E. **Tutorial TDMA.** [http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialtdma/pagina\\_3.asp](http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialtdma/pagina_3.asp) acessado em 12/10/2007.

YACOUB, M. D. **Foundations of Mobile Radio Engineering.** 2a. ed. C.3, pp 156-181. CRC Press. 1993.