

EDUARDO DE NORONHA LOPES
ETIENNE AMÉRICO CARTOLANO JÚNIOR
RAFAEL GEVAERD DA CRUZ

WIRELESS BEE
UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO PARA AUXÍLIO ÀS ATIVIDADES DE
PESQUISA, ENSINO E COMÉRCIO DE ABELHAS.

Projeto de Formatura apresentado à
disciplina PCS 2050 – Projeto de
Formatura II, da Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo.

São Paulo
2006

OK
4/6/

EDUARDO DE NORONHA LOPES
ETIENNE AMÉRICO CARTOLANO JÚNIOR
RAFAEL GEVAERD DA CRUZ

WIRELESS BEE
UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO PARA AUXÍLIO ÀS ATIVIDADES DE
PESQUISA, ENSINO E COMÉRCIO DE ABELHAS.

Projeto de Formatura apresentado à
disciplina PCS 2050 – Projeto de
Formatura II, da Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo.

Área de Concentração:
Engenharia de Computação e Sistemas
Digitais

Orientador: Prof. Livre-Docente Antonio
Mauro Saraiva

São Paulo
2006

FICHA CATALOGRÁFICA

Lopes, Eduardo de Noronha

Wireless bee: um sistema de informação para auxílio às atividades de pesquisa, ensino e comércio de abelhas / E. de N. Lopes, E.A. Cartolano Júnior, R.G. da Cruz. – São Paulo, 2007. 134 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais.

1.Tecnologia da informação 2.Wireless 3.Biodiversidade 4.Sistemas de informação I.Cartolano Júnior, Etienne Américo II.Cruz, Rafael Gevaerd da III.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais IV.t.

DEDICATÓRIA

Aos nossos pais, tios e avós que tanto lutam por nós.

AGRADECIMENTOS

A Escola Politécnica, que nos acolheu e nos formou Engenheiros.

Ao amigo e professor Antonio Mauro Saraiva, que muito nos ensinou e que sempre nos incentivou.

Ao professor Carlos Eduardo Cugnasca, pela ajuda prestada na implementação da rede LONWorks.

A todos os integrantes do LAA, que sempre quando preciso, estiveram presentes e sempre dispostos a colaborar como o nosso projeto.

A Prof. Vera Lucia, a Cris Giannini, ao Sérgio Hilário e a toda equipe do BeeLab pela ajuda com as abelhas.

Ao Renato Cunha e ao Edmur Canzian, que nos auxiliaram com empréstimos de equipamentos.

A todas as pessoas que durante esses 6 anos de Escola Politécnica, tornaram nossa passagem pela escola algo inesquecível.

E as nossas famílias e namoradas, que hoje compreendem que o final de semana é dia útil para os politécnicos.

"Ou eu acabo a POLI ou a POLI acaba comigo."
(Salsa)

RESUMO

A comercialização de colônias de abelhas para a polinização de culturas está se tornando uma atividade altamente rentável e com perspectivas de um futuro muito próspero. Conhecer o padrão de comportamento e as condições climáticas para a atividade de vôo das abelhas ajuda a identificar as espécies que podem ser utilizadas em determinadas aplicações, climas e regiões, abrindo novas oportunidades de gerenciamento do processo de polinização dentro da atividade agrícola e ambiental. Por isso, as pesquisas sobre o assunto ganham cada vez mais importância, e torna-se oportuno e vantajoso a automação de experimentos sobre as atividades de vôo das abelhas, que influem diretamente no seu processo de polinização. O sistema Wireless Bee se propõe a automatizar a aferição de variáveis climáticas nas colméias racionais do BEELAB e a publicar seus dados na Internet de forma mais abrangente possível, para que possam ser usados à distância por pesquisadores, estudantes e apicultores.

ABSTRACT

The commercialization of bee colonies for the cultures pollination process has become a profitable activity and provides perspectives for a very prosperous future. The knowledge on the behavior standard and the climatic conditions for flight activity helps to identify the species that can be better used in determined applications, climates and regions, aiming at new opportunities of the pollination process, within the agricultural and environmental activity. Therefore, this kind of research is becoming more and more important, and the automation of experiments on the bees flight activities that directly influence the pollination process shows to be an opportune and profitable activity. The Wireless Bee system proposes to automate the measuring process of climatic variables in the rational beehives of the BEELAB and to publish its data in the Internet, so that they can be used by researchers, students and beekeepers.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Colméias Racionais do BEELAB.....	17
Figura 2 - Exemplo de análise da influência das variáveis climáticas na atividade de voo.	23
Figura 3 - Análise da influência da termorregulação.....	25
Figura 4 - Esquema de interação dos usuários do sistema.....	31
Figura 5 - Fluxo de informação proposto para o sistema.....	33
Figura 6 - Implementação de uma Ficha de Espécies.....	35
Figura 7 - Exemplo de Gráfico de Umidade Relativa do Ar externa a uma colméia.....	35
Figura 8 - Arquitetura funcional do Sistema.....	38
Figura 9 – Modularização da arquitetura funcional do Sistema.....	38
Figura 10 - Grupos de processos de gerência de projetos.....	45
Figura 11 - Nível de atividade dos grupos de processos em uma fase de projeto.....	45
Figura 12 - Interação entre os grupos de processos das fases de projeto.....	45
Figura 13 - Arquitetura da tecnologia Web Services.....	51
Figura 14 - Arquitetura da Rede de Dados Bluetooth.....	57
Figura 15 - Arquitetura da Rede Celular CDMA.....	57
Figura 16 - Arquitetura da rede de dados GPRS.....	58
Figura 17 – Arquitetura básica da Instrumentação Eletrônica.....	65
Figura 18 – Arquitetura do modelo Von Neumann de Microcontroladores.....	66
Figura 19 – Arquitetura do modelo Harvard de Microcontroladores.....	66
Figura 20 - Posição do Módulo T01 – Acesso Internet na arquitetura do Sistema.....	72
Figura 21 - Cronograma do Módulo T01.....	72
Figura 22 - Casos de Uso do módulo T01.....	75
Figura 23 - Diagrama de Seqüência do Caso de Uso Consultas às Informações de uma Colméias do Módulo T01.....	76
Figura 24 - Seqüência de Navegação do Módulo T01.....	76
Figura 25 - Exemplo de Ficha de Espécies publicada pelo módulo T01.....	77

Figura 26 - Posição do Módulo T02 – Acesso Administrativo na arquitetura do Sistema.	78
Figura 27 - Posição do Módulo T04 – Acesso Móvel na arquitetura do Sistema.	80
Figura 28 - Cronograma do Módulo T04.	81
Figura 29 - Interface do Módulo T04 - lista de colméias.	82
Figura 30 - Posição do Módulo T05 – Serviços Internet na arquitetura do Sistema.	82
Figura 31 - Cronograma do Módulo T05.	83
Figura 32 - Diagrama de Casos de uso do módulo T05.	86
Figura 33 - Diagrama de Classes da Instrumentação Eletrônica.	86
Figura 34 - Diagrama de Seqüência do Caso de Uso Listar Colméias do módulo T05.	87
Figura 35 - Diagrama de Implantação do Módulo T05.	87
Figura 36 - Diagrama de Comunicação do Módulo T05.	88
Figura 37 - Diagrama de Arquitetura de Software do Módulo T05.	88
Figura 38 – Fluxo de Informação do Módulo T05.	89
Figura 39 - Métodos do serviço do módulo T05.	90
Figura 40 - Posição do Módulo T06 – Banco de Dados na arquitetura do Sistema.	90
Figura 41 - Cronograma do Módulo T06.	91
Figura 42 - Esquema do módulo T06 para a Instrumentação eletrônica.	92
Figura 43 - Representação conceitual de uma Instrumentação Eletrônica no módulo T06.	93
Figura 44 - Esquema de mapeamento no HIBERNATE para uma Instrumentação Eletrônica.	93
Figura 45 - Representação física de uma Instrumentação Eletrônica no módulo T06.	94
Figura 46 - Posição do Módulo T07 – Interface Instrumentação na arquitetura do Sistema.	95
Figura 47 - Cronograma do Módulo T07.	96
Figura 48 – Arquitetura em camadas do protocolo NetBee.	98
Figura 49 – Formato da mensagem do protocolo NetBee.	99
Figura 50 – Formato do Campo Código da Mensagem.	100

Figura 51 - Exemplo de troca de mensagens sob o protocolo NetBee.....	101
Figura 52 – Arquitetura de software do módulo Interface Instrumentação. ...	102
Figura 53 - Arquitetura de Hardware do Módulo T07.....	102
Figura 54 - Posição do Módulo T08 – Rede Sem fio na arquitetura do Sistema.	103
Figura 55 – Cronograma do módulo T08.....	104
Figura 56 - Arquitetura do módulo T08.....	105
Figura 57 – Arquitetura de software da interface "Interface Instrumentação X Rede Sem Fio".	106
Figura 58 - Circuito Elétrico de comunicação Serial do módulo T08.	107
Figura 59 - conexão entre os módulos T08 e T10.	108
Figura 60 - Circuito Elétrico do hardware de comunicação entre os módulos T08 e T10.....	109
Figura 61 – Resultado da Rede de Comunicação sem Fio – módulo T08....	110
Figura 62 - NodeBuilder da Echelon.....	110
Figura 63 - Esquema do Transceiver do Nó LON.....	111
Figura 64 - Posição do Módulo T09 – Rede Celular na arquitetura do Sistema.	112
Figura 65 - Cronograma do Módulo T09.....	112
Figura 66 - Arquitetura do módulo T09 – Rede Celular.	114
Figura 67 – Arquitetura da conexão entre os módulos T07 e T09.....	115
Figura 68 – Arquitetura da conexão entre os módulos T09 e T10.....	115
Figura 69 – Resultado da Rede de comunicação Celular - Módulo T09.....	116
Figura 70 - Arquitetura do Sistema M2MS da ADTS.	118
Figura 71 - Interface do software SCC do M2MS.	120
Figura 72 - Posição do Módulo T10 – Instrumentação Eletrônica na arquitetura do Sistema.	120
Figura 73 - Cronograma do Módulo T09.....	121
Figura 74 - Divisão funcional do módulo T10 Interface Instrumentação.....	123
Figura 75 - Estrutura principal – WBSensor do módulo T10.....	124
Figura 76 - Tratando mensagens NetBee – WBSensor do módulo T10.....	124
Figura 77 - Rotina de Coleta de Dados do módulo T10.....	125
Figura 78 - Envio de dados ao módulo central do módulo T10.....	125

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplo de análise de experimento da influência do Índice Pluviométrico na atividade de vôo.....	24
Tabela 2 – Processos das áreas de conhecimento do PMBOK e os grupos de processos.....	46
Tabela 3 - Mapeamento do protocolo LONTalk nas camadas OSI.....	61
Tabela 4 - Produtos da Fase de Especificação.	71
Tabela 5 - Tabela de Requisitos do Módulo T01.	73
Tabela 6 - Produtos do Módulo T01 – Acesso Internet.....	73
Tabela 7 - Tabela de Requisitos do Módulo T02.	78
Tabela 8 - Produtos do Módulo T01 – Acesso Internet.....	79
Tabela 9 - Produtos do Módulo T04 – Acesso Móvel.	81
Tabela 10 - Tabela de Requisitos do Módulo T05.	83
Tabela 11 - Produtos do Módulo T05 – Serviços Internet.....	84
Tabela 12 - Produtos do Módulo T06 – Banco de Dados.....	91
Tabela 13 - Tabela de Requisitos do Módulo T01,	96
Tabela 14 - Produtos do Módulo T07 – Interface Instrumentação.....	96
Tabela 15 - conjunto de mensagens do protocolo netBee.....	100
Tabela 16 - Produtos do Módulo T08 – Rede Sem fio.....	104
Tabela 17 - Produtos do Módulo T08 – Rede Sem fio.....	113
Tabela 18 - Tabela de Requisitos do Módulo T10.....	121
Tabela 19 - Produtos do Módulo T10 – Instrumentação Eletrônica.....	121

SUMÁRIO

1	Introdução.....	16
1.1	Objetivos.....	16
1.2	Motivação.....	16
1.3	Organização.....	18
2	Atividades de Pesquisa, Ensino e Comércio de Abelhas.....	19
2.1	A Importância do Estudo da Polinização.....	19
2.2	As Pesquisas das Atividades de Polinização.....	21
2.2.1	Caracterização Climáticas das Atividades de Voo.....	21
2.2.2	Padrões de Comportamento – Termorregulação.....	24
2.3	Publicação e Ensino dos Estudos de Polinização.....	26
2.3.1	A Iniciativa Brasileira dos Polinizadores – BPI e WebBee.....	26
2.3.2	Cursos sobre Polinização.....	27
2.3.3	Considerações Finais.....	27
3	Apresentação dos Requisitos do Sistema.....	29
3.1	Funções Principais do Sistema.....	29
3.2	Usuários do Sistema.....	31
3.3	Fluxo de Informações.....	32
3.4	Arquitetura Funcional do Sistema.....	36
4	Tecnologias, Metodologias e Conceitos aplicados.....	41
4.1	Gestão de Projetos.....	41
4.1.1	Algumas Metodologias de Gestão de Projetos.....	41
4.1.2	PMBOK.....	42
4.2	Processamento Distribuído.....	48
4.2.1	Algumas Tecnologias e Ferramentas de Mercado.....	48
4.2.2	Web Services.....	49
4.3	Armazenagem dos Dados.....	53

4.3.1	Tecnologias e Ferramentas de Mercado	53
4.4	Redes de Comunicação	56
4.4.1	Algumas Tecnologias de Redes de Dados	56
4.4.2	GPRS.....	58
4.4.3	Algumas Tecnologias de Rede de Controle	59
4.4.4	LONWORKS.....	60
4.5	Instrumentação Eletrônica	64
4.5.1	Unidade de Processamento.....	65
4.5.2	Sensores.....	67
4.5.3	Armazenamento de Dados	69
5	Especificação e Implementação da Solução	71
5.1	Módulo T01 – Acesso Internet	71
5.1.1	Gerência de Projeto do Módulo T01	72
5.1.2	Especificação do Módulo T01	73
5.1.3	Análise do Módulo T01	74
5.1.4	Implementação do Módulo T01.....	77
5.1.5	Resultados do Módulo T01	77
5.2	Módulo T02 – Acesso Administrativo	78
5.2.1	Gerência de Projeto do Módulo T02	78
5.2.2	Especificação do Módulo T02	79
5.3	Módulo T04 – Acesso Móvel.....	80
5.3.1	Gerência de Projeto do Módulo T04	80
5.3.2	Resultados do módulo T04	81
5.4	Módulo T05 – Serviços Internet	82
5.4.1	Gerência de Projeto do Módulo T05	83
5.4.2	Especificação do Módulo T05	84
5.4.3	Análise do Módulo T05	85
5.4.4	Implementação do Módulo T05.....	88
5.4.5	Resultados do Módulo T05	90
5.5	Módulo T06 – Banco de Dados.....	90
5.5.1	Gerência de Projeto do Módulo T06	91

5.5.2	Especificação do Módulo T06	92
5.5.3	Análise do Módulo T06	92
5.5.4	Implementação do Módulo T06.....	93
5.5.5	Resultados do Módulo T06.....	94
5.6	Módulo T07 – Interface Instrumentação.....	95
5.6.1	Gerência de Projeto do Módulo T07	95
5.6.2	Especificação do Módulo T07	97
5.6.3	Análise do Módulo T07	98
5.6.4	Implementação do Módulo T07.....	101
5.6.5	Resultados do Módulo T07	102
5.7	Módulo T08 – Rede Sem Fio	103
5.7.1	Gerência de Projeto do Módulo T08	103
5.7.2	Especificação do Módulo T08	104
5.7.3	Análise do Módulo T08	105
5.7.4	Implementação do Módulo T08.....	105
5.7.5	Resultados do Módulo T08	109
5.8	Módulo T09 – Rede Celular	112
5.8.1	Gerência de Projeto do Módulo T09	112
5.8.2	Especificação do Módulo T09	113
5.8.3	Análise do Módulo T09	113
5.8.4	Implementação do Módulo T09.....	114
5.8.5	Resultados do Módulo T09	116
5.9	Módulo T10 – Instrumentação Eletrônica.....	120
5.9.1	Gerência de Projeto do Módulo T10	120
5.9.2	Especificação do Módulo T10	122
5.9.3	Análise do Módulo T10	123
5.9.4	Implementação do Módulo T10.....	123
5.9.5	Resultados do Módulo T10	124
6	Conclusão	126

Capítulo 1

1 Introdução

1.1 Objetivos

O sistema Wireless Bee tem como objetivo ser uma ferramenta de auxílio para tomada de decisões em atividades de pesquisa, ensino e comércio de abelhas. O sistema irá automatizar parte das atividades de monitoramento das colméias do Laboratório de Abelhas - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (IB/BEELAB)¹ e será responsável pela administração e publicação destes dados. Como parte das informações de suporte às decisões, também serão disponibilizadas informações do BEELAB sobre espécies de abelhas, possibilitando um universo maior de dados para serem analisados.

1.2 Motivação

As abelhas são importantes agentes polinizadores de diversas culturas, tendo influência direta na produção agrícola, na manutenção do equilíbrio ecológico e na reprodução de diversas espécies botânicas nativas. O manejo e a criação de abelhas nativas para a polinização de culturas comerciais têm se desenvolvido como atividade de desenvolvimento sustentado, e tem motivado diversos estudos sobre seu comportamento (MALAGODI-BRAGA, KLEINERT, IMPERATIRZ-FONSECA; 2005). Conhecer o padrão de comportamento e as condições climáticas para a atividade de vôo ajuda a identificar as espécies que podem ser utilizadas em determinadas aplicações, climas e regiões, abrindo novas oportunidades de gerenciamento do processo de polinização dentro da atividade agrícola e ambiental.

O BEELAB possui um jardim com diversas colméias racionais² em seu terreno (Figura 1), onde são realizados a maior parte de seus experimentos que dão suporte

¹ Laboratório de Abelhas: <http://eco.ib.usp.br/BEELAB>

² De acordo com Hilário, S. D. "colméia racional é uma colônia retirada de seu alojamento natural e colocada dentro de uma caixa de madeira, racionalmente dividida, com espaços pré-definidos para o favo e os potes de alimento.". Mensagem pessoal recebida em 01/12/2006.

às pesquisas sobre padrões de comportamento e condições climáticas para a atividade de vôo das abelhas. Entre estes experimentos estão os de contagem de indivíduos na entrada das colméias e os de medição das variáveis abióticas (temperatura, umidade relativa, intensidade luminosa, velocidade do vento, precipitação pluviométrica) internas e externas às colméias.

A partir da cooperação entre o Laboratório de Abelhas e o Laboratório de Automação Agrícola da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo³ (EP/LAA), levantou-se a oportunidade de automatizar estes experimentos para ganhar mais produtividade e qualidade nas pesquisas, surgindo então a iniciativa do Sistema Wireless Bee.



Figura 1 - Colméias Racionais do BEELAB.

Propõe-se que o sistema Wireless Bee automatize a medição das variáveis abióticas nas colméias racionais do BEELAB. Ele também deve publicar os seus dados de forma mais abrangente possível, para que possam ser usados nas pesquisas (locais e remotas) de comportamento e de condições climáticas para a atividade de vôo das abelhas, no gerenciamento dos processos de polinização dentro das atividades agrícolas e ambientais e no ensino de tais atividades.

³ Laboratório de Automação Agrícola – <http://www.pcs.usp.br/~laa>

1.3 Organização

Este texto apresenta os objetivos do Sistema Wireless Bee, os seus aspectos tecnológicos envolvidos, a gestão e implementação do projeto e uma discussão sobre os resultados, organizados em 5 capítulos.

- O Capítulo 2 faz uma apresentação das atividades de pesquisa, ensino e comércio de abelhas para as quais o Sistema irá servir como ferramenta de apoio.
- O Capítulo 3 descreve os requisitos de Sistema levantados junto à equipe de pesquisadores do Laboratório de Abelhas, baseados nas atividades do Capítulo 2.
- No Capítulo 4, são discutidas as tecnologias, metodologias e conceitos utilizados no projeto do Sistema.
- O Capítulo 5 são apresentados às especificações do projeto, sua implementação e os resultados obtidos no protótipo desenvolvido.
- No Capítulo 6 é apresentada uma conclusão do trabalho.

Capítulo 2

2 Atividades de Pesquisa, Ensino e Comércio de Abelhas.

Conhecer as atividades de pesquisa, ensino e comércio de colônias de abelhas para as quais o Sistema servirá de ferramenta de apoio é essencial para definir o seu escopo. Este estudo é importante para identificar em quais etapas da atividade de pesquisa, por exemplo, a ferramenta será utilizada, quais dados serão passados à ferramenta, como ela deverá tratar esses dados, baseando-se no processo como um todo, e como ela deverá publicá-los.

Neste sentido, é importante observar que o Sistema será utilizado em três tipos distintos de atividades: pesquisa, ensino e comércio, e que elas podem fazer uso de suas informações de formas diferentes. Por isso, propõe-se anotar uma convergência de interesses destas atividades em relação ao monitoramento de variáveis abióticas, de seu tratamento e de sua publicação, para evitar a redundância de dados e funções do Sistema.

2.1 A Importância do Estudo da Polinização

A importância das abelhas como produtoras de mel é inegável. Entretanto, as abelhas também produzem cera, pólen e resina, produtos estes atualmente de grande valor comercial. Mas é na visita às flores para buscar recursos alimentares que as abelhas executam um serviço importante ao ambiente (Kremen 2005). Voando de flor em flor para buscar o néctar, fonte dos açúcares que são matéria prima para o mel, ou o pólen, fonte de proteínas para a sua cria, as abelhas polinizam as flores. (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2004) Por isso, as abelhas são consideradas importantes agentes polinizadores de diversas culturas, tendo influência direta na produção agrícola, na manutenção do equilíbrio ecológico e na reprodução de diversas espécies de plantas (MALAGODI-BRAGA, KLEINERT, IMPERATRIZ-FONSECA; 2005).

A polinização constitui-se atualmente em um fator de produção fundamental para as culturas agrícolas ao redor do mundo. Além do aumento no número de vagens ou frutos vingados, a polinização bem conduzida também leva a um

aumento no número de grãos por vagem, melhora a qualidade dos frutos e diminui os índices de malformação, aumenta o teor de óleos e outras substâncias extraídas dos frutos, encurta o ciclo de certas culturas agrícolas e ainda uniformiza o amadurecimento dos frutos diminuindo as perdas na colheita (WILLIAMS et al., 1991)

Em países da Comunidade Européia e nos Estados Unidos, Canadá, Austrália e Nova Zelândia, o uso de serviços de polinização tem sido um dos principais responsáveis pela produtividade e rentabilidade da agricultura. Nesses países o comércio de serviços de polinização é muito organizado, tanto do lado dos apicultores que vendem esses serviços quanto da parte dos agricultores que os compram. No Brasil, no entanto, ainda prevalece a errônea idéia de que a simples introdução na área plantada de algumas colméias de abelhas já é suficiente para se obter os níveis ideais de polinização (FREITAS, 1994). Isto acontece porque o conhecimento não chega de forma eficiente aos apicultores e agricultores, ou porque o conhecimento que chega, não pode ser aplicado às condições regionais dessas pessoas. Sendo assim, é necessário conhecer e ensinar em quais condições regionais: clima, flora, competidores, etc. a introdução de uma espécie de abelha de determinado comportamento trará benefícios.

O uso de uma espécie para polinização de culturas agrícolas em uma determinada região, pode não trazer os mesmos benefícios que a sua utilização em outra região de condições climáticas diferentes, principalmente quando consideramos a extensão e a diversidade do território brasileiro. Ao mesmo tempo, os conhecimentos sobre quais espécies podem se adaptar bem a uma determinada região e atuar como polinizadores nem sempre está disponível aos apicultores e agricultores.

Este é um dos motivos pelos quais pesquisas realizadas por instituições brasileiras dedicadas ao estudo das abelhas, como o Laboratório de Abelhas do IB, uma das referências no estudo de espécies de abelhas nativas, ganham cada vez mais importância. Estas instituições podem aumentar, quantitativamente e qualitativamente, o conhecimento dos apicultores e agricultores com informações específicas sobre a biologia das abelhas, a produção de mel e a polinização de culturas na sua região e ao mesmo tempo, podem buscar informações com institutos parceiros de outras regiões sobre novas espécies de abelhas que apresentem potencial para atuarem localmente como polinizadores eficientes.

Neste cenário, é muito vantajoso e oportuno aplicar técnicas de engenharia e de computação aos processos de pesquisa e publicação desses institutos com intuito de dinamizar e impulsionar seus resultados. A automação dos processos de pesquisa aumenta a precisão dos dados de experimentos e libera os pesquisadores para tarefas mais nobres, como a análise de dados, por exemplo, e ao mesmo tempo, permite que a publicação e o ensino do conhecimento levantado sejam mais abrangentes e eficientes.

2.2 As Pesquisas das Atividades de Polinização

As pesquisas realizadas pelo Laboratório de Abelhas envolvem trabalhos em biodiversidade em áreas tropicais (antrópicas e naturais), relações entre abelhas e flores, o uso dos produtos das abelhas como ferramenta ecológica na determinação da visita às flores e no monitoramento ambiental, ecologia comportamental e criação de abelhas indígenas.

A atividade de polinização realizada pelas abelhas está diretamente ligada à sua atividade de voo em busca de pólen e néctar. Entre as principais pesquisas realizadas pelo BEELAB que estudam padrões de comportamento estão as pesquisas de caracterização climática das atividades de voo e de termorregulação.

2.2.1 Caracterização Climáticas das Atividades de Voo

"A atividade de voo, também denominada atividade externa, é a saída ou entrada de abelhas nos ninhos, com ou sem material." (HILÁRIO, 2005, p. 9). Nos últimos anos, a atividade de voo de abelhas sem ferrão tem sido estudada em vários aspectos. Assim, verificou-se que ela pode ser influenciada por fatores climáticos, tais como: temperatura, intensidade luminosa, umidade relativa, chuva e vento (Oliveira, 1973b; Iwama, 1977; Kleinert-Giovannini & Imperatriz-Fonseca, 1986; Hilário & Imperatriz-Fonseca, 2002; Contrera *et al.*, 2005) apud (HILÁRIO, 2005, p. 2). Além disto, outros fatores também podem afetar a atividade de voo, como as condições internas da colônia, a fisiologia e o tamanho das abelhas e a disponibilidade de recursos florais.

Para verificar a influência do clima nas atividades de voo são realizados experimentos que utilizam os dados das variáveis abióticas da região comparados

com os dados de contagem de abelhas. Em geral, são correlacionados os seguintes dados:

- **Contagem de Abelhas:** Nesta etapa da pesquisa, todos os indivíduos que entraram e saíram da colônia são registrados através de sensores colocados no acesso externo da colméia ou através de contadores manuais. Hoje no BEELAB, a contagem das abelhas não é constante e é sujeita a dificuldades. O comportamento das abelhas frente à presença dos sensores é muito imprevisível e interfere diretamente na contagem: variando de obstrução da contagem com blocos de cera até a "vigília" em frente os sensores, invalidando a contagem. A utilização dos contadores manuais está sujeita a disponibilidade dos pesquisadores e a imprecisão inerente ao desgaste do observador.
- **Horário da Atividade de Forrageamento:** São analisados os horários de aurora e crepúsculo⁴ para delimitar onde é possível a ocorrência de atividade de forrageamento. Forrageamento é definido pelo Serviço de Pesquisa em Agricultura do Depto. de Agricultura dos EUA (ARS-USDA, 2005) como o ato de coletar pólen e néctar das flores pelas abelhas operárias. No BEELAB estes dados são obtidos de fontes externas ao laboratório, geralmente, eles provêm do Observatório Naval dos Estados Unidos e podem ser acessados em <http://aa.usno.navy.mil>.
- **Dados Climáticos da Região:** Estes dados são coletados para que seja verificada a influência das variáveis climáticas (chuva, temperatura, umidade relativa, radiação solar, velocidade e direção do vento e pressão barométrica) durante as estações do ano nas atividades de vôo. No BEELAB estes dados climáticos são obtidos de institutos

⁴ A Aurora e o Crepúsculo - Civil Twilight são definidos pelo Observatório Naval dos EUA, respectivamente, como o início da manhã e o final da tarde quando o centro do Sol está geometricamente a 6 graus abaixo da linha do horizonte. Este é o limite em que a iluminação é suficiente, sob boas condições climáticas, para que objetos terrestres possam ser claramente distinguíveis. Disponível em <http://aa.usno.navy.mil>. Acessado em 25/10/06;

externos. Geralmente, eles provêm do Laboratório de Climatologia e Biogeografia do Departamento de Geografia, FFCLH – Universidade de São Paulo.

Após a aferição dos dados de contagem e a obtenção dos dados climáticos com outros institutos de pesquisa, os pesquisadores do BEELAB utilizam métodos estatísticos para relacionar estes dados e agrupá-los de acordo com as estações do ano. Em geral, os resultados são gráficos e tabelas, como nos exemplos a seguir:

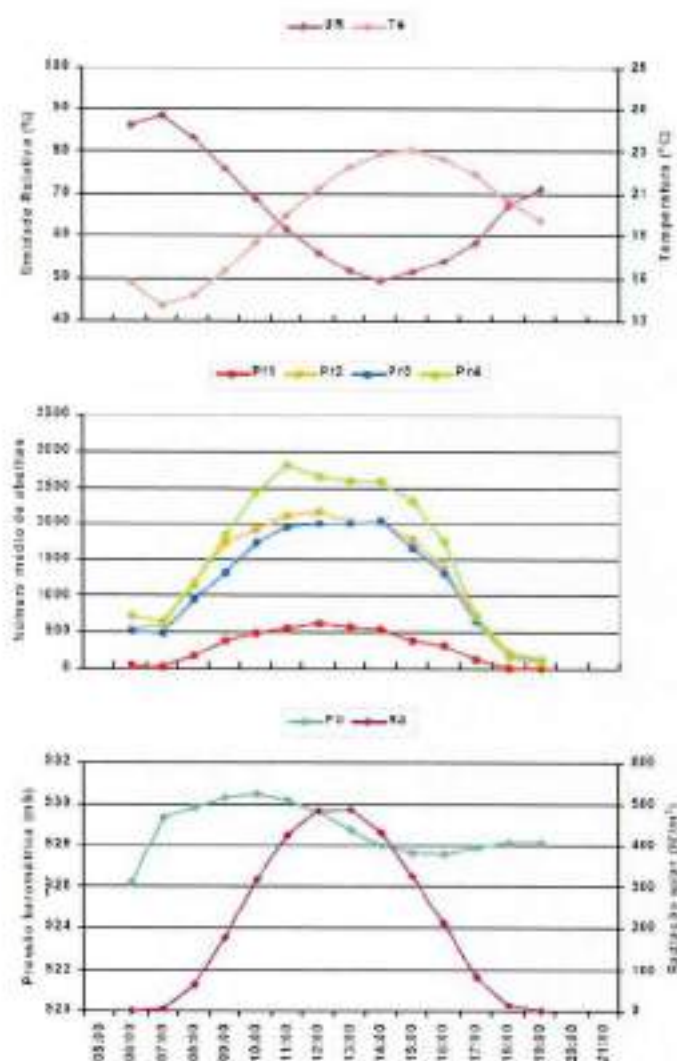


Figura 2 - Exemplo de análise da influência das variáveis climáticas na atividade de vôo.

Fonte HILÁRIO (2005)

A Figura 2 mostra a atividade de vôo de quatro colônias da espécie de abelha *Plebeia remota* em relação à umidade relativa do ar (%), a temperatura (°C), a pressão barométrica (mb) e a radiação solar (W/m^2), no outono (HILÁRIO, 2005).

Tabela 1 - Exemplo de análise de experimento da influência do Índice Pluviométrico na atividade de vôo.

Fonte HILÁRIO (2005)

Características da chuva	Antes da chuva (%)	Durante a chuva (%)	Depois da chuva (%)
Chuva por estações			
Verão	- 0,9	- 13,9	- 0,6
Outono	- 21,4	- 10,8	35,4
Inverno	- 6,7	- 6,1	- 9,3
Primavera	- 7,5	- 7,9	47,1
Intensidade da chuva			
Até 1,0 mm	0,5	0,4	10,4
De 1,0 a 10,0 mm	- 13,7	- 13,1	32,0
Acima de 10,0 mm	- 26,9	- 47,8	0,3
Frequência da chuva			
Uma vez por dia	- 13,8	- 19,8	15,0
Mais que uma vez por dia	0,0	- 2,6	18,7
Duração da chuva			
Uma hora	5,5	- 0,3	12,8
Mais que uma hora	- 23,2	- 21,7	23,2
Hora de ocorrência da chuva			
Das 05:00 h às 08:59 h	27,7	- 25,9	23,3
Das 09:00 h às 12:59 h	- 14,9	5,5	34,8
Das 13:00 h às 16:59 h	- 11,7	- 16,5	4,1
Das 17:00 h às 20:59 h	- 3,4	- 8,8	14,5

A Tabela 1 é um exemplo de análise do efeito das características da chuva sobre a atividade de vôo de uma colônia proveniente de Cunha (SP), da espécie de abelha *Plebeia remota*. Números positivos e negativos indicam, respectivamente, a porcentagem de acréscimo e decréscimo na atividade de vôo (HILÁRIO, 2005).

2.2.2 Padrões de Comportamento – Termorregulação

A Termorregulação é definida por Heinrich (1993 apud Hilário 2005, p. 90) como a manutenção de uma temperatura (ou faixa) específica, independente de processos passivos. Sua função primordial é que ovos, larvas e pupas cresçam e desenvolvam-se rapidamente. A partir do fenômeno da termorregulação, percebe-se que as temperaturas no interior de algumas colméias são maiores e sofrem menos oscilações do que a temperatura ambiente, e que diferença entre as temperaturas interna e ambiente podem ter maior influência sobre a atividade de vôo do que a destas temperaturas consideradas isoladamente (HILÁRIO, 2005).

Para verificar essa influência são realizados experimentos que utilizam os dados de temperatura e umidade relativa do ar da região e do interior da colméia comparados com os dados de contagem de abelhas. Em geral, são correlacionados

os dados horários já descritos: a Contagem de Abelhas e os valores das Variáveis Climáticas da Região (temperatura e umidade), e também:

- Variáveis Climáticas no Interior da Colméia: Coletores de dados são instalados dentro das colméias, próximo aos favos de cria, e conectados a computadores. Os dados coletados são exportados para planilhas comerciais para análise, aumentando a complexidade da aferição e a possibilidade de erros. A atividade de coleta é limitada pela capacidade de memória do aparelho, restringindo o período de coleta autônoma. O comportamento das abelhas frente aos coletores é muito imprevisível e interfere diretamente na aferição. Geralmente as abelhas encapsulam os sensores, pois os considera como corpos estranhos a colméia, interferindo na calibração do sensor de temperatura e na qualidade do sensor de umidade relativa do ar, pois impede o contato do sensor com o ar.

Após a aferição desses dados os pesquisadores do BEELAB utilizam métodos estatísticos para relacionar estes dados, e agrupá-los de acordo com as estações do ano, excluindo-se dados de alguns períodos específicos.

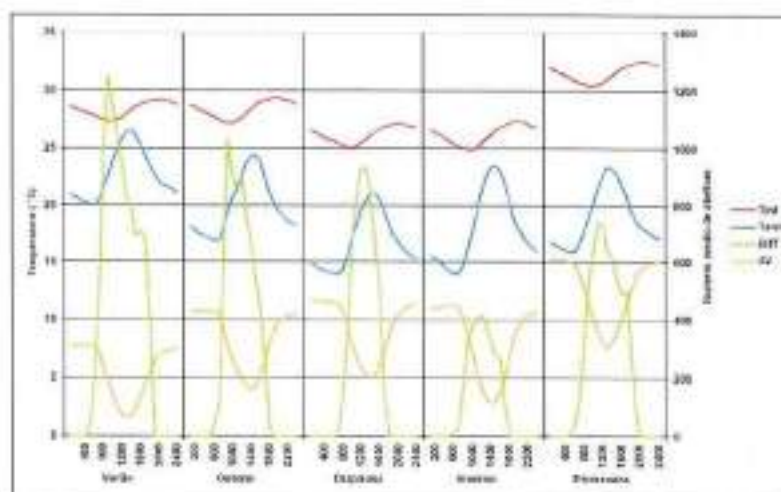


Figura 3 - Análise da influência da termorregulação.

Fonte HILÁRIO(2005)

A Figura 3 mostra a variação horária da temperatura interna (Tint), da temperatura ambiente (Tamb), da diferença entre as temperaturas interna e

ambiente (DiFT) e da atividade de vôo (AV) da colônia Pr1, de *Plebeia remota*, nas estações do ano e no período da diapausa reprodutiva⁵.

2.3 Publicação e Ensino dos Estudos de Polinização

É cada vez mais comum a utilização da Internet para a concentração de informações e ações de preservação da biodiversidade e do ambiente. O BEELAB participa de duas das principais iniciativas brasileiras desse tipo com abelhas: a Iniciativa Brasileira de Polinizadores e a WebBee. Neles são disponibilizadas informações sobre encontros, artigos sobre a preservação, criação e utilização das abelhas como polinizadores naturais e cursos sobre tais atividades. Geralmente, estes cursos são compilações dos cursos de graduação, pós-graduação e especialização ministrados no Laboratório de Abelhas.

2.3.1 A Iniciativa Brasileira dos Polinizadores – BPI e WebBee

A importância dos serviços ambientais promovidos pelos polinizadores quando visitam as flores é reconhecida internacionalmente e no Brasil gerou a Iniciativa Brasileira dos Polinizadores - BPI, que procura divulgar documentos, eventos e ações que envolvem a polinização. Ela conta com a organização e o apoio da comunidade científica envolvida com o tema, especialmente da Universidade de S. Paulo. O BEELAB é um dos principais participantes dessa Iniciativa e contribui com resultados de suas pesquisas, em forma de artigos, tutoriais, vídeos e fotos, publicado no site da Iniciativa⁶.

A WebBee é uma rede de informações sobre biodiversidade brasileira em abelhas⁷. Ela se propõe a ser um local de integração das informações sobre a biologia e a criação das diversas espécies de abelhas e sobre seus habitats, englobando textos, imagens e vídeos voltados para diversos públicos. Além de um banco de dados sobre as espécies conhecidas, pretende-se disponibilizar material

⁵ Diapausa reprodutiva: é a interrupção das células de cria, pelas operárias, e da postura, pela rainha. Ocorre durante o outono e inverno e tem sido mencionada para algumas espécies de *Plebeia*.
Fonte: http://eco.ib.usp.br/BEELAB/ribeiro_et_al.pdf

⁶ Iniciativa Brasileira dos Polinizadores – BPI, disponível em: <http://www.webbee.org.br/bpi/>

⁷ WebBee, disponível em: <http://www.webbee.org.br>

didático para educação à distância, visando atender à demanda por conteúdos em português e também em outras línguas. Com a WebBee se pretende estimular a implementação de uma rede virtual e aberta a pesquisadores e especialistas em criação de abelhas para a geração e aplicação desses conteúdos digitais, disponibilizando-os numa mesma plataforma de software na Internet.

2.3.2 Cursos sobre Polinização

Além das pesquisas, o Laboratório de Abelhas também é uma das referências no ensino sobre espécies de abelhas nativas. Os professores e pesquisadores do BEELAB ministram, ou participam como palestrantes, de disciplinas de graduação e pós-graduação do departamento de Ecologia do Instituto de Biociências e de outras instituições. Estes cursos são geralmente divididos entre aulas teóricas e práticas.

No BEELAB, as colméias racionais são utilizadas pelos estudantes durante as aulas práticas de biologia e comportamento das abelhas, ou para realização de trabalhos acadêmicos, por exemplo, na disciplina BIE5707-5 Tópicos especiais em ecologia – estratégias de forrageamento em meliponíneos. Nesta disciplina os alunos são conduzidos a estudar na prática a polinização por abelhas.

Em todos os casos o acesso às variáveis abióticas das colméias artificiais é feito manualmente e o histórico de medidas é disponibilizado em papel. Facilitar o acesso dos estudantes ao monitoramento automático das colméias racionais, seja nos estudos de campo ou na Internet, pode impulsionar o aproveitamento e o interesse dos alunos e também facilitar o trabalho dos professores durante os cursos.

2.3.3 Considerações Finais

A comercialização de colônias de abelhas para a polinização de culturas está se tornando uma atividade altamente rentável e com perspectivas de futuro muito próspero. Por isso, as pesquisas sobre o assunto ganham cada vez mais importância, e torna-se oportuna e vantajosa a automação de experimentos sobre as atividades de vôo das abelhas, que influem diretamente no seu processo de polinização. A caracterização climática das atividades de vôo e a termorregulação

estão entre as principais linhas de pesquisas do BEELAB. Estas duas linhas têm em comum o monitoramento de variáveis abióticas internas e externas às colméias, dentre as quais se destacam a temperatura e a umidade relativa do ar.

O uso destes dados climáticos pelos estudantes, pesquisadores e apicultores, cada um com seu nível de interesse e profundidade, concentra-se principalmente na análise da adaptação das abelhas a um tipo de clima e do seu comportamento frente a uma variação climática.

Não existem restrições individuais das atividades de pesquisa, ensino e comércio de colônias de abelhas ao monitoramento regular/instantâneo das variáveis ambientais internas e externas às colméias, a particularidade está no uso final dessas informações. Em geral, os pesquisadores aplicam métodos estatísticos para analisar os dados climáticos em busca de fundamentos científicos para os padrões de comportamento e condições de vôo das abelhas e os estudantes, apicultores e sociedade em geral buscam correlacionar às condições climáticas da sua região em busca das espécies que se adaptam a ela, ou têm grande potencial para isto.

Capítulo 3

3 Apresentação dos Requisitos do Sistema

Este capítulo apresenta os requisitos de alto nível do Sistema levantados junto aos pesquisadores do BEELAB e que têm como base os processos de negócio apresentados no Capítulo 2. Eles definem as funções principais do Sistema, os seus usuários e o seu fluxo de informação.

A definição destes requisitos de alto nível, considerados requisitos básicos do negócio, é o primeiro passo para delimitar o escopo do novo sistema. Eles também servirão de base para os requisitos de projeto mais específicos, que passam a envolver aspectos tecnológicos e que serão discutidos mais adiante no capítulo 5.

3.1 Funções Principais do Sistema

A principal tarefa do Sistema é monitorar as variáveis temperatura e umidade relativa do ar das colméias racionais do BEELAB e publicá-las aos apicultores, estudantes, pesquisadores e sociedade em geral. No entanto, a execução desta tarefa gera atividades mais específicas e que são diretamente influenciadas pelos requisitos levantados junto aos pesquisadores do BEELAB. A partir destas atividades definimos as funções principais do Sistema:

- **Oferecer um serviço de distribuição de dados independente da sua publicação final.** No capítulo anterior foi concluído que a diferenciação dos usuários pelo Sistema ocorre apenas no uso final dos dados. Desse modo, tornou-se conveniente separar a publicação final dos dados da sua distribuição. Havendo um serviço único de distribuição dos dados, os usuários podem construir suas próprias ferramentas para utilizar os dados do Sistema.
- **Disponibilizar uma ferramenta própria de utilização dos dados para todos os usuários, e uma específica para os usuários de campo.** Mesmo não havendo uma convergência no uso final dos seus dados por parte dos usuários, o Sistema deve fornecer ferramentas

próprias para tal, onde deve existir uma ferramenta particular para os usuários de campo. Os serviços prestados por estas ferramentas devem ser comuns a todos os tipos de usuários, ou seja, não devem ser específicos.

- **Disponibilizar informações sobre espécies de abelhas.** Estas informações sobre espécies de abelhas deverão servir de apoio à análise dos dados de monitoramento e devem ser publicados junto com estes dados.
- **Administração do sistema pelos pesquisadores do BEELAB.** O monitoramento das colméias racionais envolve o tratamento de mais dados além das variáveis de temperatura e umidade relativa do ar. Os pesquisadores também devem identificar as colméias monitoradas, configurar o monitoramento das variáveis ambientais e atualizar as informações sobre as espécies de abelhas.
- **Armazenagem centralizada dos dados.** Todos os dados do Sistema: informações sobre colméias, dados climáticos aferidos, configurações do monitoramento e informações sobre espécies de abelhas devem ser guardados em um mesmo lugar. Esta centralização facilita a sua administração e utilização e aumenta a segurança.
- **Monitoramento das variáveis de temperatura e umidade das colméias.** Instrumentações eletrônicas deverão realizar medições periódicas, ou instantâneas, de temperatura e umidade relativa do ar, internas e externas às colméias. Estes dados deverão ser agrupados em relatórios e enviados em períodos pré-configurados ao repositório central de dados.
- **Comunicação sem Fio entre as instrumentações eletrônicas e os outros módulos do Sistema.** Devido à distância entre as colméias e ao meio agressivo em que se localizam, os dados de monitoração e de controle das instrumentações eletrônicas deverão trafegar por uma rede de comunicação sem fio com operação transparente aos usuários finais.


3.2 Usuários do Sistema





Os usuários do Sistema são basicamente os mesmos atores com os quais o Laboratório de Abelhas mantém relações de pesquisa e ensino; entre eles estão: as instituições parceiras do BEELAB, que contribuem com a execução de experimentos e com a análise de dados; os alunos de graduação, pós-graduação e especialização do Instituto de Biociências/BEELAB que têm aulas de campo no terreno do Laboratório e utilizam as suas pesquisas para compor teses e trabalhos de curso; e por fim, estão os apicultores, os alunos de ensino fundamental/médio e a sociedade como um todo que, em geral, procuram informações sobre a criação e a biologia das abelhas. É importante frisar que os pesquisadores do BEELAB também fornecem dados de espécies de abelhas e de suas pesquisas para alimentar outros sistemas de informação.



Figura 4 - Esquema de interação dos usuários do sistema.

Considerando este cenário e as funções principais do Sistema, podemos definir um esquema de interação entre os usuários e o Wireless Bee (Figura 4), onde os atores são:

- 
Usuário Local: Este usuário representa os pesquisadores do Laboratório de Abelhas responsáveis por controlar, configurar e alimentar com dados o Sistema.

- 
Colméia: As colméias artificiais do BEELAB serão um dos atores responsáveis por alimentar o Sistema com dados. Delas virão os valores das variáveis climáticas (temperatura e umidade relativa do ar) internas e externas às colméias, importantes para os estudos de comportamento e de condições climáticas para a atividade de vôo de espécies de abelhas.
- 
Usuário Remoto: Este usuário é o cliente para a ferramenta de análise dos dados fornecidos pelo Sistema. Ele representa os usuários em atividades de pesquisa, comércio e ensino de abelhas e por isso, publica informações básicas sobre o monitoramento das colméias de forma a atender todos os usuários.
- 
Usuário em Campo: Estes usuários utilizarão dispositivos móveis para acessar as informações do Sistema. Eles irão acessar o Sistema durante aulas de campo dos cursos do IB/BEELAB para obter informações sobre as abelhas e os dados climáticos das colméias artificiais, estando próximos a elas.
- 
Sistemas de Informação: Outros sistemas de informações terão acesso aos dados do Sistema. Eles utilizarão o serviço de distribuição de dados para compor suas próprias ferramentas de análise.

3.3 Fluxo de Informações

Nas atividades de pesquisa, ensino e comércio de abelhas apresentadas no Capítulo 2, os pesquisadores cruzam os dados das variáveis climáticas com dados de contagem de abelhas, por exemplo, para analisar o comportamento e as condições climáticas para a atividade de vôo de espécies de abelhas.


Informações sobre a espécie de abelha estudada: classificação, comportamento, fotos, artigos, plantas visitadas, etc., sobre os equipamentos de

medida utilizados: fabricante, unidade, imprecisão, etc., e sobre a colméia analisada: posição geográfica, tamanho, etc. devem ser utilizadas como metadados⁸ para "dar sentido" aos dados climáticos observados, principalmente aqueles que podem influenciar na atividade de monitoramento como, por exemplo, a imprecisão de um sensor.




Figura 5 - Fluxo de informação proposto para o sistema.

A partir desse fato, foi discutido com os pesquisadores do BEELAB um fluxo de informação baseado nos usuários do Sistema e no tipo de informação desejada por eles. A Figura 5 representa este fluxo onde, basicamente, os usuários finais têm acesso aos dados climáticos junto com os dados da espécie estudada e os pesquisadores e as colméias artificiais do BEELAB alimentam o Sistema com dados. As informações que transitam no Sistema são definidas por:


- 
Dados de Monitoração: São os valores das variáveis de temperatura e umidade relativa do ar aferidos das Colméias Artificiais em um período pré-determinado.

⁸ Metadado é um dado utilizado para descrever um dado primário. Definição obtida em <http://www.icmc.sc.usp.br/manuals/sce183/fsc6.html>.


- 

• **Dados das Espécies:** Os dados sobre espécies de abelhas incluem informações sobre classificação, comportamento, diversos tipos de fotos e outros, importantes para análise dos dados climáticos nos mais diversos níveis do conhecimento. Os dados definidos junto aos pesquisadores do BEELAB são:

 - Classificação da abelha: nome científico e popular, família e legenda;
 - Comportamento da abelha: espécies de plantas visitadas, com nome popular e científico e legenda das plantas;
 - Fotos de abelhas e plantas: divididas por grupos (operária, macho, rainha, ninho, planta, etc.) e tipo (frontal, lateral, dorsal, perna e asa das abelhas, interno e externo do ninho e flor, pólen, porte e inteiro das plantas, etc.);
 - Publicações sobre abelhas: nome, data, referência e autor;

- 

• **Dados Administrativos:** Estes dados serão manipulados pelos Usuários Locais do Laboratório de Abelhas, para controlar o acesso dos usuários à área administrativa: nomes e perfis de acesso, para configurar o funcionamento dos equipamentos de medidas: identificadores, período de aquisição, intervalo de aquisição, intervalos de relatórios, status do equipamento e unidade de medida e para gerenciar as colméias: nome e posição geográfica.

- 

• **Dados em Formato Padrão:** Os dados armazenados pelo Sistema serão publicados em formatos pré-definidos. Isto significa que serão publicados pacotes de dados direcionados para a composição de objetos específicos: fichas de espécies e gráficos de temperatura e umidade, o que não impede que sejam utilizados para outros fins.

Qualquer pessoa poderá recuperar estes dados e utilizar ferramentas próprias para compor suas fichas e seus gráficos:

- Fichas de Espécies: conterão os dados sobre a espécie de abelha da colônia monitorada. Uma possível implementação pode ser a da Figura 6, extraída do sistema WebBee:



Figura 6 - Implementação de uma Ficha de Espécies.

- Gráficos de Variáveis Ambientais: contém os dados históricos de medição, os dados da colméia monitorada, e os dados dos equipamentos de medição usados. A Figura 7 foi extraída da WebBee.

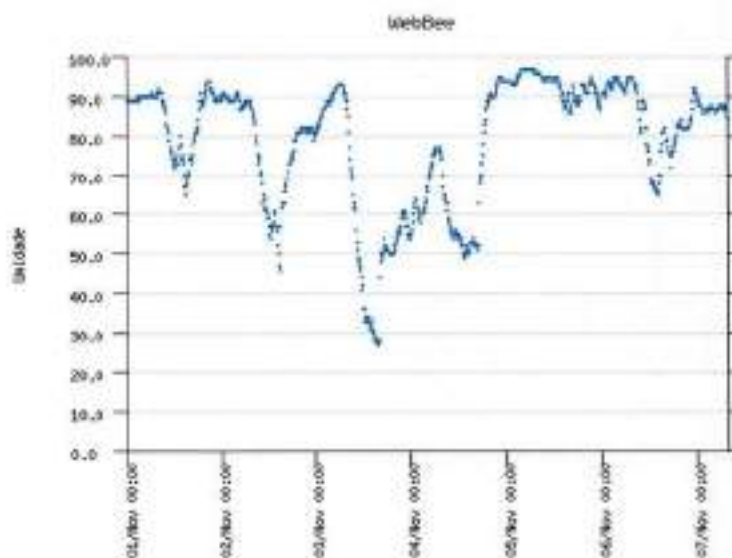


Figura 7 - Exemplo de Gráfico de Umidade Relativa do Ar externa a uma colméia.

3.4 Arquitetura Funcional do Sistema

Alguns requisitos são fundamentais para composição da arquitetura do Sistema, principalmente os que se referem aos usuários, ao fluxo de informações e as funções principais do Sistema. Podemos reunir estes requisitos nas seguintes observações:

- Os dados de espécies de abelhas, de administração do Sistema e de monitoramento das colméias deverão ser armazenados em um repositório de dados comum, um banco de dados gerenciado pelos Usuários Locais;
- Os Usuários Remotos deverão ter acesso ao Sistema utilizando a Internet. Este requisito está ligado à abrangência da tecnologia e as suas características de portabilidade, escalabilidade, custo e usabilidade⁹. Páginas Internet podem ser acessadas em qualquer plataforma computacional e não requerem configurações específicas e nem poder adicional das máquinas. A Internet permite, sob determinadas restrições, o acesso simultâneo de vários usuários as informações do Sistema. O desenvolvimento de aplicações de publicação para Internet é simples e não requer o uso de softwares proprietários;
- É interessante dividir a publicação na Internet em duas partes funcionais: distribuição e exibição, para ganhar mais flexibilidade e menos redundância de funções. Se uma ferramenta exclusiva de recuperação e exibição de dados na Internet for construída para cada usuário final, nós teríamos redundância de funções entre os usuários e teríamos problemas para atualizar essas ferramentas;
- O uso da rede celular foi considerado para possibilitar o monitoramento de colméias fora do terreno do BEELAB.

⁹ Estas características estão ligadas às restrições operacionais apresentadas anteriormente.

- O Sistema utilizará padrões públicos para distribuir os pacotes de dados na Internet. Eles poderão ser utilizados pelos Sistemas de Informação interessados e ao mesmo tempo, serão consumidos por quaisquer interfaces Internet (páginas) que conheçam os seus padrões e endereço;
- Por motivo de integração, as ferramentas próprias do Sistema para uso final dos dados utilizarão interfaces Internet (páginas) para consumir os pacotes de dados e exibi-los. Vale observar que as interfaces Internet são específicas para cada tipo de usuário: remoto e de campo;
- Por motivo de escalabilidade e portabilidade¹⁰ os Usuários Locais também utilizarão interfaces Internet (páginas) para administrar o Sistema. Eles utilizarão os serviços Internet para carregar e atualizar as informações do banco de dados, e utilizarão os serviços da Interface de Instrumentação para gerenciar a rede de Instrumentações Eletrônicas;

Apresentados as principais funções do Sistema, seus usuários, seu fluxo de informações e seus principais requisitos funcionais, chegamos a uma arquitetura funcional do Sistema apresentada na Figura 8.

¹⁰ Escalabilidade está ligado à restrição de máquina

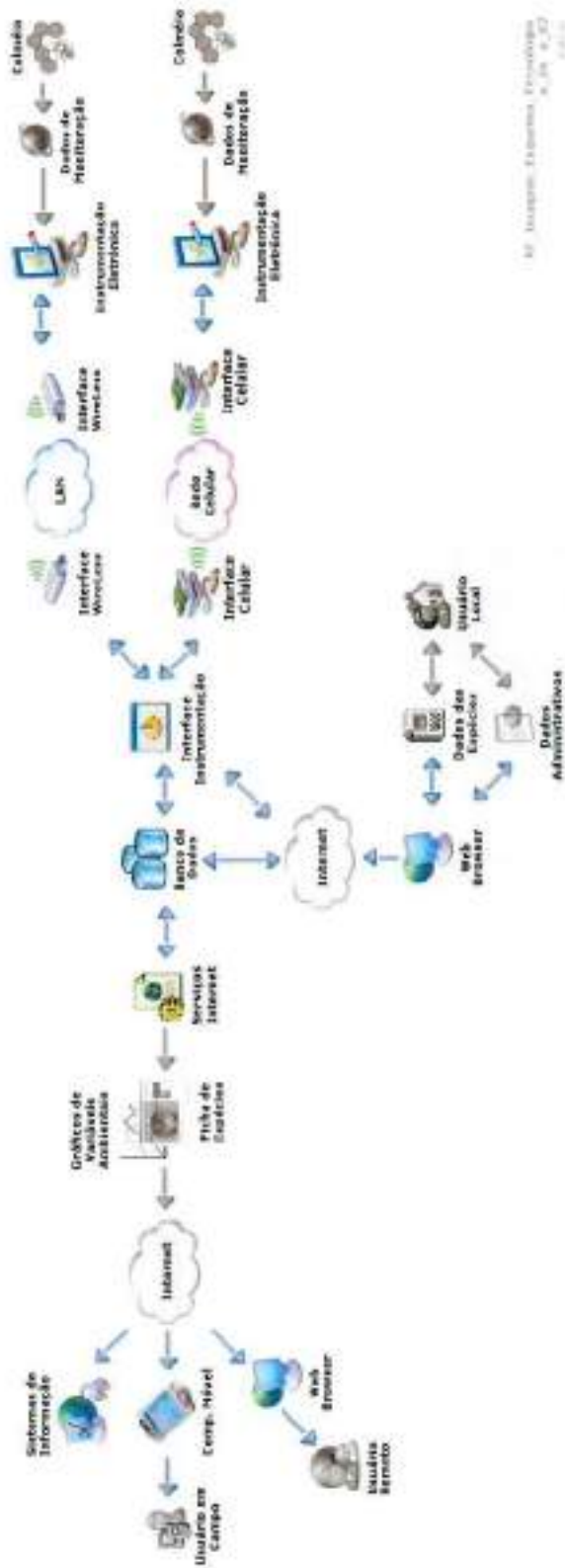


Figura 8 - Arquitetura funcional do Sistema.

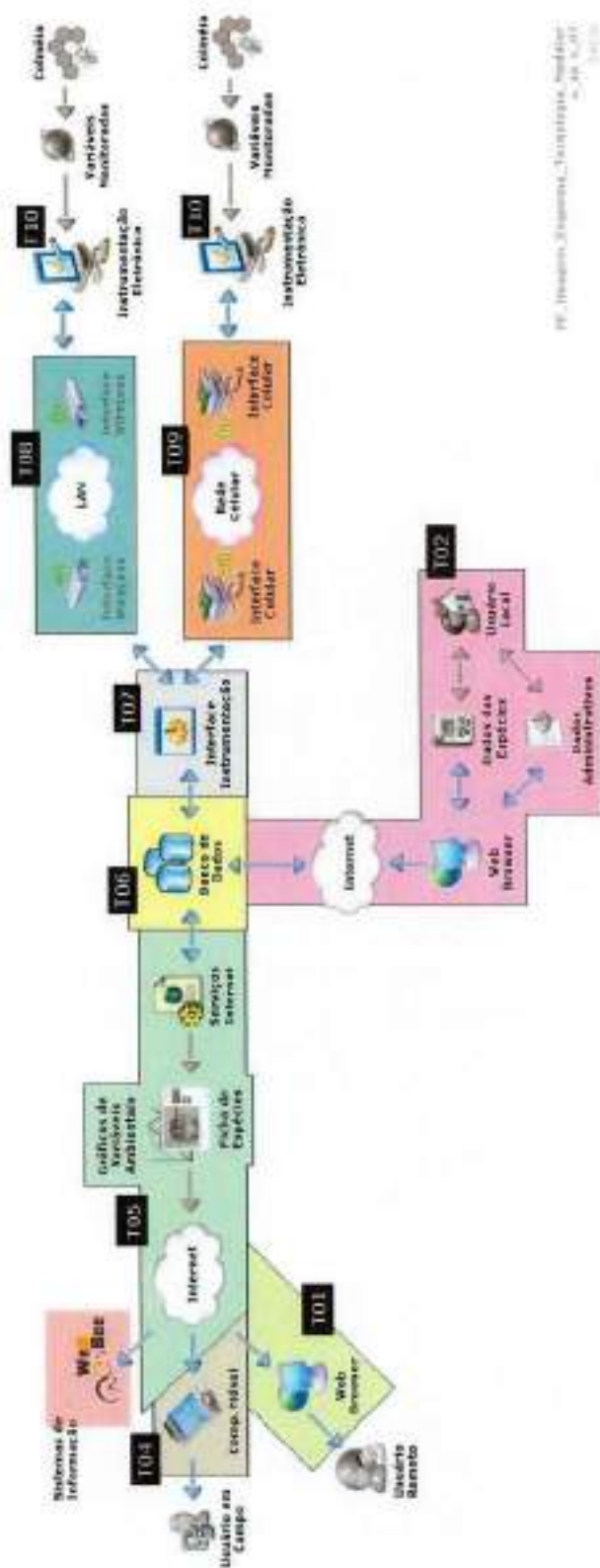











Figura 9 – Modularização da arquitetura funcional do Sistema.

A arquitetura proposta tem três partes funcionais bem definidas e interligadas por um repositório de dados central: monitoração, administração e publicação. Esta especialização permitiu que criássemos módulos funcionais para esta arquitetura, que facilitariam o projeto do Sistema e a identificação dos requisitos mais técnicos.

-  **T01 - Acesso Internet:** Um aplicativo Internet irá utilizar os dados dos *Serviços Internet (T05)* para disponibilizar o conteúdo do *Banco de Dados* em páginas dinâmicas para os *Usuários Remotos* da Internet;
-  **T02 - Acesso Administrativo:** Uma interface Internet permitirá aos *Usuários Locais* manipular *Dados Administrativos* para controlar e configurar o Sistema e carregar os *Dados de Espécie* de abelhas utilizados para análise dos dados climáticos;
-  **T04 - Acesso Móvel:** Um aplicativo Internet desenvolvido especificamente para computadores móveis irá consumir os dados dos *Serviços Internet (T05)* para disponibilizar o conteúdo do *Banco de Dados (T06)* para os *Usuários de Campo*;
-  **T05 - Serviços Internet:** Este software irá disponibilizar parte do conteúdo do *Banco de Dados (T06)* em pacotes de dados pré-formatados (fichas de espécies e gráficos de variáveis ambientais) utilizando protocolos padrões da Internet;
-  **T06 - Banco de Dados:** Um repositório de dados irá armazenar os *Dados das Espécies* de abelhas, os dados climáticos aferidos pelas *Instrumentações Eletrônicas (T10)* e os *Dados Administrativos* de controle e configuração do Sistema;

-  **T07 - Interface Instrumentação:** Esta interface irá fazer a ligação entre a rede de *Instrumentações Eletrônicas (T10)* e os outros componentes do Sistema, em especial, o *Banco de Dados (T06)* e o *Acesso Administrativo (T02)* dos *Usuários Locais*;
-  **T08 - Rede Sem Fio:** Proverá uma rede sem fio que será um canal de comunicação entre a rede de *Instrumentações Eletrônicas (T10)* e os outros módulos do Sistema, através da *Interface Instrumentação (T07)*. Ela será uma rede privada local cuja operação será dependente da tecnologia utilizada e o seu uso será controlado pela Interface de Instrumentação;
-  **T09 - Rede Celular:** Utilizará uma rede celular privada para criar um canal de comunicação entre a rede de *Instrumentações Eletrônicas (T10)* e os outros módulos do Sistema, através da *Interface Instrumentação (T07)*. A operação desta rede será dependente da tecnologia utilizada e o seu uso será controlado pela Interface de Instrumentação;
-  **T10 - Instrumentações Eletrônicas:** As instrumentações eletrônicas, colocadas nas *Colméias* artificiais do BEELAB, serão configuradas pelo *Acesso Administrativo (T02)* utilizando uma rede sem fio de comunicação e utilizarão a mesma rede para enviar seus *Dados de Monitoramento* para a *Interface de Instrumentação (T07)*. Elas serão compostas por um ou mais equipamentos de medidas (sensores) e poderão estar em conjuntos dentro de uma colméia;

Capítulo 4

4 Tecnologias, Metodologias e Conceitos aplicados.

Este capítulo apresenta uma introdução às principais tecnologias utilizadas na publicação de informações via Internet, na armazenagem de dados, nas redes de comunicação e nas instrumentações eletrônicas de sensoriamento ambiental do Wireless Bee. Também são discutidos alguns conceitos e metodologias modernas de gestão de projetos que serviram de base para este projeto. Este capítulo pode servir como um pequeno tutorial para os profissionais pouco afeitos a essas tecnologias e aos profissionais de outras áreas relacionadas a este trabalho.

4.1 Gestão de Projetos

A Associação Japonesa de Gestão de Projetos – PMAJ¹¹ define a gestão de projetos como a capacidade profissional para concluir, com devida responsabilidade, um produto de um projeto que cumpre uma missão, organizando um time de projeto dedicado, combinando eficientemente as técnicas e os métodos de gerencia mais apropriados e planejando os mais eficientes e efetivos planos de riscos e rotas de implementação.

4.1.1 Algumas Metodologias de Gestão de Projetos

4.1.1.1 PRINCE2

PRINCE2 (PRojects IN a Controlled Environment) é uma técnica que teve seu início voltado para a gerência de projetos de tecnologia da informação, entretanto, em sua segunda versão ela passou a voltar-se para os projetos genéricos e tem sido o padrão de gerenciamento de projetos no Reino Unido. Informações adicionais podem ser encontradas em <http://www.prince2.com>.

¹¹ A Project Management Association of Japan está disponível em <http://www.pmaj.or.jp/>.

4.1.1.2 P2M

P2M (A guidebook of Project & Program Management for Enterprise Innovation, Japanese third-generation project management method) é uma compilação das técnicas japonesas de gerenciamento de projetos que fizeram o sucesso de suas indústrias, principalmente automobilísticas e de eletrônicos. Ele tem um forte enfoque educacional, e tem conteúdo direcionado para os especialistas, gerentes e arquitetos de projetos. (<http://www.pmai.or.jp>)

4.1.2 PMBOK

O Project Management Institute (PMI) define um projeto como "um empreendimento temporário com o objetivo de criar um produto ou serviço único", onde ser temporário significa ter data de início e término para criar um produto ou serviço bem definido. Ele também defende que para garantir o alcance de seu objetivo, este empreendimento deve ser supervisionado com o uso de grupos processos de gestão, tais como: iniciação, planejamento, execução, controle e encerramento. Com bases nesses processos, o PMI publica um guia, amplamente utilizado no mercado, com sugestões de práticas a serem empregadas na gestão de projetos, chamado PMBOK - Project Management Body of Knowledge.

O PMBOK inclui os conhecimentos de práticas tradicionalmente aplicadas pelos gestores de projetos, sejam eles médicos, contadores, advogados ou engenheiros, que comprovaram alguma eficácia e também inclui os conhecimentos de práticas mais inovadoras e avançadas que tem tido uma aplicação limitada. O próprio PMI sinaliza que este conjunto de práticas é apenas um guia, ou seja, ele não é um conjunto de regras a serem restritamente seguidas, é apenas um conjunto de sugestões. A aplicação destas regras deve ser dimensionada de acordo com o escopo do projeto e a disponibilidade de recursos: financeiro, pessoal, operacional, etc. Nos itens seguintes são apresentados os processos de gestão sugeridos pelo PMBOK, agrupados em áreas de conhecimento e grupos de processos.

4.1.2.1 Áreas de Conhecimento da Gerência de Projetos

As áreas de conhecimento da Gerência de Projetos descrevem os conhecimentos e práticas em gerência de projetos em termos dos processos que as compõem. Estas áreas são identificadas por:

- **Integração do Projeto:** descreve os processos necessários para assegurar a integração dos diversos elementos do projeto, sendo composta por: desenvolvimento do plano do projeto, execução do plano do projeto e controle integrado de mudanças;
- **Escopo do Projeto:** descreve os processos que asseguram que o projeto complete todo o trabalho requerido, nada a mais que o requerido, com sucesso. Ele é composto pela iniciação, planejamento de escopo, detalhamento do escopo, verificação de mudanças do escopo e controle de mudanças do escopo;
- **Tempo do Projeto:** são os processos que asseguram que o projeto termina dentro do prazo previsto. São eles: definição das atividades, seqüenciamento de atividades, estimativa da duração das atividades, desenvolvimento do cronograma, e controle do cronograma.
- **Custo do Projeto:** processos necessários para assegurar que o projeto seja completado dentro do orçamento previsto, onde é feito o planejamento dos recursos, estimativas de custos, orçamento dos custos e controle dos custos.
- **Qualidade do Projeto:** descreve os processos necessários para assegurar que as necessidades que originaram o desenvolvimento do projeto sejam satisfeitas. Ele é o composto de planejamento organizacional, montagem da equipe e desenvolvimento da equipe.
- **Recursos Humanos:** descreve os processos que organizam e gerenciam a equipe de projeto. Ele consiste nos processos de planejamento de recursos humanos, contratar ou mobilizar a equipe de

projeto, desenvolver a equipe do projeto e gerenciar a equipe do projeto.

- **Comunicações do Projeto:** onde os processos asseguram que a geração, distribuição, armazenamento e pronta apresentação das informações do projeto sejam feitos de forma adequada e no tempo certo.
- **Riscos do Projeto:** dizem respeito à identificação, análise e respostas a riscos do projeto. Ele é composto pelo Planejamento da Gerência de Risco, identificação dos riscos, análise qualitativa dos riscos, análise quantitativa dos riscos, desenvolvimento das respostas aos riscos e controle e encerramento do contrato.
- **Aquisições do Projeto:** processos necessários para aquisição de mercadorias e serviços fora da organização que desenvolve o projeto. Ele é composto pelo planejamento de aquisições, preparação das aquisições, obtenção de propostas, seleção de fornecedores, administração dos contratos e encerramento do contrato.

4.1.2.2 Grupos de Processos da Gerência de Projetos

Considerando as suas aplicações e os seus resultados, os processos de gerência de projetos podem ser organizados em cinco grupos: iniciação, planejamento, controle, execução, encerramento e aperfeiçoamento, cada um deles contendo um ou mais processos de diversas áreas de conhecimento. Estes grupos de processos se ligam pelos resultados que produzem – o resultado ou saída de um grupo torna-se entrada para outro (Figura 10).

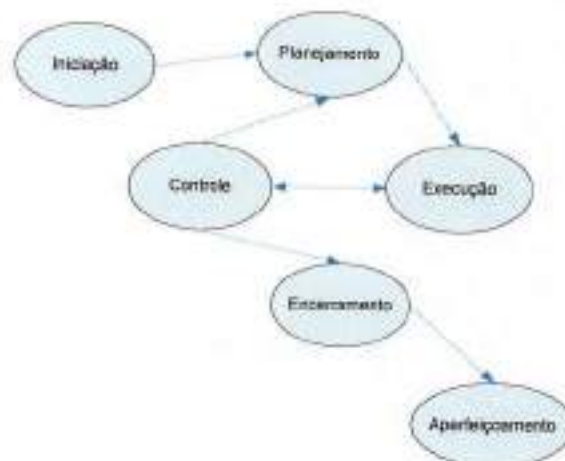


Figura 10 - Grupos de processos de gerência de projetos.

Os grupos de processos não são separados ou descontínuos e nem acontecem uma única vez durante todo o projeto (Figura 11); eles são formados por atividades de que sobrepõem, ocorrendo em intensidades variáveis ao longo de cada fase de projeto (Figura 12):



Figura 11 - Nível de atividade dos grupos de processos em uma fase de projeto.

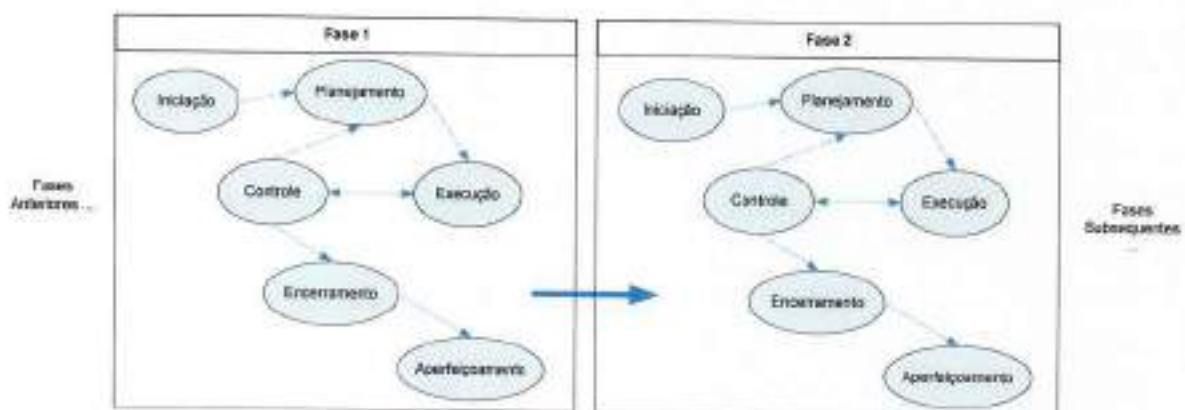


Figura 12 - Interação entre os grupos de processos das fases de projeto.

A utilização dos grupos de processos é diferente a cada fase do projeto. Algumas fases podem ter grupos com menos atividade dependendo dos seus objetivos, por exemplo, a fase de iniciação da fase de encerramento de um projeto de software é menos intensa da que a de iniciação da sua fase de testes. Por fim, podemos ver o mapeamento dos processos das áreas de conhecimento nos grupos através da tabela extraída do PMBOK 2004 (Tabela 2).

Tabela 2 – Processos das áreas de conhecimento do PMBOK e os grupos de processos.

	Grupo de Processos de Gerenciamento de Projetos				
	Iniciação	Planejamento	Execução	Controle	Encerramento
Integração	Termo de abertura; Declaração de escopo preliminar;	Plano de gerenciamento	Orientar e gerenciar a execução;	Monitorar e controlar o trabalho; Controle integrado de mudanças;	Encerramento
Escopo		Planejamento do escopo; Definição do escopo; Criar EAP;		Verificação do escopo; Controle do escopo;	
Tempo		Definição da atividade; Seqüenciamento das atividades; Estimativas de recursos; Estimativa de duração; Desenvolvimento do cronograma;		Controle do cronograma;	
Custos		Estimativa de custos;		Controle de custos;	
Qualidade		Planejamento da Qualidade;	Realizar a garantia da qualidade;	Realizar o controle da qualidade;	

Recursos Humanos		Planejamento de recursos humanos;	Contratar ou mobilizar a equipe de projeto; Desenvolver a equipe de projeto;	Gerenciar a equipe de projeto;	
Comunicações		Planejamento de comunicações;	Distribuição das informações;	Relatório de desempenho; Gerenciar as partes interessadas;	
Riscos		Planejamento do gerenciamento de riscos; I dentificação dos riscos; A nálise qualitativa dos riscos; A nálise quantitativa dos riscos; Planejamento das respostas a riscos;		Monitoramento e controle dos riscos;	
Aquisições		Planejar compras e aquisições; Planejar contratações;	Solicitar respostas de fornecedores; Selecionar fornecedores;	Administração de contrato;	Encerramento do contrato;

Nós escolhemos o PMBOK como modelo de referência por apresentar sugestões e práticas genéricas que servem para diversos tipos de projetos e que por isso, podem ser mais facilmente adaptadas.

4.2 Processamento Distribuído

Na computação distribuída, o processamento é distribuído entre os computadores de uma rede de computadores, ao invés de processar todas as informações em uma instalação central. Aplicações em camadas são exemplos de aplicações de computação distribuída. Em uma aplicação de 3 camadas, a interface com o usuário pode residir em um computador, o processamento da informação em um segundo computador e a base de dados em outro. Para o correto funcionamento de um sistema distribuído, os componentes da aplicação, em geral encapsulados em objetos e executados em diferentes computadores através de uma rede de computadores, precisam ter a capacidade de se comunicar entre si. Muitas tecnologias foram criadas para este fim: Common Object Request Broker Architecture (CORBA) - OMG, Distributed Component Object Model (DCOM) - Microsoft, Remote Method Invocation (RMI) - SUN e Distributed System Object Model (DSOM) – IBM e mais recentemente, os Web Services da W3C.

4.2.1 Algumas Tecnologias e Ferramentas de Mercado

4.2.1.1 CORBA

O padrão CORBA (Common Object Request Broker Architecture) - <http://www.corba.org> - é um conjunto de especificações criado pela OMG (Object Management Group), um grupo formado por mais de 800 empresas da indústria de informática. Um sistema baseado em CORBA é composto por objetos distribuídos, que são elementos de software que implementam um determinado processamento e possuem uma determinada interface. O CORBA define uma camada intermediária (middleware) entre os objetos distribuídos da aplicação e a rede de comunicação. A localização do objeto e a linguagem na qual ele está implementado são mantidas totalmente transparentes. Detalhes de implementação e localização não precisam ser conhecidos para se fazer uma requisição a um objeto. Tudo que é necessário saber de um objeto CORBA para requisitá-los é a sua interface. A interface de um objeto é definida através da linguagem IDL (Interface Definition Language), que é totalmente declarativa, não trazendo nenhum detalhe de implementação de objeto. A

linguagem IDL permite definir os métodos e atributos de um objeto e exceções que ele pode gerar. Ela permite a independência de sistema operacional e de linguagem de programação para os objetos. Objetos clientes e servidor em diferentes linguagens e executando em diferentes sistemas operacionais podem interoperar sem nenhum problema, por isso, CORBA é considerada uma tecnologia multi-plataformas.

4.2.1.2 DCOM

O DCOM foi criado pela Microsoft em 1996 como uma evolução natural do OLE/COM (Object Linking Embedding/Component Object Model) - <http://www.microsoft.com/com>, lançado em 1993 com o objetivo de suportar a comunicação entre objetos distribuídos. O DCOM faz uso de funções já realizadas no COM, tais como aplicações, componentes, ferramentas e conhecimento com algumas características adicionais para ingressar no mundo da computação distribuída. Trata-se de um protocolo que possibilita componentes de software se comunicar diretamente sobre uma rede de maneira confiável. O COM define como deve ser a interação entre os objetos e seus clientes, sem a intermediação de qualquer componente do sistema. Analogamente às DLLs¹², que são códigos compilados prontos para uso, o modelo de componentes do DCOM seria uma versão "orientada a objeto" da DLL, com poderes ampliados tais como a reutilização de código. Os componentes DCOM só rodam em ambiente Windows.

4.2.2 Web Services

Web services são softwares que usam o protocolo XML¹³ para a troca de informações com outros softwares via protocolos comuns da Internet. Eles permitem a comunicação entre aplicações em diferentes computadores e podem ser usados na criação de sistemas distribuídos. Os Web Services provêem um conjunto de operações que outras aplicações podem invocar, ou seja, acessar e usar (consumir).

¹² DLL - Dynamically Loaded Library – bibliotecas carregadas dinamicamente durante a execução de um programa.

¹³ XML - eXtensible Markup Language - <http://www.w3c.org/xml> - é uma padrão para estruturação de dados em um documento texto.

Web Services podem trocar informações utilizando muitos protocolos, mas o mais empregado é o HTTP¹⁴, usado na WWW¹⁵.

Os Web Services possuem algumas características que os destacam de outros modelos de computação distribuída.

- Os Web Services encapsulam tarefas programáveis, que quando recebem dados ou instruções de uma aplicação, processam a informação e se necessário, retomam um resultado.
- Web Services são baseados em XML, um padrão aberto, baseado em texto, que permite a comunicação com outras aplicações, mesmo que estas aplicações estejam escritas em outras linguagens ou que rodem em diferentes plataformas.
- Os Web Services se "auto-descrevem", eles estão acompanhados de informações explicando o que fazem e como outras aplicações podem invocá-los. Estas descrições são feitas com WSDL (Web Services Description Language), outro padrão também baseado em XML.
- Web Services também são "encontráveis". Ser "encontrável" refere-se a habilidade de desenvolvedores poderem procurar e encontrar os Web Services desejados através de registros. Estes registros são baseados em UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) e funcionam como o serviço de "páginas amarelas".

4.2.2.1 Arquitetura dos Web Services

Web Services é uma tecnologia criada por um conjunto de grandes empresas, entre elas, Microsoft e IBM. Esta tecnologia permite distribuir o processamento entre diversas máquinas facilitando o reaproveitamento de códigos, contribuindo então para a diminuição do retrabalho. Os Web Services publicam serviços (métodos e

¹⁴ HTTP - HyperText Transfer Protocol – <http://www.w3c.org> - é um protocolo para transferência de dados na World Wide Web.

¹⁵ WWW - World Wide Web – <http://www.w3c.org/www> - universo de informações acessível por uma rede de computadores.

funções) em uma rede computadores através do protocolo HTTP. Outras aplicações na Internet ou em uma rede local podem requisitar estes serviços a um servidor de Web Services. Cada serviço é executado no servidor e retorna o seu resultado à aplicação que solicitante. A tecnologia Web Services possui a seguinte arquitetura:

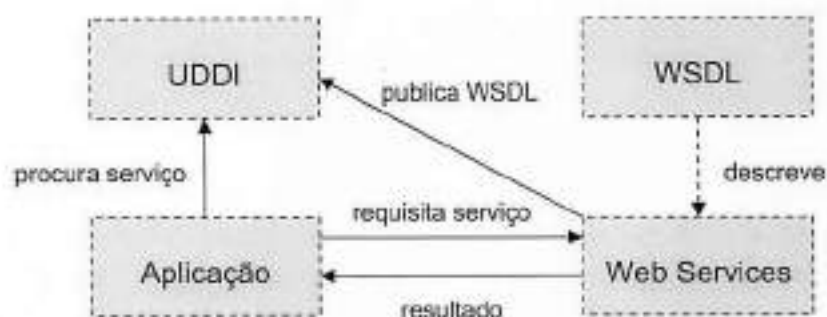


Figura 13 - Arquitetura da tecnologia Web Services.

- **Serviços:** São aplicações com métodos públicos. Elas podem ser feitas em qualquer linguagem de programação (JAVA, .NET, etc.).
- **WSDL:** Arquivo XML descreve a assinatura dos métodos e tipos complexos utilizados pelo serviço.
- **UDDI:** Registro de serviços disponibilizados na rede. Funciona como um guia de serviços do tipo "páginas amarelas".
- **Aplicação Cliente:** Obtém o arquivo WSDL do serviço via UDDI para conhecer a assinatura dos métodos do serviço e o que eles retornam ou diretamente, sem o UDDI, se a aplicação já conhecer o local de publicação do WSDL..

4.2.2.2 Implementação dos Web Services

A implementação de Web Services no mercado é feita quase que exclusivamente com a linguagem de programação JAVA da Sun, pois são recentes as iniciativas de se criar Web Services com outras linguagens como a J# .Net da Microsoft, por exemplo. Neste cenário, a documentação dos diversos processos de criação de serviços em JAVA é muito superior a de qualquer outra linguagem e a

disponibilidade de ferramentas gratuitas de desenvolvimento continua a impulsionar o seu uso. Existem dezenas de ferramentas robustas e gratuitas para o desenvolvimento de Web Services, entre as mais populares estão o Eclipse da IBM, o NetBeans da Sun, Visual Studio .Net e o JBuilder da Borland. Em nosso projeto, optamos por utilizar Eclipse¹⁶ e JAVA devido à documentação disponível e à familiaridade dos desenvolvedores com a ferramenta e com a linguagem de programação.

4.2.2.3 Publicação dos Web Services

São poucas as ferramentas que publicam Web Services escritos em JAVA, e na maioria dos casos, quando elas não são mais experimentais, não existe muita documentação sobre seu uso. A ferramenta mais popular de publicação de serviços em JAVA é na verdade um conjunto de serviços. No mercado, utiliza-se um servidor de aplicações JAVA chamado TOMCAT em conjunto com um grupo de bibliotecas encarregadas de transformar esses aplicativos em Web Services, o AXIS. Em nosso projeto, também utilizaremos estas ferramentas devido à gratuidade e a quantidade de documentação disponível.

4.2.2.3.1 Apache TomCat

O TOMCAT - <http://www.apache.org> - é um servidor de aplicações JAVA de código aberto da Apache Foundation que implementa as especificações JAVA SERVLET e JAVA SERVER PAGES da SUN¹⁷. Estas especificações são duas tecnologias JAVA para a construção de páginas dinâmicas para a Internet, que permitem o processamento de dados no lado do servidor, aumentando o poder das aplicações sem comprometer a sua velocidade na máquina dos clientes.

¹⁶ Informações adicionais sobre a IDE podem ser encontradas em <http://www.eclipse.org>.

¹⁷ Maiores informações sobre estas especificações estão disponíveis no site da Sun Microsystems em <http://br.sun.com>

4.2.2.3.2 AXIS

O AXIS - <http://ws.apache.org/axis> - é um conjunto de bibliotecas e aplicativos que em conjunto com o TOMCAT são capazes de publicar Web Services. Os aplicativos JAVA do AXIS permitem gerar Web Services a partir de classes JAVA, enquanto suas bibliotecas provêem ao TOMCAT a capacidade de trocar mensagens com em SOAP.

4.3 Armazenagem dos Dados

A armazenagem de dados em sistemas de computação é feita pelos Bancos de Dados. Estas entidades definem um conjunto coerente, integrado e distribuído de dados estruturados que atendem as necessidades de uma aplicação. Os bancos de dados são administrados por programas que definem uma interface para acesso, atualização e armazenagem de grande quantidade de dados, com intuito de garantir a sua longevidade e o acesso simultâneo de diversos usuários de forma segura. Estes programas são chamados de Sistemas de Gerencia de Banco de Dados - SGBD e são as "portas de acesso" as informações do banco de dados. Um projeto de banco de dados começa pela descrição dos seus requisitos em um nível conceitual, que independe da tecnologia. Neste nível são discutidos com os usuários esquemas de entidade-relacionamento, que são abstrações dos objetos, informações e associações de um problema. Estas abstrações são traduzidas para os modelos lógicos dos SGBR usados, que podem ser relacionais, orientados à objetos ou objeto-relacionais e por fim, são implementados "fisicamente" em tabelas, campos, índices, chaves e etc. Em nosso projeto, optamos por utilizar o modelo lógico relacional para o banco de dados, por dispor de ferramentas de construção de bancos de dados e de SGBD gratuitos e bem documentados.

4.3.1 Tecnologias e Ferramentas de Mercado

4.3.1.1 Banco de Dados Relacional

O modelo relacional de banco de dados é caracterizado por formalizar a descrição de objetos em tabelas planas. Estes objetos são caracterizados pelos produtos cartesianos de conjuntos de valores, denominados de relações. Uma relação é uma tabela de duas dimensões, onde cada linha é uma t pula (um conjunto de objetos de caracter sticas comuns) e um identificador  nico   associado a cada coluna. A manipula o dos dados deste modelo   feita utilizando um conjunto de opera es formais, a  lgebra relacional. Estas opera es permitem a express o de todas as consultas sobre a forma de express es alg bricas, proporcionando uma maior flexibilidade e poder de complexidade as consultas. As express es alg bricas s o a base da linguagem SQL.

4.3.1.2 SQL – Structured Query Language

A SQL – Structured Query Language   uma linguagem de consulta estruturada derivada da  lgebra relacional surgida na d cada de 70. Ela   utilizada por muitos SGBD como linguagem de consulta, por exemplo: Oracle, DB2, Informix, MySQL, Sysbase, entre outros. . Existem 4 tipos de comandos dentro da SQL: comando de defini o de esquemas (cria o de tabelas, vis es, etc.), de manipula o (select, insert, etc.), de m dulos pr -definidos (procedures) e de linguagem de programa o (cursors). A SQL tem 7 tipos de dados bem definidos e que podem ser manipulados por suas opera es b sicas de manipula es: select, insert, update e delete, e por suas opera es adicionais: modifica es de esquemas, restri es integradas, vis es, autoriza es e transa es. Informa es adicionais podem ser encontradas em <http://www.w3schools.com/sql/>

4.3.1.3 MYSQL

A ferramenta MYSQL (<http://www.mysql.com>)   um SGBD relacional gratuito baseado na linguagem SQL e que disp e de ferramentas visuais para cria o e manipula o de bancos de dados relacionais. O MYSQL foi escolhido entre outros SGBD do mercado como o Microsoft SQL Server, Oracle, entre outros, por ser gratuito e ter muita documenta o de uso.

4.3.1.4 HIBERNATE

O HIBERNATE - <http://www.hibernate.org> - é um *framework* de acesso a banco de dados escrito em JAVA. Ele é um software livre, de código aberto e distribuído com a licença LGPL. O objetivo do HIBERNATE é facilitar a construção de aplicações JAVA dependentes de bases de dados relacionais, e particularmente, facilitar o desenvolvimento das consultas e atualizações dos dados. O uso de ferramentas de mapeamento objeto-relacional, como o HIBERNATE, diminuem a complexidade resultante da convivência de modelos diferentes; o modelo orientado a objetos (da linguagem JAVA) e o relacional (da maioria dos SGBD).

A forma como o HIBERNATE trabalha é feita através da interação das classes JAVA (*.java) com arquivos de mapeamento HIBERNATE (*.hbm.xml). Geralmente para cada classe JAVA tem-se um arquivo de mapeamento HIBERNATE relacionado. Este arquivo contém informações de quais tabelas e campos do banco de dados devem ser vinculados à classe e as suas propriedades. Por exemplo, para a classe *Status.java*:

```
public class Status implements java.io.Serializable {
    private int idStatus;
    private java.lang.String name;

    public Status(int idStatus, java.lang.String name) {
        this.idStatus = idStatus;
        this.name = name;}

    public Status(HibStatus hibStatus) {
        this.idStatus = hibStatus.getIdStatus();
        this.name = hibStatus.getName();}

    public int getIdStatus() {
        return idStatus;}

    public void setIdStatus(int idStatus) {
        this.idStatus = idStatus;}

    public java.lang.String getName() {
        return name;}

    public void setName(java.lang.String name) {
        this.name = name;}
}
```

Podemos ver o resultado do mapeamento no arquivo HibStatus.hbm.xml:

```

<hibernate-mapping>
<!-- mapeia a classe HibStatus na Tabela STATUS-->
  <classname="br.faa.wirelessbee.models.instrumentation.HibStatus" table="STATUS">
<!-- mapeia a propriedade IdStatus no campo ID_STATUS e o classifica como identificador-->
  <id name="IdStatus" type="integer" unsaved-value="0" column="ID_STATUS"></id>
<!-- mapeia a propriedade Name no campo NAME-->
  <property name="Name" type="string" column="NAME" not-null="true"/>
<!-- mapeia o objeto States no objeto Instrumentations-->
  <set name="Instrumentations" inverse="true">
<!-- mapeia a propriedade IdStatus do objeto Instrumentations nesta classe-->
  <key column="ID_STATUS" not-null="true"/>
<!-- mapeia a relação de um States para muitas Instrumentations-->
  <one-to-many class="br.faa.wirelessbee.models.instrumentation.HibInstrumentation"/>
  </set>
</class>
</hibernate-mapping>

```

4.4 Redes de Comunicação

As redes de comunicação provêem canais físicos e lógicos para troca de informações entre dispositivos. As informações que trafegam por uma rede podem ter os mais diversos fins, e entre esses fins estão a troca de dados entre aplicações e o controle dos dispositivos da rede. Nestes casos, as redes são denominadas Redes de Dados e Redes de Controle, respectivamente.

4.4.1 Algumas Tecnologias de Redes de Dados

4.4.1.1 Bluetooth

Bluetooth (<http://www.bluetooth.com>) é uma tecnologia de transmissão de dados em curta distância, desenvolvida pela Ericsson no ano de 1994, e levada adiante por um consórcio de empresas, dentre elas, a própria Ericsson, Sony, IBM, entre outras. Foi concebida com a idéia de substituição de cabeamento, por isso não suporta distâncias muito grandes, sendo ideal implementação de uma PAN - Personal Área Network. Tais dispositivos se comunicam através de uma rede denominada piconet, que se constitui de uma rede orientada pela arquitetura mestre-escravo, no caso do bluetooth, cada mestre pode conectar-se a até 7 escravos.

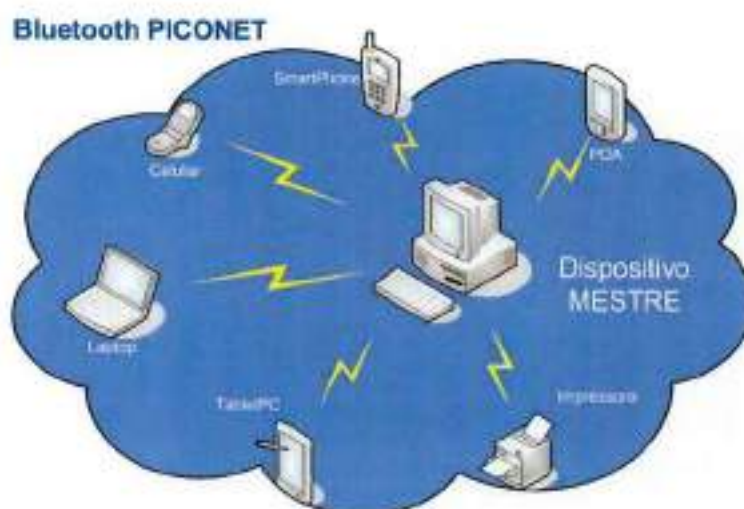


Figura 14 - Arquitetura da Rede de Dados Bluetooth.

4.4.1.2 CDMA

CDMA (Code Division Multiple Access, ou Acesso Múltiplo por Divisão de Código) é um método de acesso estático a canais em sistemas de comunicação. 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. A apresenta um esquemático de uma rede CDMA:

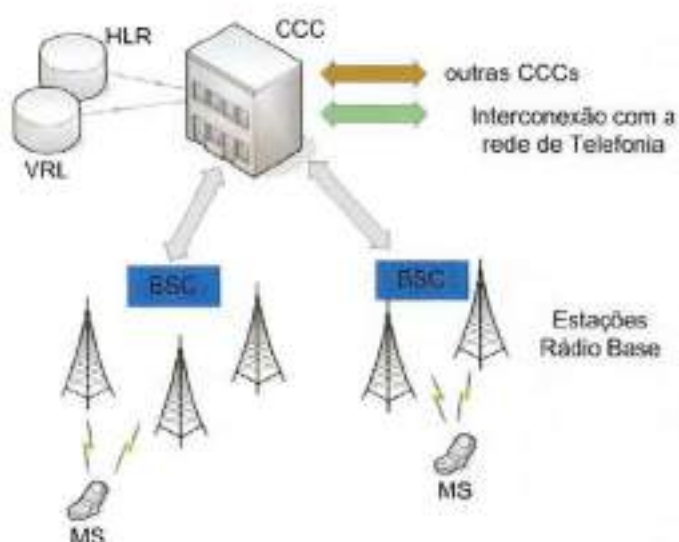


Figura 15 - Arquitetura da Rede Celular CDMA.

O MS - Mobile Station, ou Estação Móvel da figura é o terminal utilizado pelo assinante. A estação móvel é identificada por um MIN - Mobile Identification Number.

As estações Rádio Base são equipamentos encarregados pela comunicação com as estações móveis em uma determinada área que constitui uma célula, e são controladas pelos BSCs - Base Station Controller. As CCC - Central de Comutação e Controle são responsáveis pelas funções de comutação e sinalização para as estações móveis localizadas em uma área geográfica, e utilizam o HLR - Home Location Register (base de dados que contém informações sobre os assinantes de um sistema celular) e VLR - Visitor Location Register (base de dados que contém informações sobre os assinantes em visita, roaming, a um sistema celular.). Informações adicionais podem ser encontradas no site do CDMA Development Group, disponível em <http://www.cdg.org>

4.4.2 GPRS

O General Packet Radio Service (GPRS), é uma extensão do GSM – Global System for Mobile Communications, que define um serviço de dados orientado a pacotes, sendo desenvolvido para facilitar o acesso a serviços baseados em IP– Internet Protocol, fazendo uma cooperação com os serviços já existentes de comutação de circuito do GSM.

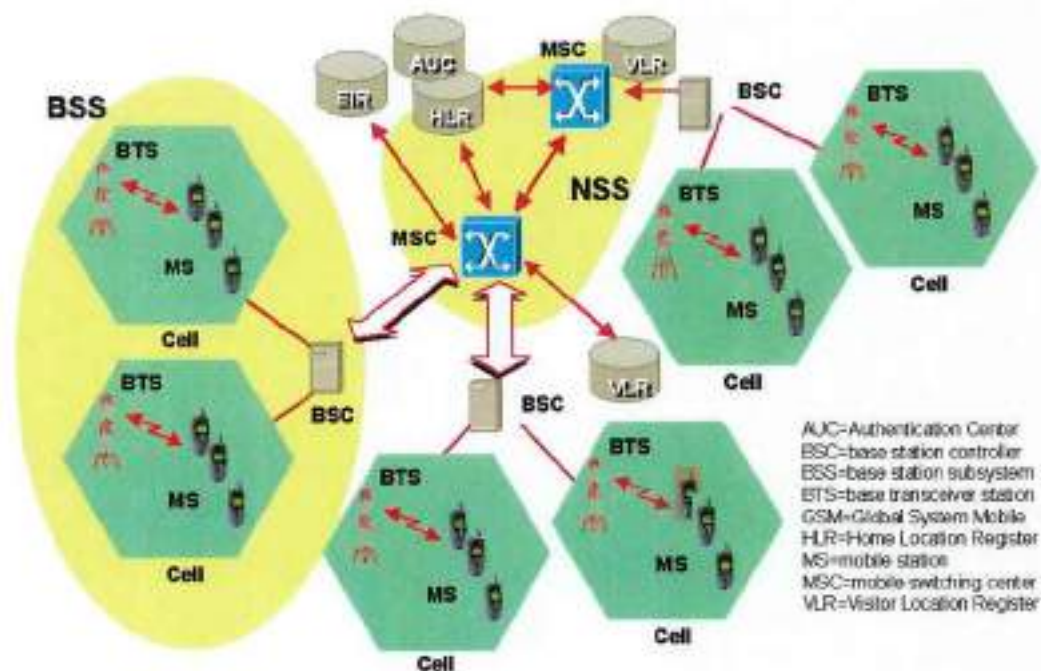


Figura 16 - Arquitetura da rede de dados GPRS.

Fonte <http://www.gsmworld.com>.

Para integrar a rede GPRS a arquitetura GSM (Figura 16), uma nova classe de nós de suporte é adicionada ao sistema, chamados de GSNs – GPRS Support Nodes. Estas estruturas são responsáveis pela entrega e roteamento dos pacotes de dados entre as estações móveis (MS – Mobile Stations) e as redes externas (PDN – External Packet Support Nodes). Informações adicionais podem ser encontradas em <http://www.gsmworld.com>.

4.4.3 Algumas Tecnologias de Rede de Controle

4.4.3.1 CAN

Controller Area Network - <http://www.can-cia.org> - Inicialmente criada para fins automotivos, a rede CAN, tecnologia de bus serial criada para aplicações de tempo-real, é hoje utilizada em inúmeras aplicações de controle, com grande ênfase em aplicações industriais, devido ao fato de ter sido idealizada para ser uma tecnologia robusta contra interferências eletromagnéticas. Ela implementa apenas as duas primeiras camadas (Enlace e Meio-Físico) do modelo de referência OSI, não implementando as características até a camada 7, de Aplicação, deixando ao projetista todo o trabalho de implementação de tarefas como controle de fluxo, endereçamento de dispositivos, transmissão de blocos de dados, etc. A CAN apresenta-se como uma tecnologia flexível, com BitRate de até 1 Mbits/s para redes de até 40 metros, possibilitando diversos tipos de operação, onde todos os nós são capazes de acessar o bus de dados individualmente, não tendo limitação quanto ao número de nós conectados. Sua transmissão é baseada em "broadcast communication mechanism", ou seja, é possui um protocolo orientado à mensagens, onde os nós são responsáveis pela identificação das mensagens, através de seu conteúdo e nível de prioridade.

4.4.3.2 PROFIBUS

O PROFIBUS (<http://www.profibus.com>) especifica as características técnicas e funcionais de uma rede de controle industrial, através do quais dispositivos digitais podem se interconectar, desde o nível de campo até o nível de células. Ele é um sistema multi-mestre que permite a operação conjunta de diversos sistemas de

automação, engenharia ou visualização, com seus respectivos dispositivos periféricos (por ex. I/O's). O PROFIBUS diferencia seus dispositivos entre mestres e escravos, onde os dispositivos mestres determinam a comunicação de dados no barramento. Esta tecnologia de rede é baseada em padrões reconhecidos internacionalmente, sendo sua arquitetura de protocolo orientada ao modelo de referência OSI (Open System Interconnection) conforme o padrão Internacional ISSO 7498. Neste modelo, a camada 1 (Físico) define as características físicas de transmissão, a camada 2 (Enlace) define o protocolo de acesso ao meio e a camada 7 (Aplicação) define as funções de Aplicação. As camadas 3 a 6 não são implementadas, pois uma arquitetura simplificada assegura uma transmissão de dados eficiente e rápida.

4.4.4 LONWORKS

LONWORKS (<http://www.echelon.com>) é uma tecnologia aberta criada há aproximadamente 12 anos pela empresa Echelon e é utilizada na construção de redes de controle, cujo processamento do sistema é dividido entre seus nós. Para tal, os nós de uma rede do tipo LONWORKS se comunicam através de um protocolo chamado LonTalk. O LonTalk define as sete camadas do modelo de referência OSI para redes de transmissão de dados, e não há dependência quanto ao meio físico utilizado para a comunicação. Um componente presente nos módulos LONWORKS chamado de transceiver é o responsável por transmitir os dados digitais pelo meio físico da rede de controle. Existem no mercado transceivers para diversos canais: par trançado; cabo de força; radio freqüência; cabo coaxial, fibra óptica e etc. Para facilitar e ampliar a utilização do protocolo LonTalk e conseqüentemente da tecnologia LONWORKS, a Echelon criou o Neuron Chip.

Este chip contém um conjunto de microprocessadores, memórias e outros componentes eletrônicos que implementam as funções do protocolo LonTalk até a sexta camada do modelo de referência OSI, e permite aos seus usuários programar as funções da sétima camada, a camada de aplicação. Para programar a camada de aplicação em um Neuron Chip, a Echelon criou uma nova linguagem de programação: O Neuron C. Esta linguagem é baseada na conhecida linguagem de programação C, mas diferente da linguagem C ela é orientada a eventos e possui

tipos específicos da tecnologia LONWORKS. Junto à linguagem, a empresa criou diversas ferramentas (compiladores, IDEs, etc.) para auxiliar no desenvolvimento de dispositivos LONWORKS.

4.4.4.1 LonTalk

LonTalk é como é chamado o protocolo de comunicação da tecnologia Lonworks. É implementado pelo Neuron Chip e segue as recomendações da International Standards Organization Open System Interconnect (ISO OSI) que é um modelo de referência para protocolos de redes. Este protocolo possibilita aos aplicativos rodando sobre um Nó LonWorks, a comunicação com os diversos outros dispositivos (nós) LON presentes na rede de controle. A Tabela 3 mapeia os serviços do protocolo LonTalk dentro da estrutura de 7 camadas do modelo OSI.

Tabela 3 - Mapeamento do protocolo LONTalk nas camadas OSI.

<i>Nr</i>	<i>Camada OSI</i>	<i>Descrição</i>	<i>Serviços</i>
7	Aplicação	Aplicativos	Objetos LonMark, propriedades de configuração, SNVTs, transmissão de arquivos.
6	Apresentação	Interpretação de Dados	Mensagens, network interface, Variáveis de rede.
5	Sessão	Comunicação	Request/Response, autenticação, serviços de rede
4	Transporte	Verificação	Ordenação, controle de pacotes e mensagens
3	Rede	Endereçamento	Endereçamento (Unicast e Multicast), informações de roteamento
2	Enlace	Empacotamento	Divisão de pacotes. Codificação de dados, CRC error checking, detecção de prioridade e colisão
1	Física	Conexão física	Interface física específica (par trançado, RF, Bluetooth)

Como dito anteriormente, o LonTalk define as 7 camadas do modelo OSI, cujas 6 primeiras camadas (Física à Apresentação) são implementada dentro do Neuron Chip, permitindo também a implementação da última camada.

A implementação da última camada é relativamente aberta, tanto em relação à hardware, podendo ou não ser implementada no Neuron Chip, como também em interoperabilidade com outro tipo de dispositivo inteligente. As aplicações desenvolvidas podem utilizar-se dos serviços disponíveis nas camadas inferiores, podendo ou não serem padronizados. A organização chamada LonMark (item 4.4.4.2) define padrões para o desenvolvimento desta última camada.

4.4.4.2 LonMark

LonMark é uma organização global, formada por diversos fabricantes de dispositivos LonWorks, criada para promover e desenvolver a tecnologia, de forma a garantir a interoperabilidade em sistemas baseados em redes LonWorks, independente do fabricante.

Esta organização define padrões e regras para a implementação da camada de Aplicação dos dispositivos e sistemas que são desenvolvidos pelas empresas, como por exemplo a variáveis de rede (SNVTs), padronizando nomenclaturas, unidades, formatos, dimensão, etc.

Diante de um mercado heterogeneo, composto de diversos fabricantes, cada qual provendo diferentes sistemas e soluções baseados em LonWorks, esta organização proporciona um forum aberto para que todos estes fabricantes possam trabalhar juntos de maneira a garantir a interoperabilidade, mandendo os sistemas baseados em LonWorks como proposta para sistemas abertos.

De maneira a promover as empresas que fazem parte da organização e que desenvolvem suas soluções conforme as regras estabelecidas pela LonMark, as soluções produzidas carregam um logo da organização, indicando que o mesmo é um dispositivo reconhecido pela organização, e está apto a trabalhar com diversos outros dispositivos do mercado, mesmo de outros fabricantes.

O grande objetivo, como dito anteriormente é garantir a interoperabilidades das mais diversas soluções, de maneira a proporcionar aos usuários finais e empresas de serviços de automação, os beneficios de sistemas aberto, pois estes garantem uma maior flexibilidade na escolha de fornecedores, conforme preço,

serviços, etc. Garantem também a fácil integração dos dispositivos, upgrades no sistema e até a manutenção do mesmo, entre outros.

A aplicação de um sistema de comunicação é amplamente influenciada pela escolha do meio de transmissão disponível. Uma das propostas iniciais do projeto é que a tecnologia de transmissão de dados envolvida na comunicação dos dispositivos do sistema deveria ser o mais transparente possível do usuário e de suas ferramentas de análise dos dados, de maneira a tornar o sistema independente da tecnologia escolhida, possibilitando futuras alterações.

Esta proposta foi pensada pelo fato de estarmos realizando um projeto com ambiente definido, o Laboratório de abelhas da USP, onde tínhamos previamente definidas, todas as informações relevantes para a dimensão do projeto, como número de colméias, distâncias e volume de dados. Porém, o projeto é muito abrangente, e pode ser facilmente adequado a outros tipos de ambientes, como por exemplo, uma garagem de caminhões carregados de produtos perecíveis e que precisam ter suas variáveis climáticas monitoradas.

A tecnologia escolhida pelo grupo ao final do período de especificações foi o LonWorks, pois esta se enquadra dentro das necessidades do projeto e do ambiente. A tecnologia CAN mostrou necessitar de um forte desenvolvimento sobre sua camada de aplicação, e não foram encontradas, nem mencionadas, possibilidades de utilização de seu protocolo em meio sem fio, devido ao fato de sua concepção ser voltada a meios mais robustos, e de forte possibilidade de interferência eletromagnética. Já a tecnologia Profibus foi descartada no período inicial do projeto pela dificuldade encontrada em se obter ferramentas de desenvolvimento.

Outra tecnologia que também foi bastante estudada pelo grupo foi o Bluetooth, como rede de transmissão de dados, principalmente pela facilidade na aquisição de ferramentas de trabalho e peças na quantidade desejada. Os estudos mostraram que a tecnologia poderia ser bem empregada no projeto, porém dificuldades na confecção das placas de circuito impresso (diversos Layers), e problemas na soldagem do componente, que exigiam aparelhagem especial, tornaram a execução prática trabalhosa demais para os moldes do projeto.

4.5 Instrumentação Eletrônica

O termo Instrumentação se refere aos dispositivos de medição de variáveis (sensores), porém o termo também é muito empregado para os dispositivos de atuação no ambiente (atuadores). As variáveis medidas podem ser quaisquer variáveis físicas passíveis de serem mensuradas, como temperatura, umidade, pressão e etc. Os instrumentos são muito utilizados na monitoração ou no controle (monitoração e atuação) automatizado de processos. Nesse controle, os instrumentos fornecem os dados do processo aos níveis superiores do sistema de automação, e também atuam no processo de acordo com os comandos recebidos como resposta por estes níveis superiores.

Nas instrumentações eletrônicas o sensor/atuador e a unidade de processamento são os componentes básicos de uma instrumentação eletrônica. A unidade de processamento é responsável por implementar as funções de tratamento do sinal (compensação das grandezas de influência), correção não linearidade, conversões de unidade, comunicação digital, gerenciamento de memória e de parte do controle do processo.

No caso dos sensores inteligentes, o poder de processamento aumenta a faixa de medição e provê uma maior precisão no valor medido. Comparados aos sensores das instrumentações tradicionais os sensores inteligentes geram uma resposta de maior qualidade. No projeto WirelessBee, as instrumentações eletrônicas de monitoramento devem medir periodicamente, ou instantaneamente, as variáveis de temperatura e umidade relativa do ar internas e externas às colméias racionais do BEELAB. Estes valores deverão ser armazenados temporariamente e enviados em relatórios dentro de períodos pré-configurados. Esta instrumentação deverá se comunicar com uma rede sem fio para enviar seus relatórios e por isso, deverá ter dispositivos de comunicação dedicados. A partir desses requisitos pudemos desenhar uma arquitetura básica para nossa instrumentação eletrônica.



Figura 17 – Arquitetura básica da Instrumentação Eletrônica.

4.5.1 Unidade de Processamento

A unidade de processamento de uma instrumentação eletrônica tem poder de computação menor do que a de um PC. Ela executa tarefas bem simples e por isso este tipo unidade já tem micro-instruções especializadas que facilitam o seu uso.

Devido ao seu custo, a compactação do seu hardware e a sua especialização em tarefas simples de controle de portas e de acesso à memória, os microcontroladores são a melhor opção para implementação da instrumentação eletrônica do Wireless Bee.

4.5.1.1 Microcontroladores

O microcontrolador é um microprocessador, uma memória de dados e de programa e outros periféricos, juntos em um mesmo chip. Esta diferença em relação aos sistemas baseados em microprocessadores, que emprega componentes externos para implementar as mesmas tarefas, permite a construção de sistemas mais compactos e baratos com os microcontroladores. Por outro lado, as unidades de processamento de um microcontrolador são, em geral, menos poderosas do que as de um microprocessador. O conjunto de instruções tende a ser mais simples em um microcontrolador, assim como a quantidade de memória que o componente pode

endereçar, por isso, eles tendem a ser utilizados em sistemas menos complexos e voltados a tarefas mais específicas. No caso das Instrumentações Eletrônicas em que tarefas simples de medição periódica de dados são realizadas, a utilização de periféricos temporizadores, de portas de comunicação serial e de uma memória de dados temporária é muito comum. E por isso, por serem especializados para este tipo simples de tarefa, os microcontroladores já têm em seu chip estes tipos de periféricos integrados, reduzindo a complexidade do projeto, o seu custo e o tamanho do hardware.

4.5.1.1.1 Classificação

Os microcontroladores podem ser classificados de acordo com a sua arquitetura de processamento. O modelo mais simples de organização foi proposto por Von Neumann. Neste modelo, a memória e o processador estão conectados diretamente por um único barramento de "x" bits (Figura 18) e por ele trafegam dados e instruções, compartilhando a mesma via.

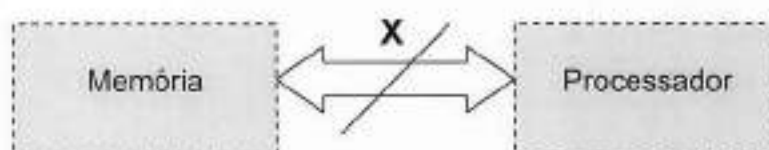


Figura 18 – Arquitetura do modelo Von Neumann de Microcontroladores.

Outro modelo utilizado pelos projetistas de hardware é a arquitetura Harvard, onde os dados e as instruções possuem seus próprios barramentos. Esta arquitetura permite que dados e instruções sejam lidos simultaneamente, tornando o dispositivo mais rápido, embora o torne também mais complexo comparado aos dispositivos que utilizam uma arquitetura Von Neumann.

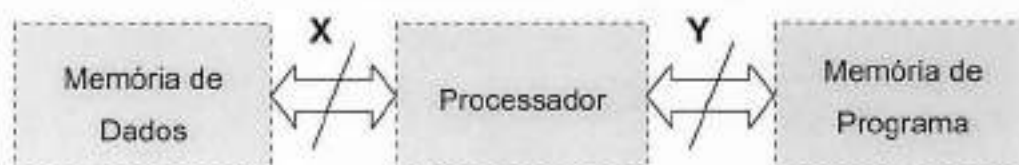


Figura 19 – Arquitetura do modelo Harvard de Microcontroladores.

Uma outra classificação para os microcontroladores diz respeito ao tamanho do barramento utilizado para dados (normalmente 8, 16, 24 e 32 bits). Quanto maior for o tamanho do barramento utilizado para os dados, maior será a capacidade para o processamento de funções mais complexas. Para nossa aplicação os microcontroladores de 8 bits de dados da arquitetura Harvard apresentaram a melhor relação custo benefício. Dentre os mais populares estão os:

- **Microcontroladores 8051 – Intel.** Família de microprocessadores muito popular e de baixo custo – Para estes microcontroladores existem muitas ferramentas de suporte, como por exemplo, ferramentas de desenvolvimento de software. Mais informações disponíveis em <http://www.intel.com>
- **Microprocessadores PIC.** Microprocessadores de 8 bits de baixíssimo custo, baixo consumo, forte documentação e ótimas ferramentas de suporte, ideal para pequenas aplicações. Possui muitos modelos, que são diferenciados pelo número de periféricos e pelo tamanho do barramento utilizado para instruções. Mais informações disponíveis em <http://www.microchip.com>

Optamos por utilizar os microcontroladores PIC devido a sua relação custo-benefício, principalmente no que tange o custo do componente e a facilidade de operação.

4.5.2 Sensores

Sensores são dispositivos que convertem um parâmetro físico, como temperatura, pressão, velocidade do vento e outros, em sinais que podem ser medidos eletronicamente. De acordo com a forma de apresentação dos dados, os sensores podem ser classificados como digitais ou analógicos.

- **Sensores digitais:** são sensores que disponibilizam os dados diretamente na forma digital. A conversão da forma analógica para a forma digital é realizada pelo próprio sensor.

- **Sensores analógicos:** nos sensores analógicos os dados são disponibilizados na forma analógica, necessitando uma conversão analógica - digital antes de serem processados.

4.5.2.1 Sensores Digitais

Normalmente, os sensores digitais têm em sua estrutura um conversor analógico-digital controlado por um dispositivo, também interno. Este dispositivo provê uma interface com o mundo externo sob um protocolo de comunicação. Desse modo, para se aferir uma medida deste sensor, deve-se fazer uma requisição ao dispositivo que se encarregará de fazer a medida da variável, converte-la para a forma digital e enviá-la para o seu cliente. Entre os sensores de temperatura e umidade relativa do ar usados no mercado estão:

- **Sensores digitais de temperatura**
 - Sensirion SHT11: 14 bits /12 bits. Acurácia: 0.5° Faixa: -40°C até 124°C. Interface Serial proprietária. Sensor de umidade integrado. Informações adicionais estão disponíveis em <http://www.sensirion.com>
 - Dalas DS18S20: Faixa -55°C até 125°C. Acurácia: 0.5°C. 9 bits. Interface Serial proprietária utilizando apenas um fio. Possui alarme (gera sinal quando a temperatura ultrapassa limites determinados). Informações adicionais estão disponíveis em <http://www.maxim-ic.com>
- **Sensores digitais de umidade**
 - Sensirion: SHT11 12 bits / 8 bits. Acurácia: 3.5%RH. Faixa: 0%RH até 100%RH. Sensor de temperatura integrado.

Neste projeto, optamos pelos sensores digitais Sensirion SHT11 de temperatura e umidade integrados, já disponíveis no Laboratório de Automação Agrícola.

4.5.3 Armazenamento de Dados

Os dispositivos de armazenagem de dados são responsáveis por manter o dado seguro para uso do sistema até que não haja mais a necessidade da sua utilização. As memórias são os mais comuns dentre estes dispositivos, podendo serem classificadas de acordo com o tempo de armazenamento do dado.

- **Memória Volátil:** mantém o dado apenas enquanto está energizada.
 - RAM – Memória de Acesso Aleatório. Memória com alta velocidade de gravação e leitura, é geralmente utilizada como memória principal de um sistema, recebendo as instruções e dados utilizados temporariamente no processamento.

- **Memória Não Volátil:** não perde seu conteúdo quando deixa de ser energizada.
 - ROM – Memória de somente leitura. O fabricante grava os dados apenas uma vez e só é permitida a leitura dos dados.
 - PROM – Memória Programável de somente leitura. A gravação é permitida com dispositivos especiais, mas a memória não pode ser apagada.
 - EPROM – Memória Programável de somente de leitura "apagável". A memória pode ser apaga com a utilização de radiação ultravioleta permitindo a reutilização.
 - EEPROM – Memória Programável de somente de leitura "apagável" eletronicamente. A memória pode ser modificada eletronicamente, mesmo quando já estiver em funcionamento num circuito eletrônico. Muito utilizado para armazenamento de pequenas quantidades de dados.
 - Flash – Memória semelhante às EEPROM, porém mais rápidas e de menor custo para uma maior quantidade de dados, pois a gravação e remoção dos dados são feitas em blocos, ela

também possui um desgaste superior comparado a uma EEPROM.

A instrumentação eletrônica do projeto necessita de uma área pequena de para armazenagem temporária de dados, com permissão de gravação e leitura em tempo real. Estes dados deverão se manter mesmo quando não há energia no sistema, por isso, escolhemos a tecnologia EEPROM para a sua implementação.

4.5.3.1 EEPROM

A capacidade de armazenamento de dispositivos EEPROM varia de poucos bytes a cerca de 128.000 bytes. Há dezenas de modelos de dispositivos EEPROM no mercado, diferenciados por sua capacidade e pela interface elétrica. Entre as interfaces elétricas mais comuns disponíveis no mercado estão às interfaces seriais (I2C e SPI, por exemplo) e as interfaces paralelas.

- **Capacidade de 64Kbytes de armazenamento:**
 - Microchip 24AA512 – Capacidade: 64 Kbytes. Interface elétrica: I2C. Duração: 1.000.000 ciclos de escrita. Informações adicionais podem ser obtidas em <http://www.microchip.com>
 - Atmel AT24C512 – Capacidade 64 Kbytes. Interface elétrica: Serial proprietária. Duração: 100.000 ciclos de escrita. Informações adicionais podem ser obtidas em <http://www.atmel.com>

- **Capacidade de 32Kbytes de armazenamento:**
 - Atmel AT28C256 – Capacidade 32 Kbytes. Interface elétrica: Paralela. Duração: 10000 ciclos de escrita.
 - Microchip 25AA256 – Capacidade 32 Kbytes. Interface elétrica: SPI. Duração: 1.000.000 ciclos de escrita.

Nós optamos por usa em nosso projeto as memórias Microchip 24AA512 já disponíveis no LAA.

Capítulo 5

5 Especificação e Implementação da Solução

Neste capítulo são apresentados resumos das especificações técnicas do projeto e da implementação realizada, destacando o previsto e o efetivamente realizado. Para simplificar a construção do Sistema, implementamos os módulos funcionais do Sistema apresentados na Figura 9, como subprojetos independentes. Cada subprojeto tem sua equipe, seus requisitos (proveniente dos requisitos de negócio do Sistema), seu calendário e suas etapas de construção independentes dos outros, no entanto, eles estão interligados pelas suas saídas e entradas através de seus produtos. O gerenciamento de riscos, qualidade, escopo, configuração e outros termos menos específicos da gerência de projetos são únicos para todos os subprojetos.

O projeto do Sistema se iniciou com a sua especificação nela procuramos identificar o domínio dos problemas a serem solucionados, os atores que irão interagir com o sistema, o seu fluxo de informação e as suas restrições. Toda a equipe participou desta etapa e os seus resultados são basicamente os apresentados nos Capítulos 2 e 3.

Tabela 4 - Produtos da Fase de Especificação.

ID	Nome	Tipo	Versão	Pasta
2	PF_Texto_Sistema_Tema	Word	6.0	Sistema
3	PF_Texto_Sistema_Proposta	Word	3.0	Sistema
4	PF_Texto_Sistema_Especificacao	Word	1.1	Sistema
15	PF_Texto_Sistema_Negocio	Word	4.0	Sistema

5.1 Módulo T01 – Acesso Internet

O módulo T01 - Acesso Internet, cujo software é chamado **WNet** é um aplicativo de publicação do sistema, que utiliza uma interface Internet simples e automatizada para disponibilizar fichas de espécies de abelhas, dados da rede de instrumentação eletrônica entre outros serviços publicados pelo Sistema.



Figura 20 - Posição do Módulo T01 – Acesso Internet na arquitetura do Sistema.

5.1.1 Gerência de Projeto do Módulo T01

5.1.1.1 Equipe

Eduardo LOPES – Integração com o Módulo T05.
 Etienne CARTOLANO – Infra-Estrutura e Implementação.
 Rafael GEVAERD – Especificação e Análise

5.1.1.2 Cronograma

A especificação e a análise do módulo foram feitas na primeira fase do projeto já na segunda fase, fizemos uma revisão da especificação e da análise, a implementação e os testes funcionais. A Figura 21, apresenta o cronograma do módulo T01 extraído do planejamento do Projeto.

69	✓	67 hrs	Bo	99%	2.5	- T01 Acesso Web	Fr 4/10/06	Fr 27/10/06
70	✓	26 hrs	Yes	100%	2.5.1	Especificação do módulo	Fr 6/10/06	Fr 13/10/06
71	✓	1 hr	Yes	100%	2.5.2	Definição de Prioridade e Tempo das Telas	Fr 6/10/06	Fr 13/10/06
72	✓	46 hrs	Bo	99%	2.5.3	- Construção das Telas	Fr 13/10/06	Fr 27/10/06
73	✓	40 hrs	No	100%	2.5.3.1	Implementação das Telas	Fr 13/10/06	Fr 27/10/06
74	✓	3 hrs	No	100%	2.5.3.2	Teste Funcional das Telas	Fr 13/10/06	Fr 27/10/06
75	✓	3 hrs	No	100%	2.5.3.3	Construção de um Estilo de Página	Fr 13/10/06	Fr 27/10/06
76	✓	0 hrs	No	100%	2.5.0	T01 Acesso Web	Fr 27/10/06	Fr 27/10/06

Figura 21 - Cronograma do Módulo T01.

5.1.1.3 Requisitos

Conseguimos cumprir todos os requisitos do módulo T01 apresentados na Tabela 5, no entanto, os objetos de interface com os usuários finais podem ser melhorados. Podemos a princípio, construir gráficos com os dados das variáveis, exportadores de dados.

Tabela 5 - Tabela de Requisitos do Módulo T01.

NC	ID	Item	Prioridade	Status
10	1	Os Serviços Internet serão consumidos conforme Interface Pré-Defnida	Normal	Fechado
10	2	Não haverá controle de acesso dos usuários	Normal	Fechado
10	3	Listar as espécies de Abelhas cadastradas	Normal	Fechado
10	4	Exibir a ficha de identificação de uma espécie de abelha	Normal	Fechado
10	5	Exibir informações sobre a Rede de Instrumentação eletrônica	Normal	Fechado
10	6	Apresentar dados de uma Instrumentação eletrônica	Normal	Fechado
10	7	Apresentar o histórico de um equipamento de medição	Normal	Fechado
10	8	Apresentar os dados de um equipamento de medição OnLine	Normal	Fechado
10	9	Segurança da Edição das Informações	Normal	Fechado

5.1.1.4 Produtos

Tabela 6 - Produtos do Módulo T01 – Acesso Internet.

ID	Nome	Tipo	Versão	Pasta
10	PF_Texto_T01_AcessoInternet_Especificacao	Word	2.0	T01_Acesso Internet
8	PF_Texto_T01_AcessoInternet_CasosUso	Word	1.1	T01_Acesso Internet
9	PF_Diagramas_T01_AcessoInternet	Visio	1.0	T01_Acesso Internet
	WbNet	Código	3.0	T01_Acesso Internet

5.1.2 Especificação do Módulo T01

Este módulo tem interface direta com o serviço de distribuição de dados do Sistema. Ele os consome e os disponibiliza aos *Usuários Finais* em suas páginas. Suas principais funções são:

- Disponibilizar os dados das espécies de Abelhas em formato de Fichas de Identificação.
- Disponibilizar uma ferramenta de Relacionamento entre as espécies de Abelhas e Plantas, a partir dos levantamentos armazenados no banco de dados do Sistema.

- Apresentar aos seus usuários um Mapa da Rede de Instrumentação Eletrônica do laboratório, apresentando, para cada instrumentação, todas as suas propriedades.
- Possibilitar ao usuário a visualização dos Dados Coletados por cada Instrumentação Eletrônica, podendo ser especificados os equipamentos, as variáveis estudadas e os períodos de medição. Os dados das variáveis abióticas poderão ser apresentados em formato de Gráficos.

Durante o levantamento das funções do módulo também foram destacados os seguintes requisitos:

- Ele não deve implementar um sistema de cadastro de usuários para acesso às funcionalidades do software.
- O software só deverá disponibilizar ao usuário final a possibilidade de visualização do conteúdo do banco de dados do sistema.
- Não deverão ser disponibilizados serviços de inserção, remoção ou alteração para qualquer um dos cadastros contidos no sistema.

5.1.3 Análise do Módulo T01

Após estudar as complexidades das funções do módulo, nós julgamos necessário para a fase de análise, apenas um estudo de casos de uso, um diagrama de seqüência destes casos de uso e um esquema de navegação de páginas. Os objetos a serem exibidos nas páginas seguem os mesmos modelos dos objetos distribuídos pelo módulo T05, e por hora são exibidos diretamente nas páginas, ou em forma de tabelas, ou seja, não foi preciso criar nenhuma nova estrutura.

5.1.3.1 Casos de Uso

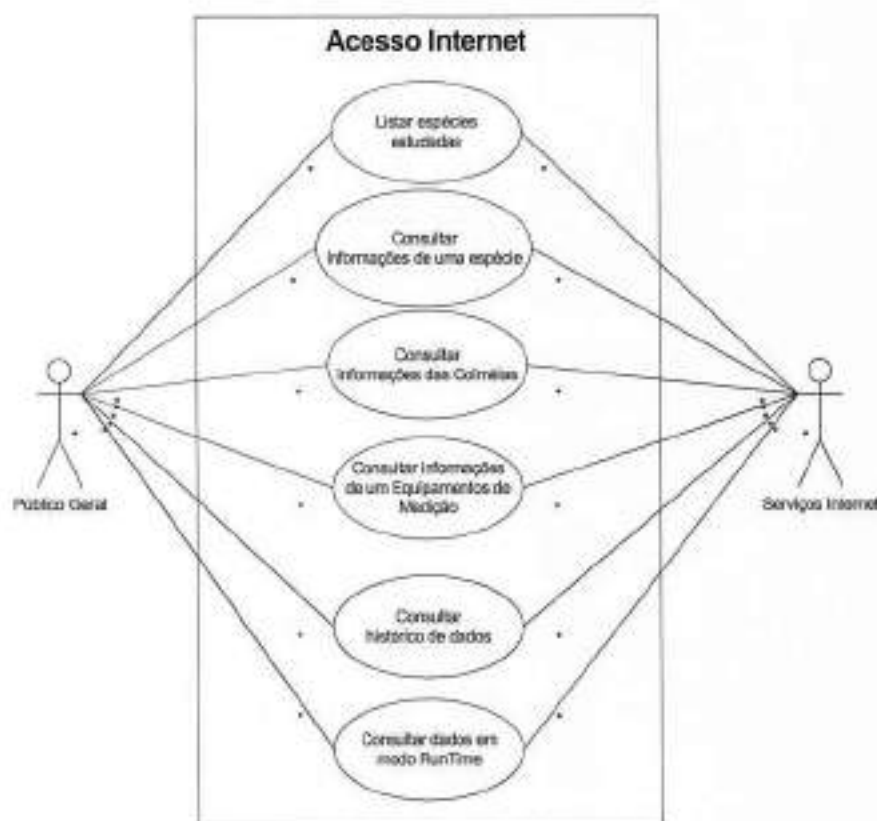


Figura 22 - Casos de Uso do módulo T01.

A seguir, um exemplo de caso de uso: consulta às informações das colméias.

- Nome: Consultar informações das Colméias.
- Descrição: Este caso de uso descreve como são efetuadas consultas aos dados das colméias gerenciadas pelo Sistema.
- Atores: Público Geral e software Serviços Internet.
- Pré-condição: Usuário ter acessado a página inicial do sistema via Internet.
- Sequência de eventos:
 1. Usuário seleciona a opção de consulta às colméias;
 2. Sistema faz a requisição das colméias disponíveis ao software Serviços Internet;
 3. Software Serviços Internet retorna a lista de colméias, com informações resumidas para identificação;
 4. Sistema exibe na tela um mapa esquemático, apresentando as colméias disponíveis, e um resumo das informações;
 5. Usuário seleciona a colméia desejada;
 6. Sistema apresenta as instrumentações eletrônicas presentes na colméia selecionada;
 7. Usuário seleciona a instrumentação eletrônica desejada;
 8. Sistema faz a requisição das informações detalhadas da instrumentação eletrônica selecionada ao software Serviços Internet;
 9. Software Serviços Internet retorna as informações detalhadas;
 10. Sistema exibe uma ficha com as informações detalhadas da instrumentação eletrônica requisitada;
- Pós-condição: Não há.
- Extensões:
 1. Itens 3 e 9: O software Serviços Internet não está disponível. O software Acesso Internet exibe uma mensagem de erro ao Usuário e abandona o caso de uso.
- Inclusão: Não há.

5.1.3.2 Diagrama de Seqüência

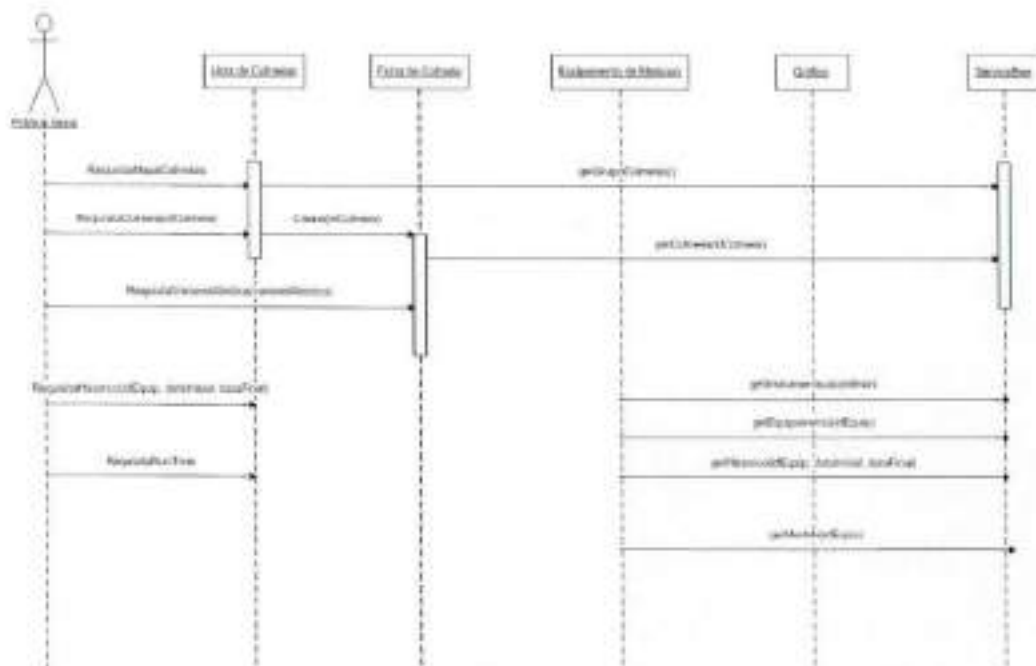


Figura 23 - Diagrama de Seqüência do Caso de Uso Consultas às Informações de uma Colméias do Módulo T01.

5.1.3.3 Diagrama de Navegação

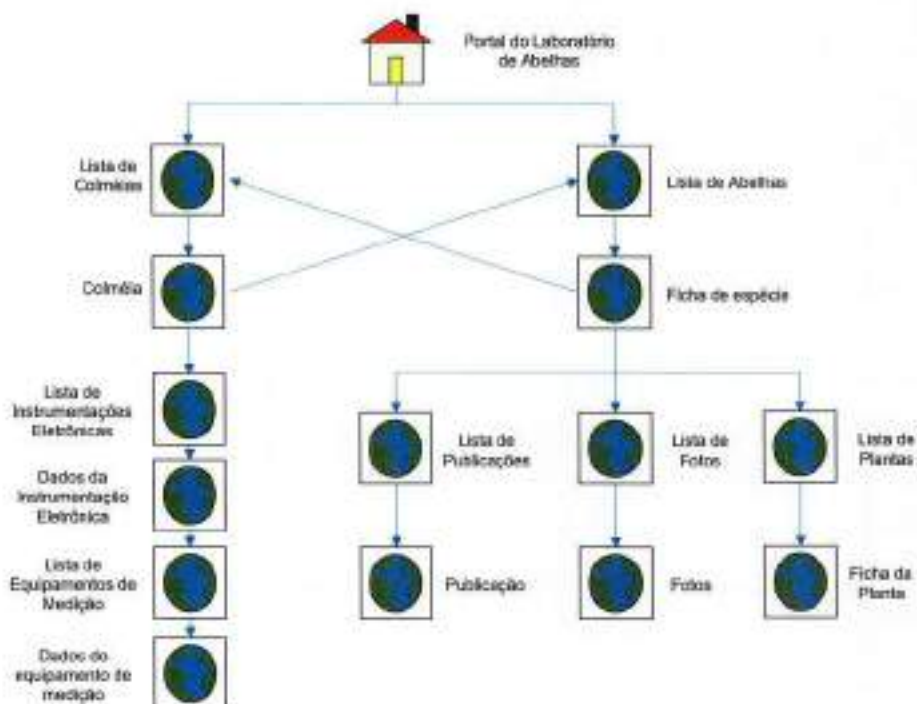


Figura 24 - Seqüência de Navegação do Módulo T01.

5.1.4 Implementação do Módulo T01

Implementamos as páginas do módulo T01 utilizando a linguagem de programação ASP.Net e a IDE Visual Studio.Net. da Microsoft, e para publicá-las, utilizamos o servidor Internet Information Server – IIS, também da Microsoft, todos instalados no computador de um dos membros da equipe.

O Visual Studio.Net oferece diversos recursos de programação orientada a objetos visuais, que facilitam a construção de páginas Internet dinâmicas para navegadores comuns e para navegadores em dispositivos móveis. Por isso, por oferecer esta facilidade para a programação de páginas para dispositivos móveis, escolhemos o ASP.Net para implementar os dois módulos de acesso dos usuários finais ao Sistema. Unificando a linguagem de implementação entre todas as páginas, tivemos um grande reaproveitamento de código, já que eles, praticamente, consumiam os mesmo serviços e tinham as mesmas funções.

O consumo dos serviços Internet pelas páginas é feito de forma direta, ou seja, o endereço destes serviços já foi pré-programado no software, e não é preciso fazer uma busca em um registro de serviços (ver Web Services, pág.49).

5.1.5 Resultados do Módulo T01

Os produtos do Módulo T01 são as páginas que consomem os serviços Internet e publicam os dados em fichas de espécies, fichas de instrumentações e tabelas de dados de monitoração. A Figura 25 é um exemplo de ficha de espécies fornecida pelo módulo T01.



Figura 25 - Exemplo de Ficha de Espécies publicada pelo módulo T01.

5.2 Módulo T02 – Acesso Administrativo

O módulo T02 - Acesso Administrativo, cujo software é chamado **WBAdmin**, é um aplicativo de manutenção do sistema, que utiliza uma interface Internet simples e automatizada para disponibilizar funções de cadastro de informações sobre espécies de abelhas, dados de instrumentações eletrônicas e dados de configuração da Rede de instrumentação Eletrônica.



Figura 26 - Posição do Módulo T02 – Acesso Administrativo na arquitetura do Sistema.

5.2.1 Gerência de Projeto do Módulo T02

5.2.1.1 Equipe

Eduardo LOPES e Etienne CARTOLANO – Especificação do módulo.

5.2.1.2 Requisitos

Os requisitos levantados durante a fase de especificação do módulo estão na Tabela 7.

Tabela 7 - Tabela de Requisitos do Módulo T02.

NC	ID	Item	Prioridade	Status
10	1	Configuração da Rede de Instrumentações Eletrônicas	Normal	Não Iniciado
10	2	Cadastro de Espécies de Abelhas	Normal	Não Iniciado
10	3	Edição e Remoção de Espécies de Abelhas	Normal	Não Iniciado
10	4	Cadastro de Colméias	Normal	Não Iniciado

5.2.1.3 Produtos

Tabela 8 - Produtos do Módulo T01 – Acesso Internet.

ID	Nome	Tipo	Versão	Pasta
11	PF_Texto_T02_AcessoAdministrativo_Especificacao	Word	1.0	T02_Acesso Administrativo

5.2.2 Especificação do Módulo T02

Este módulo tem interface direta com o banco de dados e com a interface da rede de instrumentação eletrônica. Suas principais funções são:

- Disponibilizar a configuração da Rede de Instrumentação Eletrônica. O usuário poderá configurar o intervalo de medição das variáveis climáticas e o intervalo entre envio de relatórios da instrumentação.
- Disponibilizar um cadastro de espécies de abelhas, com inserção, alteração, consulta e exclusão das informações sobre espécies de abelhas: nome científico, nome popular, etc.
- Disponibilizar um cadastro de colméias racionais, com inserção, alteração, consulta e exclusão das informações sobre as colméias racionais. Também será possível associar as espécies de abelhas e instrumentações eletrônicas da colméia.
- Disponibilizar um cadastro das instrumentações eletrônicas, com inserção, alteração, consulta e exclusão das informações. Também será possível associar seus equipamentos de medida.
- Disponibilizar um cadastro dos equipamentos de medida, com inserção, alteração, consulta e exclusão das suas informações.

5.3.1.2 Cronograma

A especificação e a análise do módulo foram feitas na primeira fase do projeto, já na segunda fase, fizemos uma revisão da especificação e da análise, a implementação e os testes funcionais. A Figura 28, apresenta o cronograma do módulo T04 extraído do planejamento do Projeto.

62	✓	25 hrs	No	100%	2.4	T04 Acesso Móvel	Sat 16/9/06	Fri 6/10/06
63	✓	5 hrs	Yes	100%	2.4.1	Especificação do módulo	Sat 16/9/06	Sat 23/9/06
64	✓	1 hr	Yes	100%	2.4.2	Definição de Prioridade e Tempo das Telas	Sat 16/9/06	Sat 23/9/06
65	✓	23 hrs	No	100%	2.4.3	Construção das Telas	Sat 23/9/06	Fri 6/10/06
66	✓	20 hrs	Yes	100%	2.4.3.1	Implementação das Telas	Sat 23/9/06	Fri 6/10/06
67	✓	3 hrs	Yes	100%	2.4.3.2	Teste Funcional das Telas	Sat 23/9/06	Fri 6/10/06
68	✗	0 hrs	No	0%	2.4.0	T04 Acesso Móvel	Fri 6/10/06	Fri 6/10/06

Figura 28 - Cronograma do Módulo T04.

5.3.1.3 Produtos

Tabela 9 - Produtos do Módulo T04 – Acesso Móvel.

ID	Nome	Tipo	Versão	Pasta
	Wbmobile	Código	5.0	T04_Acesso Móvel

Por serem identicamente funcionais, nós usamos a mesma especificação e análise do módulo T01 para o T04 Acesso móvel. Na implementação das páginas deste módulo, também foram utilizadas as mesmas ferramentas de programação e de publicação do módulo T01, no entanto, utilizamos os objetos de programação para dispositivos móveis.

5.3.2 Resultados do módulo T04

Os produtos do Módulo T04 são as páginas para dispositivos móveis que consomem os serviços Internet e publicam os dados em fichas de espécies, fichas de instrumentações e tabelas de dados de monitoração. A figura a seguir foi extraída da interface do módulo T04.



Figura 29 - Interface do Módulo T04 - lista de colméias.

5.4 Módulo T05 – Serviços Internet

O módulo T05 - Serviços Internet, cujo software é chamado **WBService**, é um aplicativo de distribuição de dados do sistema, que utiliza a interface como meio. Este software utiliza uma interface direta com o banco de dados do Sistema para recuperar os dados que seus serviços oferecem. Os serviços deste módulo são consumidos pelas interfaces Internet dos usuários finais, ou por outros sistemas.

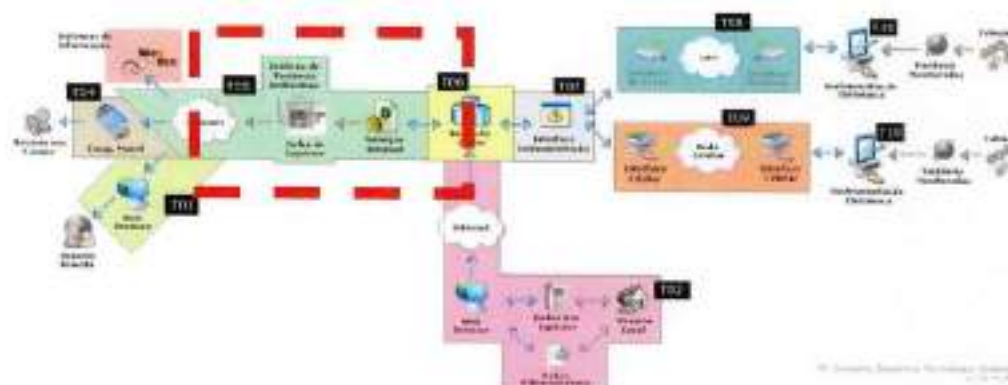


Figura 30 - Posição do Módulo T05 – Serviços Internet na arquitetura do Sistema.

5.4.1 Gerência de Projeto do Módulo T05

5.4.1.1 Equipe

Eduardo LOPES – Especificação, Análise e Integração do Módulo.
Etienne CARTOLANO – Implementação.

5.4.1.2 Cronograma

A especificação, análise e implementação do módulo foram feitas na primeira fase do projeto, já na segunda fase, fizemos uma revisão destes itens, começamos a interação dos serviços com os outros módulos e realizamos os testes funcionais. A Figura 31, apresenta o cronograma do módulo T05 extraído do planejamento do Projeto.

54	✓	27 hrs	No	100%	2.3	- T05 Serviços Internet	Sat 16/3/06	Sun 8/10/06
55	✓	3 hrs	Yes	100%	2.3.1	Especificação dos Serviços	Sat 16/3/06	Sat 23/3/06
56	✓	2 hrs	Yes	100%	2.3.2	Definição de Prioridade dos Serviços	Sat 16/3/06	Sat 23/3/06
57	✓	23 hrs	No	100%	2.3.4	III Construção dos Serviços	Sat 23/3/06	Sun 8/10/06
58	✓	1 hr	Yes	100%	2.3.4.1	Análise dos Serviços	Sat 23/3/06	Sun 01/06/06
59	✓	20 hrs	Yes	100%	2.3.4.2	Implementação dos Serviços	Sat 23/3/06	Sun 01/06/06
60	✓	1 hr	Yes	100%	2.3.4.3	Testes dos Serviços	Sat 23/3/06	Sun 01/06/06
61	✓	0 hrs	No	100%	2.3.0	T05 Serviços Internet	Sat 8/10/06	Sun 8/10/06

Figura 31 - Cronograma do Módulo T05.

5.4.1.3 Requisitos

Conseguimos cumprir todos os requisitos do módulo T05 apresentados na Tabela 10, exceto, a função de medição on-line de um equipamento de medida. Esta função foi escrita em JAVA e integrada ao módulo Interface Instrumentação, mas este último ainda não consegue receber as variáveis das instrumentações eletrônicas, pois não foi feita a integração dos módulos. O requisito de ler os dados climáticos já armazenados no banco de dados não foi atingido pelo problema de integração dos módulos de Instrumentação Eletrônica.

Tabela 10 - Tabela de Requisitos do Módulo T05.

NC	ID	Item	Prioridade	Status
57	1	Listar Colméias	Alta	Fechado
57	2	Listar Instrumentações Eletrônicas por Colméia	Alta	Fechado
57	3	Listar Equipamentos de Medidas por Instrumentação	Alta	Fechado

		Eletrônica		
57	4	Buscar Equipamento de Medição	Normal	Fechado
57	5	Medidas por Intervalo de Tempo, Instrumentação Eletrônica e Equipamento de medição	Alta	Fechado
57	6	Medição On-line por Instrumentação e Equipamento de medição	Normal	Iniciado
57	7	Lista de Espécies	Alta	Fechado
57	8	Ficha das Espécies	Alta	Fechado
57	9	Número de Conexões	Normal	Iniciado
57	10	Formato de Publicação	Normal	Fechado
57	11	Restrição de modificação	Normal	Fechado
57	12	Independência da Plataforma	Normal	Fechado

5.4.1.4 Produtos

Tabela 11 - Produtos do Módulo T05 – Serviços Internet.

ID	Nome	Tipo	Versão	Pasta
55	PF_Texto_T05_ServicosInternet_CasosUso	Word	2.0	T05_Serviços Internet
57	PF_Texto_T05_ServicosInternet_Especificacao	Word	2.1	T05_Serviços Internet
58	PF_Diagrama_T05_ServicosInternet_Analise	Visio	2.1	T05_Serviços Internet
	Wbservice	Código	3.0	T05_Serviços Internet

5.4.2 Especificação do Módulo T05

Este módulo é o canal entre as ferramentas de análise de dados dos *Usuários Finais* e os *Sistemas Informação* e o banco de dados do Sistema. Suas principais funções são:

- Disponibilizar uma lista de colméias cadastradas no banco de dados do sistema Wireless Bee.
- Disponibilizar uma lista de instrumentações eletrônicas associadas a uma colméia racional.
- Disponibilizar uma lista de equipamentos de medição associados a uma instrumentação eletrônica.
- Disponibilizar acesso aos dados de um equipamento de medição.

- Disponibilizar acesso aos dados coletados por um equipamento de medição em um determinado período.
- Disponibilizar coleta de dados em tempo real para um equipamento de medição.
- Disponibilizar acesso à lista de espécies de abelhas cadastradas no sistema Wireless Bee.
- Disponibilizar acesso aos dados cadastrados de uma espécie de abelha.

Durante o levantamento das funções do módulo também foram destacados os seguintes requisitos:

- O módulo deve utilizar a rede Internet para disponibilizar dados e serviços, portanto deve ser capaz de implementar os protocolos utilizados pela grande rede.
- O módulo deve utilizar tecnologias abertas e interoperáveis, ou seja, não deve depender das tecnologias utilizadas para implementação.
- O módulo não pode permitir a inclusão, edição e remoção de dados e informações do sistema.

5.4.3 Análise do Módulo T05

A análise do módulo T05 foi feita com base no processo da UML. Consideramos não utilizar todos os diagramas da ferramenta, apenas os que teriam mais impacto na nossa aplicação: diagrama de classes, de casos de uso, de seqüência, de implantação, de comunicação e de arquitetura. Nos itens a seguir são apresentados exemplos destes diagramas.

5.4.3.1 Casos de Uso

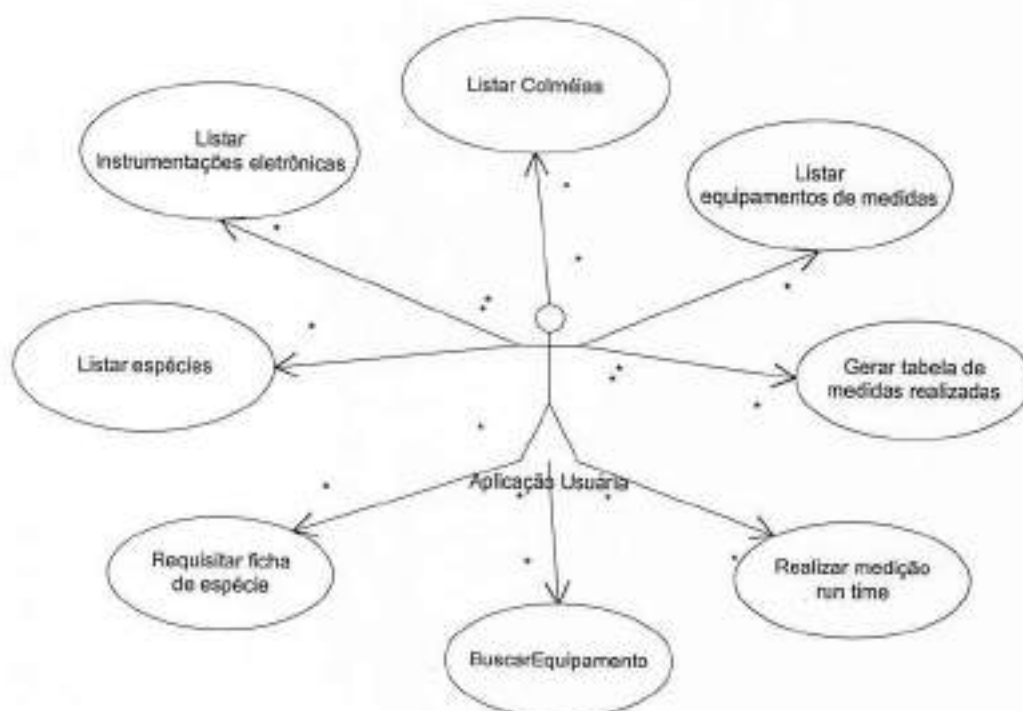


Figura 32 - Diagrama de Casos de uso do módulo T05.

5.4.3.2 Diagrama de Classes

Na Figura 33 é apresentado o diagrama de classes que compões a Instrumentação eletrônica.

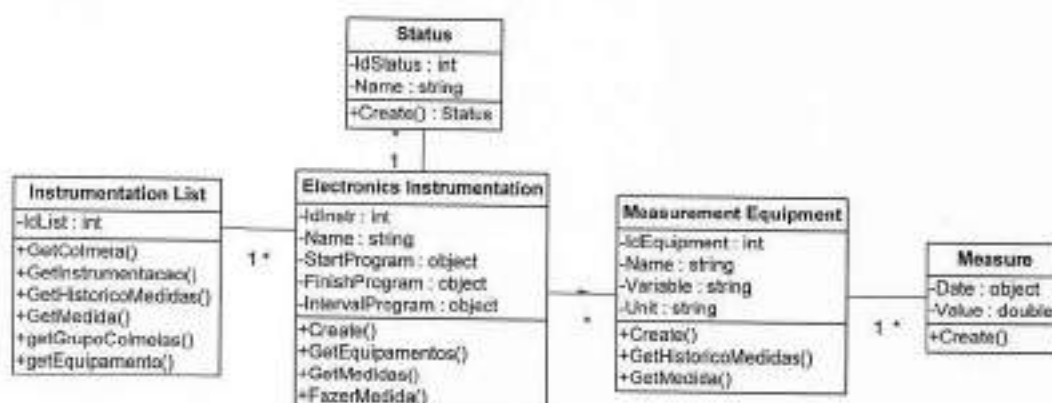


Figura 33 - Diagrama de Classes da Instrumentação Eletrônica.

5.4.3.3 Diagrama de Seqüência

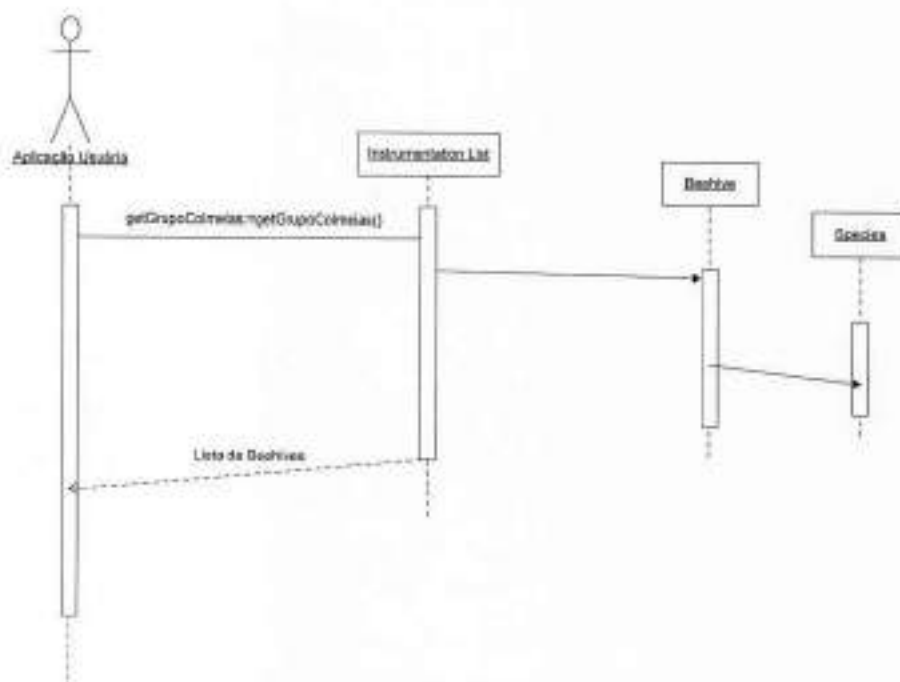


Figura 34 - Diagrama de Seqüência do Caso de Uso Listar Colméias do módulo T05.

5.4.3.4 Diagrama de Implantação

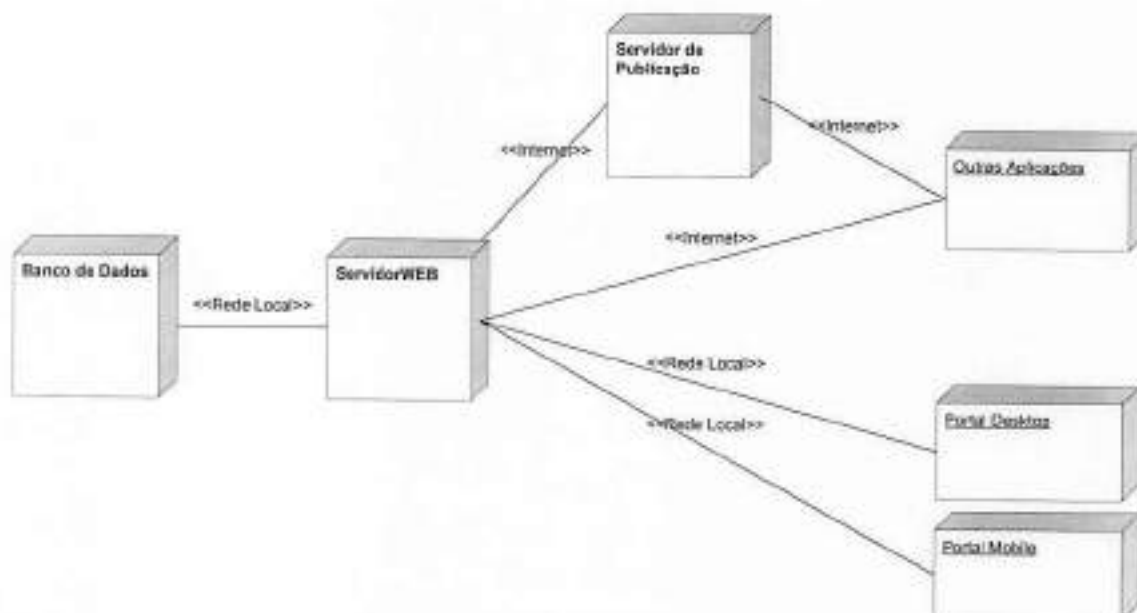


Figura 35 - Diagrama de Implantação do Módulo T05.

5.4.3.5 Arquitetura de Comunicação



Figura 36 - Diagrama de Comunicação do Módulo T05.

5.4.3.6 Arquitetura de Software



Figura 37 - Diagrama de Arquitetura de Software do Módulo T05.

5.4.4 Implementação do Módulo T05

Nós utilizamos a tecnologia de Web Services (ver Web Services, pág. 49) para implementar o módulo T05. A programação dos serviços foi feita em JAVA utilizando o Eclipse, nele foram criadas as classes que efetivamente implementam os serviços. Durante a programação foram utilizadas como base para manipulação dos dados, as classes de persistência do módulo T06 Banco de Dados, que são mapeadas pelo HIBERNATE. A união as classes de serviço e de persistência compõe o software **WbService**.

A partir das classes dos serviços, foi gerado o WSDL que contém as assinaturas dos métodos do serviço. A seguir segue um trecho do WSDL que especifica a assinatura do método para requisição de histórico de medidas de um equipamento de medida.

```

<element name="getMeasureHistoric">
  <complexType>
    <sequence>
      <element name="IdEquip" type="xsd:int" />
      <element name="StartDate" type="xsd:dateTime" />
      <element name="FinishDate" type="xsd:dateTime" />
    </sequence>
  </complexType>
</element>

```

As classes dos serviços, de persistência e o mapeamento do HIBERNATE foram colocados no servidor TOMCAT. A partir daí, a cada requisição que o servidor recebe, ele encaminha a mensagem ao AXIS, que desempacota a mensagem e efetua as chamadas às funções e rotinas do software **Wbservice**. Dependendo do tipo de serviço, o software poderá acessar o banco de dados através da interface HIBERNATE, ou então, acessar a interface do *T07 Interface Instrumentação*. O fluxo de informações do módulo está descrito na Figura 38.

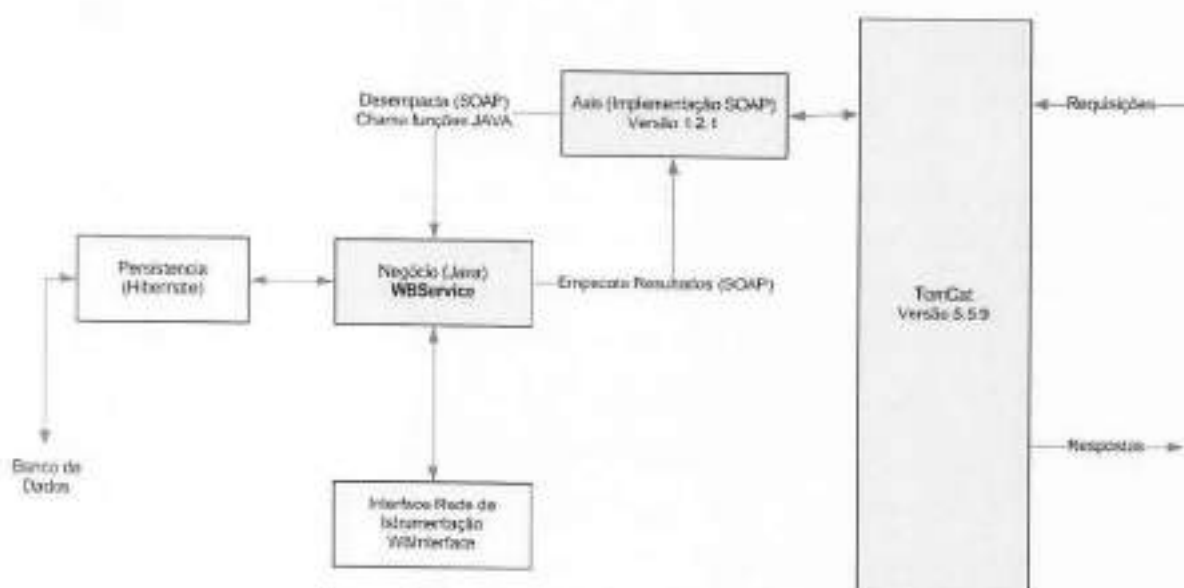


Figura 38 – Fluxo de Informação do Módulo T05.

5.4.5 Resultados do Módulo T05

O produto do módulo T05 é um serviço internet operacional chamado **wbservice**. Este serviço está alocado em um servidor TOMCAT e apresenta os seguintes métodos:



Figura 39 - Métodos do serviço do módulo T05.

5.5 Módulo T06 – Banco de Dados

O módulo T06 – Banco de Dados, cujo software é chamado **WBBase**, é um banco de dados relacional que armazena os dados do Sistema. A este banco de dados está associado um conjunto de classes persistência e que são a interface do banco para os outros módulos.

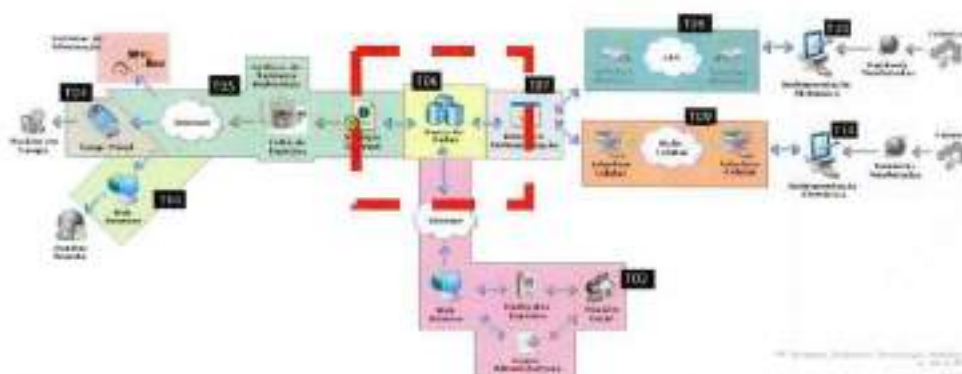


Figura 40 - Posição do Módulo T06 – Banco de Dados na arquitetura do Sistema.

5.5.1 Gerência de Projeto do Módulo T06

5.5.1.1 Equipe

Etienne CARTOLANO – Infra-Estrutura, Especificação, Análise, Implementação e Testes.
Eduardo LOPES – Integração com os Módulos T05 e T07.

5.5.1.2 Cronograma

Todas as etapas deste módulo foram feitas na primeira fase do projeto. Na segunda fase, nós revisamos o módulo e criamos os arquivos de carga de dados para os testes funcionais. A Figura 53, apresenta o cronograma do módulo T06 extraído do planejamento do Projeto.

42	✓	31 hrs	Ho	100%	2.2	T06 Banco de Dados	Sun 27 8 06	Wed 21 5 06
43	✓	3 hrs	No	100%	2.2.1	Definição da Arquitetura	Sun 27 8 06	Sat 26 06
44	✓	8 hrs	No	100%	2.2.2	Implantar InfraEstrutura	Sun 27 8 06	Sat 26 06
45	✓	18 hrs	Ho	100%	2.4.1	Modelagem	Sat 25 06	Sat 16 9 06
46	✓	4 hrs	No	100%	2.4.3.1	Implementação e Carga das Tabelas Banc.	Sat 25 06	Sat 16 9 06
47	✓	2 hrs	No	100%	2.4.3.2	Mapeamento Hibernate	Sat 25 06	Sat 16 9 06
48	✓	12 hrs	No	100%	2.4.3.3	Implementação das Classes	Sat 25 06	Sat 16 9 06
49	✓	2 hrs	Ho	100%	2.4.4	Integração	Sat 23 9 06	Wed 21 5 06
50	✓	1 hr	No	100%	2.4.4.1	Módulo - Serviço Internet	Sat 23 9 06	Sun 8 10 06
51	✓	1 hr	No	100%	2.4.4.2	Módulo - Interface Instrumentação	Sun 18 5 06	Wed 21 5 06
52	✓	0 hrs	No	100%	2.2.8	T06 Banco de Dados	Sat 16 9 06	Sat 16 9 06

Figura 41 - Cronograma do Módulo T06.

5.5.1.3 Requisitos

Definimos que os requisitos iniciais do banco de dados deveriam atender as necessidades do módulo T05. Isto significa dizer que os objetos guardados no banco de dados, bem como suas classes de persistência deveriam ser os mesmos tratados pelos serviços Internet, pelo menos no começo, e pensando nisso, nós criamos uma estrutura que poderá ser racionalmente expandida.

5.5.1.4 Produtos

Tabela 12 - Produtos do Módulo T06 – Banco de Dados.

ID	Nome	Tipo	Versão	Pasta
47	PF_Diagrama_T06_BD	Visão	2.0	T06 Banco de Dados
	criacaoInicial_v2.sql e dadosTeste_v1.sql	SQL	2.0	T06 Banco de Dados
	Arquivos de Mapeamento Hibernate	Hibernate	2.0	T06 Banco de Dados
	wbase	Código	2.0	T06 Banco de Dados

5.5.2 Especificação do Módulo T06

Como dito anteriormente, nós baseamos a especificação deste módulo, exclusivamente, nos serviços Internet (item 5.4.2) do módulo T05. A partir deles foi criado um esquema que refletia os objetos tratados nos serviços e que serviu de base para as etapas seguintes.

Na Figura 42, apresentamos uma parte deste esquema e que representa a Instrumentação Eletrônica.

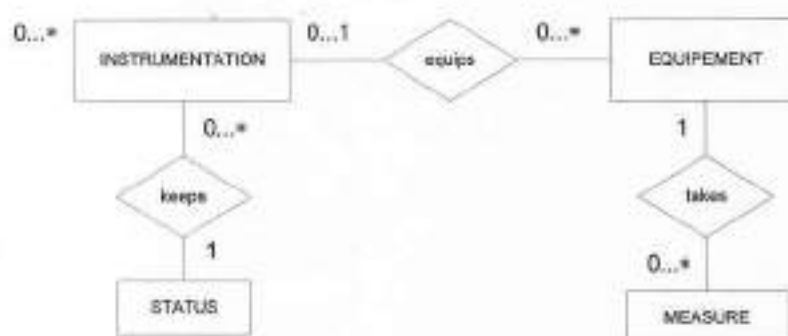


Figura 42 - Esquema do módulo T06 para a Instrumentação eletrônica.

5.5.3 Análise do Módulo T06

O módulo T06 (**WBbase**) é composto não só pelo banco de dados, mas também, por uma interface de acesso. Esta interface de acesso é feita com classes JAVA que são as únicas responsáveis pela manipulação dos dados do banco. Nenhum outro software pode manipular diretamente os dados. Esta definição garante uma independência da tecnologia SGBD utilizada, na medida em que o mundo externo reconhecerá o banco de dados apenas pela nossa interface.

Para construir o repositório de dados, utilizamos apenas um diagrama de entidade-relacionamento (DER), que representa a etapa conceitual da implementação (ver pág. 53). Devida a baixa complexidade inicial do banco de dados, julgamos que não era necessário implementar o modelo lógico relacional e por isso, fomos direto para a implementação física do banco, a partir do DER. A Figura 43 representa o modelo conceitual da Instrumentação Eletrônica e a Figura 45 representa seu modelo físico.

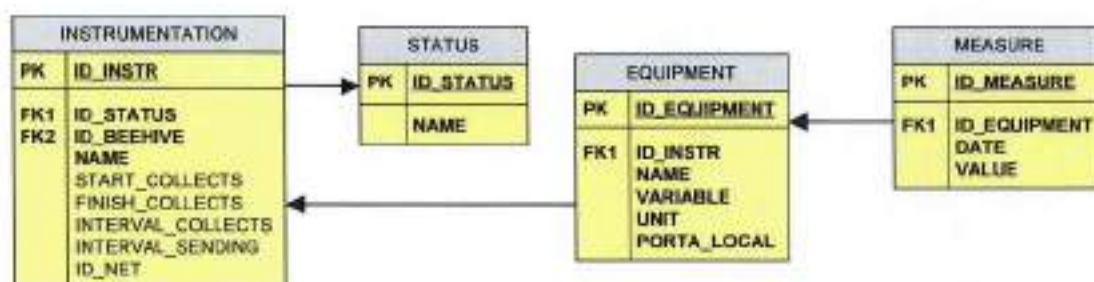


Figura 43 - Representação conceitual de uma Instrumentação Eletrônica no módulo T06.

As classes de persistência do módulo T06 representam a camada acima do banco de dados do - Diagrama de Arquitetura de Software do Módulo T05.Figura 37. Elas são abstrações dos objetos armazenados no banco de dados, e são persistidas utilizando a tecnologia HIBERNATE. O HIBERNATE faz um mapeamento do conjunto de tabelas relacionais nos objetos das classes JAVA. Para isso, é preciso criar arquivos de mapeamento entre eles. A Figura 44 apresenta o esquema de mapeamento HIBERNATE entre os objetos (um para muitos, muitos para muitos, uma para um e muitos para um) de uma Instrumentação Eletrônica.

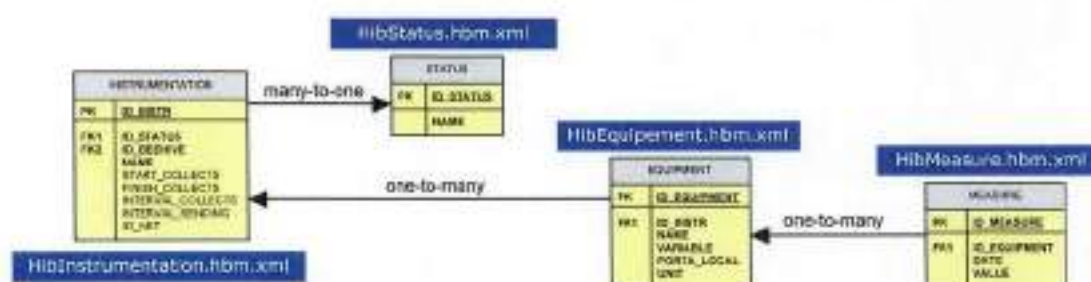


Figura 44 - Esquema de mapeamento no HIBERNATE para uma Instrumentação Eletrônica.

5.5.4 Implementação do Módulo T06

A implementação física do banco de dados foi feita em cima dos diagramas entidade-relacionamento. Nós utilizando arquivos com um conjunto de instruções em SQL para criá-lo. A seguir um trecho que representa a criação da tabela de Instrumentação Eletrônica, apresentada na Figura 45.

```

CREATE TABLE IF NOT EXISTS INSTRUMENTATION(
  ID_INSTR INT NOT NULL AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,
  NAME VARCHAR(50) NOT NULL,
  START_COLLECTS DATETIME NULL,
  FINISH_COLLECTS DATETIME NULL,
  INTERVAL_COLLECTS INT NULL,
  INTERVAL_SENDING INT NULL,
  ID_NET VARCHAR(255) NULL,
  ID_STATUS INT NOT NULL,
  ID_BEEHIVE INT NOT NULL,
  KEY FK_INSTRUMENTATION_STATUS (ID_STATUS),
  CONSTRAINT FK_INSTRUMENTATION_STATUS FOREIGN KEY (ID_STATUS)
  REFERENCES STATUS (ID_STATUS) ON DELETE CASCADE ON UPDATE CASCADE,
  KEY FK_INSTRUMENTATION_BEEHIVE (ID_BEEHIVE),
  CONSTRAINT FK_INSTRUMENTATION_BEEHIVE FOREIGN KEY (ID_BEEHIVE)
  REFERENCES BEEHIVE (ID_BEEHIVE) ON DELETE CASCADE ON UPDATE CASCADE
);

```

Column Name	Datatype	PK	UN	Flags	Default Value	Comment
ID_INSTR	INTEGER	✓	✓	<input type="checkbox"/> UNSIGNED <input type="checkbox"/> ZEROFILL		
NAME	VARCHAR(50)	✓		<input type="checkbox"/> BINARY		
START_COLLECTS	DATETIME					
FINISH_COLLECTS	DATETIME					
INTERVAL_COLLECTS	INTEGER			<input type="checkbox"/> UNSIGNED <input type="checkbox"/> ZEROFILL		
INTERVAL_SENDING	INTEGER			<input type="checkbox"/> UNSIGNED <input type="checkbox"/> ZEROFILL		
ID_NET	VARCHAR(255)			<input type="checkbox"/> BINARY		
ID_STATUS	INTEGER	✓		<input type="checkbox"/> UNSIGNED <input type="checkbox"/> ZEROFILL		
ID_BEEHIVE	INTEGER	✓		<input type="checkbox"/> UNSIGNED <input type="checkbox"/> ZEROFILL		
PRIMARY	ID_INSTR					
FK_INSTRUMENTATION	ID_STATUS					
FK_INSTRUMENTATION	ID_BEEHIVE					

Figura 45 - Representação física de uma Instrumentação Eletrônica no módulo T06.

As classes de persistência foram escritas em JAVA, e por serem abstrações dos objetos do banco de dados, elas são baseadas no esquema apresentado na Figura 43. Para cada classe JAVA nós temos um arquivo de mapeamento HIBERNATE. No item 4.3.1 foi apresentado o mapeamento para a classe de status das Instrumentações Eletrônicas.

Para realizar os testes funcionais do banco de dados e da sua interface, criamos um arquivo com comandos SQL para carga dos dados iniciais.

5.5.5 Resultados do Módulo T06.

O resultado do módulo é um banco de dados operacional com uma interface para manipulação dos dados.

5.6 Módulo T07 – Interface Instrumentação

O módulo T07 – Interface Instrumentação, cujo software é chamado **WBInterface** é o software responsável pela comunicação entre a Rede de Instrumentação Eletrônica e os outros módulos do Sistema. Ela é responsável por armazenar os dados das Instrumentações no banco de dados e por servir de interface para a configuração destes aparelhos.



Figura 46 - Posição do Módulo T07 – Interface Instrumentação na arquitetura do Sistema.

5.6.1 Gerência de Projeto do Módulo T07

5.6.1.1 Equipe

Eduardo LOPES – Infra-Estrutura, Especificação, Análise, Implementação do módulo, Integração com os Módulos T02 e T06.

Rafael GEVAERD – Integração com as Redes de comunicação

5.6.1.2 Cronograma

A especificação e a análise do módulo foram feitas na primeira fase do projeto, já na segunda fase, fizemos uma revisão da especificação e da análise, a implementação e os testes funcionais. A Figura 47, apresenta o cronograma do módulo T07 extraído do planejamento do Projeto.

72		92 hrs	Ho	91%	2,7	T07 Interface de Instrumentação	Sun 1/19/06	Sat 2/12/06
73	✓	20 hrs	No	100%	2,7.1	Especificação do software	Sun 01/06	Sat 14/06/06
74	✓	72 hrs	Ho	100%	6.13.2	Implantação	Sat 11/06/06	Sat 25/11/06
75	✓	8 hrs	No	100%	2,7.2	Software Serial - Computador (Java)	Sat 14/06/06	Sat 28/06/06
76	✓	8 hrs	No	100%	2,7.3	Software de Troca de Mensagens	Sat 14/06/06	Sat 28/06/06
77	✓	8 hrs	No	100%	2,7.4	Software de Identificação de Rede	Sat 14/06/06	Sat 28/06/06
78	✓	16 hrs	No	100%	2,7.5	Software de Configuração de Instrumentação	Sun 29/06/06	Sat 11/11/06
79	✓	16 hrs	No	100%	2,7.8	Software de Banco de Dados	Sat 11/11/06	Sat 16/11/06
80	✓	16 hrs	No	100%	2,7.8	Software TCP/IP (Celular)	Sat 18/11/06	Sat 25/11/06
81	☐	0 hrs	No	0%	2,7.7	Integração dos Softwares de Instrumentação	Sat 25/11/06	Sat 2/12/06
82	☐	6 An	No	0%	1.13	T07 Interface Instrumentação	Sat 2/12/06	Sat 2/12/06

Figura 47 - Cronograma do Módulo T07.

5.6.1.3 Requisitos

Conseguimos cumprir todos os requisitos do módulo T07 apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Tabela de Requisitos do Módulo T01.

NC	ID	Item	Prioridade	Status
45	1	Configurar o Endereço de Rede	Normal	Fechado
45	2	Descobrir Rede de instrumentação	Alta	Fechado
45	3	Verificar dispositivos da Rede	Baixa	Fechado
45	4	Receber e Salvar dados coletados pela Rede	Alta	Fechado
45	5	Agendar Coleta de Dados	Alta	Fechado
45	6	Efetuar Coleta de Dados	Alta	Fechado

5.6.1.4 Produtos

Tabela 14 - Produtos do Módulo T07 – Interface Instrumentação.

ID	Nome	Tipo	Versão	Pasta
45	PF_Texto_T07_InterfaceInstrumentacao_Especificacao	Word	1.2	T07 Interface Instrumentação
51	PF_Texto_T07_InterfaceInstrumentacao_CasosUso	Word	1.0	T07 Interface Instrumentação
83	PF_Texto_T07_InterfaceInstrumentacao_Protocolo_NetBee	Word	1.0	T07 Interface Instrumentação
	WbInterface	Código	5.0	T07 Interface Instrumentação
	WbInterWireless	Código	3.0	T07 Interface Instrumentação
	WbInterCelular	Código	4.0	T07 Interface Instrumentação

5.6.2 Especificação do Módulo T07

O módulo T07 é, basicamente, uma interface responsável por fazer a ligação entre a rede de *Instrumentações Eletrônicas (T10)* e os outros componentes do Sistema, em especial, o *Banco de Dados (T06)* e o *Acesso Administrativo (T02)* dos *Usuários Locais*, utilizando as Redes de Comunicação Sem Fio e Celular (T08 e T09). Suas principais funções são:

- Configuração do Endereço de Rede – fornecer rotinas de configuração do endereço de rede do módulo central.
- Descoberta da Rede de Instrumentação – fornecer rotinas de busca de novos dispositivos na rede de instrumentação.
- Verificação dos dispositivos de rede – fornecer rotinas de verificação de existência dos dispositivos de redes instalados.
- Recepção e registro de dados coletados pela rede – receber e registrar na base de dados do sistema os dados coletados pela rede.
- Agenda de Coleta por dispositivo de rede – fornecer rotinas para realizar o agendamento de coletas.
- Coleta de medida por dispositivo de rede – fornecer rotinas que permitam realizar coleta de uma medição.

Durante o levantamento das funções do módulo também foram destacados os seguintes requisitos:

- O módulo deve implementar o protocolo de aplicação utilizado pela rede de instrumentação, o protocolo NetBee.
- O módulo deve ser prover interface para o módulo T02 Acesso Administrativo e utilizar a interface do módulo T06 Banco de Dados.

- O módulo deve prover uma interface com as Redes de Comunicação (T08 e T09), transparentes aos usuários.

5.6.3 Análise do Módulo T07

A análise do software **WbInterface** foi feita apenas com um diagrama de casos de uso e com o detalhamento do protocolo NetBee. Este protocolo criado por nós para gerenciar a Rede de Instrumentação Eletrônica é a base deste módulo, por isto, o seu detalhamento é suficiente para a implementação da interface.

Os casos de uso escritos para o software são: estabelecer comunicação com dispositivos em campo, reconhecer dispositivos de instrumentação, ativar ou desativar dispositivos na rede de instrumentação e ler os dados em tempo real.

Também será necessário criar softwares específicos para cada tipo de Rede de Comunicação. Eles são responsáveis por operar as redes de acordo com suas especificações (ver pág. 56) tomando seu uso transparente para o **WbInterface**.

5.6.3.1 Protocolo NetBee

Para realizar a troca de mensagens entre a Interface Instrumentação e as Instrumentações Eletrônicas, foi desenvolvido um protocolo para a camada de aplicação que utiliza os serviços providos pelas camadas inferiores das Redes de Comunicação sem fio e celular (Figura 53), o NetBee.



Figura 48 – Arquitetura em camadas do protocolo NetBee.

O protocolo NetBee não especifica os níveis inferiores da arquitetura OSI, e deve ser independente da tecnologia utilizada na implementação destes níveis, permitindo a utilização de qualquer implementação que forneça serviços de troca de mensagens confiáveis (redes LONWorks, redes TCP/IP, etc). Ele coordena a troca de mensagens em alto nível, entre o módulo Interface Instrumentação e o módulo Instrumentação Eletrônica, sendo projetado para satisfazer as seguintes funcionalidades:

- **Descobrir rede de Instrumentação:** Verificar quais as Instrumentações Eletrônicas que estão conectadas à rede e fornecer um endereço lógico, data e hora corrente aos novos dispositivos da rede.
- **Verificar rede de Instrumentação:** Verificar se os dispositivos conectados à rede permanecem conectados.
- **Enviar Dados Coletados:** Transmitir os dados coletados por uma Instrumentação Eletrônica para a Interface Instrumentação.
- **Programar Coleta de Dados:** Configurar os parâmetros de coleta de dados de uma Instrumentação Eletrônica.
- **Requisitar Histórico de Coleta:** Requisitar à Instrumentação Eletrônica a transmissão do histórico de dados coletados.
- **Requisitar Coleta de Dados:** Requisitar à Instrumentação Eletrônica a realização e transmissão dos resultados de uma coleta de dados (Medida "Run-Time").

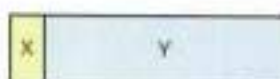
5.6.3.1.1 Especificação das mensagens

O conjunto de mensagens do protocolo está especificado na Tabela 15, onde o formato padrão das mensagens é apresentado pela Figura 49;

55H	XXH	XXXXX...	FFH
Delimitador Início	Código Mensagem	Mensagem (pode não existir)	Delimitador Fim

Figura 49 – Formato da mensagem do protocolo NetBee.

- **Delimitador Início (Obrigatório):** Um byte (8 bits) que indica o início de uma nova mensagem.
- **Código Mensagem (Obrigatório):** Um byte que identifica o tipo de mensagem sendo transmitida, sendo que o primeiro bit ("X" na Figura 50) identifica o tipo do dispositivo que originou a mensagem: mestre ou escravo.



X = 0 → Mestre
X = 1 → Escravo

Figura 50 – Formato do Campo Código da Mensagem.

- **Mensagem (Opcional):** Dados adicionais da a mensagem
- **Delimitador Fim (Obrigatório):** Um byte que identifica o final de uma mensagem.

Tabela 15 - conjunto de mensagens do protocolo netBee.

<i>Origem: Interface Instrumentação</i>					
Mensagem	Código	Mensagem			
<i>Orã</i>	00H	Endereço Lógico Origem (32 bits)			
<i>Confirmar Inclusão</i>	01H	Endereço Lógico Destino (32 bits)		Data e Hora (64 bits)	
<i>Verifica Conexão</i>	02H				
<i>ACK interface</i>	03H				
<i>Agenda Coleta</i>	04H	Data e Hora (64bits)	Intervalo de coleta (32 bits)	Intervalo de relatório (32 bits)	
<i>Requisita Histórico</i>	05H				
<i>Requisita Coleta</i>	06H	Código do equipamento (8 bits)			

<i>Origem: Instrumentação Eletrônica</i>					
Mensagem	Código	Mensagem			
<i>Estou aqui</i>	80H	Endereço Físico origem (64bits)	Quantidade Sensores (8bits)	Sensor1 (128bits)	Sensor n (128bits)
<i>ACK Instrumentação</i>	81H	Status (8bits)			
<i>Dados Coleta</i>	82H	Quantidade Dados (16bits)		Dados1(136 bits)	Dados n (a36 bits)

A seguir (Figura 51) é apresentado um diagrama contendo um exemplo de comunicação com as mensagens do protocolo NetBee, entre o módulo Interface Instrumentação e uma Instrumentação Eletrônica. O exemplo apresentada desde o instante de instalação da nova Instrumentação Eletrônica, o envio do histórico de dados, até a configuração dos parâmetros de coleta.

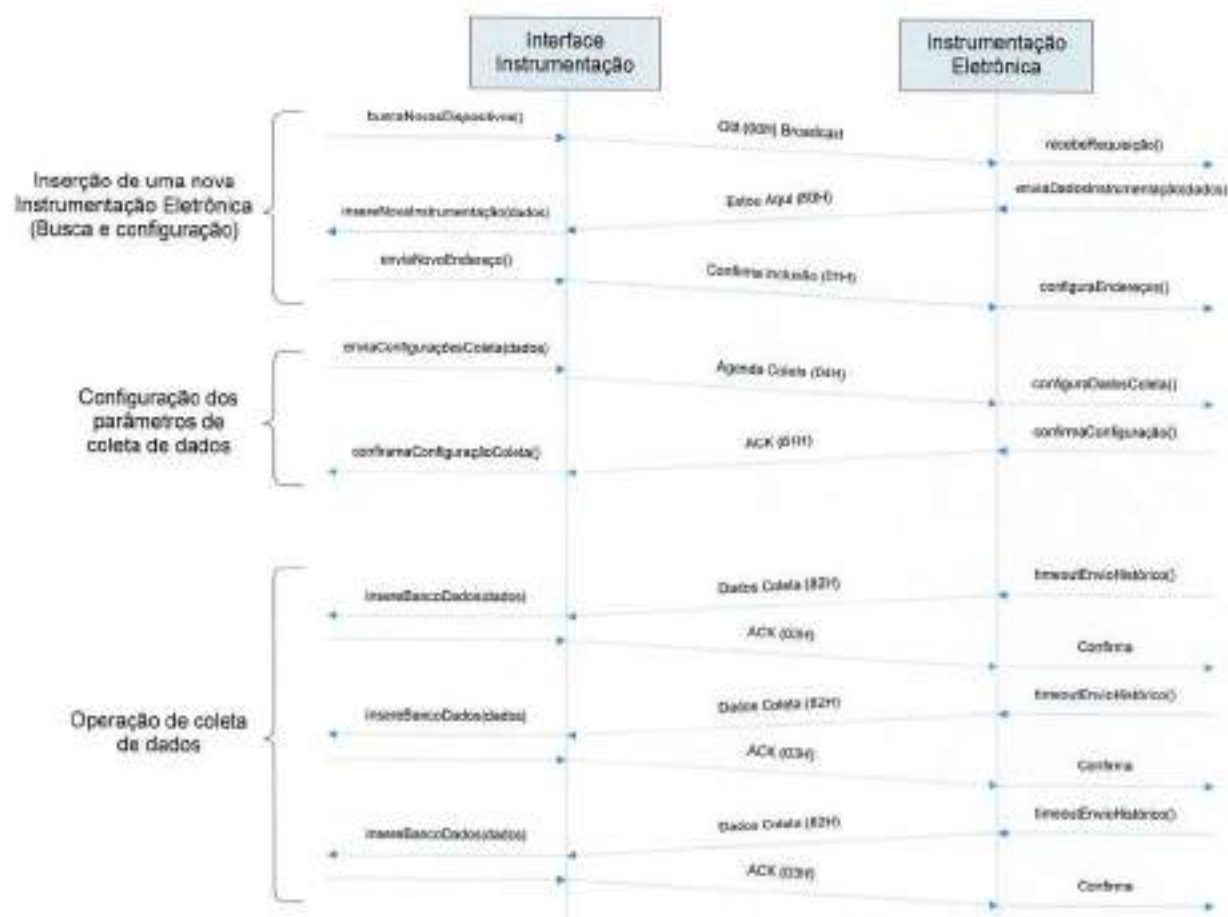


Figura 51 - Exemplo de troca de mensagens sob o protocolo NetBee.

5.6.4 Implementação do Módulo T07

O software de Interface Instrumentação (**WbInterface**) realiza as operações de manipulação com o banco de dados e provê acesso para a configuração dos *Usuários Locais*. Para implementar o protocolo NetBee nas redes de comunicação sem fio e celular, foram implementados dois softwares: o **WbInterWireless** para a rede LonWorks (módulo T08) e o **WbInterCelular** para a rede GSM/GPRS (módulo T09). A arquitetura de software do módulo é esquematizada na Figura 52.

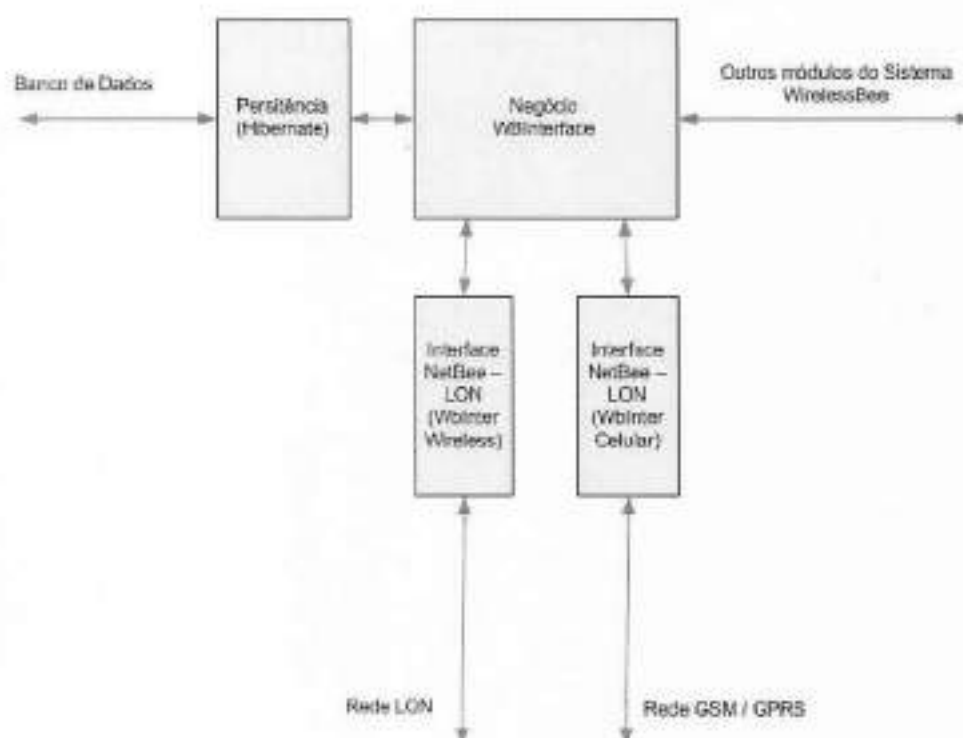


Figura 52 – Arquitetura de software do módulo Interface Instrumentação.

5.6.5 Resultados do Módulo T07

Como resultado do módulo T07, obtivemos a arquitetura da Figura 53:



Figura 53 - Arquitetura de Hardware do Módulo T07.

- Servidor WEB e de Aplicações – hospeda os softwares do módulo Interface instrumentação: **WbInterface**, **WbInterWireless** e **WbInterCelular**, que operam o protocolo NetBee utilizando as redes de comunicação de forma transparente.
- Dados – Acesso das classes de persistência do módulo T06 pelo **WbInterface**.

5.7 Módulo T08 – Rede Sem Fio

O módulo T08 – Rede Sem Fio, é uma rede sem fio que provê um canal de comunicação entre a rede de *Instrumentações Eletrônicas (T10)* e os outros módulos do Sistema, através da *Interface Instrumentação (T07)*. Ela é uma rede privada local onde a sua operação será dependente da tecnologia utilizada e o seu uso será controlado pela Interface de Instrumentação.



Figura 54 - Posição do Módulo T08 – Rede Sem fio na arquitetura do Sistema.

5.7.1 Gerência de Projeto do Módulo T08

5.7.1.1 Equipe

Rafael GEVAERD – Infra-Estrutura, Especificação, Análise e Implementação do módulo.
Eduardo LOPES – Integração com os módulo T07 e T10.

5.7.1.2 Cronograma

O módulo foi todo projetado na segunda fase. A Figura abaixo apresenta o cronograma do módulo T08 extraído do planejamento do Projeto.

ID	Res	Av	Qtd	Ver	Nome	Inicio	Fim
83	16 hrs	Av	75%	2.0	T08 Rede Sem Fio	Tue 18/06	Sat 20/06
84	16 hrs	Av	100%	2.0.1	Implementar Dispositivos de Comunicação Central LON	Tue 18/06	Sat 19/06
85	16 hrs	Av	100%	2.0.1.0	Hardware "Dispositivo de Comunicação Central"	Tue 18/06	Sat 12/06
86	4 hrs	Av	100%	2.0.1.1	Revisar Documento de Especificação	Tue 18/06	Sat 20/06
87	2 hrs	Av	100%	2.0.1.2	Desenho esquema elétrico	Sun 05/06	Sat 12/06
88	4 hrs	Av	100%	2.0.1.3	Modelo Placa "Dispositivo de Comunicação Central"	Sun 05/06	Sat 12/06
89	20 hrs	Av	100%	2.0.1.0	Software "WbInterWireless"	Sat 19/06	Sat 19/06
90	4 hrs	Av	100%	2.0.1.2.1	Projetar protocolo RS-232	Sat 12/06	Sat 19/06
91	0 hrs	Av	100%	2.0.1.2.2	Projetar Interpretador do Protocolo utilizado "NetBee"	Sat 12/06	Sat 19/06
92	0 hrs	Av	100%	2.0.1.2.3	Projetar envio e recebimento de mensagens espúrias (LON)	Sat 12/06	Sat 19/06
93	26 hrs	Av	100%	2.0.2	Implementar Dispositivo de Comunicação Colmeia (LON) - Parte 1	Sat 19/06	Sat 03/07
94	16 hrs	Av	100%	2.0.2.1	Hardware "Dispositivo de Comunicação Colmeia"	Sat 19/06	Sat 2/07
95	4 hrs	Av	100%	2.0.2.1.1	Revisar Documento de Especificação	Sat 19/06	Tue 23/06
96	2 hrs	Av	100%	2.0.2.1.2	Desenho esquema elétrico	Tue 23/06	Sat 20/06
97	4 hrs	Av	100%	2.0.2.1.3	Modelo Placa "Dispositivo de Comunicação Colmeia"	Tue 23/06	Sat 20/06
98	16 hrs	Av	100%	2.0.2.2	Software "WbInstrWireless"	Sat 2/07	Sat 2/07
99	0 hrs	Av	100%	2.0.2.2.1	Projetar envio e recebimento de mensagens espúrias (LON)	Sat 20/06	Sat 06/07
100	0 hrs	Av	100%	2.0.2.2.2	Projetar simulação via recriação de Instrumentação Eletrônica	Sat 20/06	Sat 06/07
101	0 hrs	Av	0%	2.0.2.3	Teste Integrado	Sun 03/07	Sat 16/07
102	4 hrs	Av	0%	2.0.3	Implementar Dispositivos de Comunicação Colmeia (LON) - Parte 2	Sat 19/06	Sat 18/06
103	4 hrs	Av	0%	2.0.3.1	Software "WbInstrWireless"	Sat 19/06	Sat 18/06
104	0 hrs	Av	0%	2.0.3.1.1	Projetar protocolo SR	Sat 19/06	Sat 30/06
105	0 hrs	Av	0%	2.0.0	T08 Rede Sem Fio	Rev 17/06	Rev 17/06

Figura 55 – Cronograma do módulo T08.

5.7.1.3 Requisitos

O principal requisito de projeto é troca de pacotes de dados do protocolo NetBee, de forma transparente aos módulos T07 Interface Instrumentação e T10 Instrumentação Eletrônica;

5.7.1.4 Produtos

Tabela 16 - Produtos do Módulo T08 – Rede Sem fio.

ID	Nome	Tipo	Versão	Pasta
Rede LONWorks Sem Fio				
	WbInterWireless (nc)	Código	2.0	T08 Rede Sem Fio
	WbInstrWireless (nc)	Código	1.0	T08 Rede Sem Fio

5.7.2 Especificação do Módulo T08

A especificação do módulo T08 consistiu no estudo das referências sobre a tecnologia LONWorks (ver pág 59).

5.7.3 Análise do Módulo T08

Após o estudo da tecnologia, buscamos no mercado os aparelhos baseados em tecnologia LONWORKS para compor a rede. A partir destes aparelhos montamos uma arquitetura da rede, apresentada na Figura 56.



Figura 56 - Arquitetura do módulo T08.

Na arquitetura, o módulo T07 Interface Instrumentação, instalado em um servidor localizado no Laboratório de Abelhas, controla um dos nós da rede LON (NodeBuilder), enquanto as colméias e suas respectivas Instrumentações Eletrônicas estão conectadas aos demais pontos da rede LON.

5.7.4 Implementação do Módulo T08

A implementação do módulo T08 foi feita em 2 etapas, que consistiam na implementação das interfaces de hardware e software da rede sem Fio com os módulos conectados a ela:

- T07 Interface Instrumentação X Rede Sem Fio
- T10 Instrumentação Eletrônica X Rede Sem fio

5.7.4.1 Interface Instrumentação X Rede Sem Fio

A interface física do módulo T07 Interface Instrumentação com a Rede sem Fio é feita com o aparelho NodeBuilder, utilizando o padrão serial de comunicação RS-232¹⁸ entre eles.

Para operar este aparelho, o módulo T07 utiliza o software **WBInterWireless** específico para comunicação com a rede LONWorks. O **WBInterWireless** foi implantado no software **WbInterface** (wbinterfacewireless.java) e no processador do NodeBuilder (wbinterwireless.nc). Para que o NodeBuilder pudesse operar o padrão RS-232, implementamos o seu protocolo no **WBInterWireless** (wbinterwireless.nc). A arquitetura de software desta interface é apresentada na Figura 57.

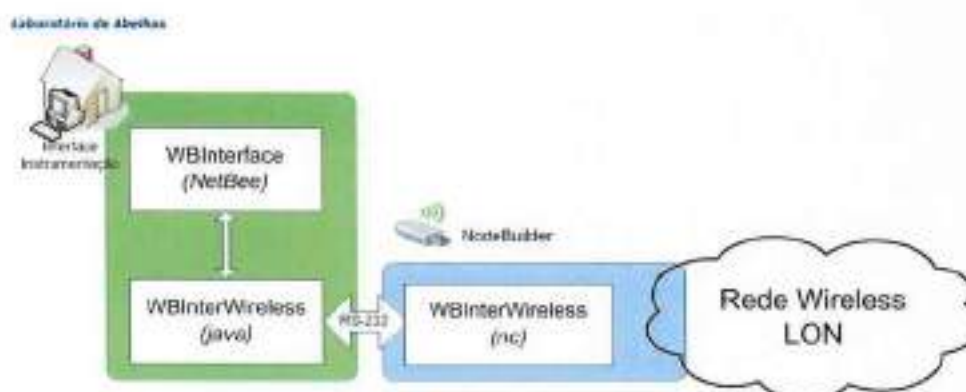


Figura 57 – Arquitetura de software da interface "Interface Instrumentação X Rede Sem Fio".

5.7.4.1.1 Projeto de Software - WBInterWireless.nc:

Foi implementado um software em NeuronC, chamado WBInterWireless.nc, instalado no NeuronChip do NodeBuilder, cujas responsabilidades são:

- Implementar o protocolo serial RS-232 via software;
- Receber os dados vindos da Interface Instrumentação, empacotá-los no formato de mensagens explícitas e enviá-los à rede utilizando os protocolos da LONWorks;
- Receber as mensagens da rede e repassá-las ao módulo Interface Instrumentação.

¹⁸ No protocolo de comunicação RS-232, caracteres são enviados um a um como um conjunto de bits.

5.7.4.1.2 Projeto de Hardware - PlacaSerial:

O protocolo RS-232 opera níveis diferentes dos do computador e do NodeBuilder, portanto, para interligação do NodeBuilder ao computador que carrega o módulo T07 via RS-232, foi implementada uma placa para conversão dos sinais. A Figura 58 mostra o esquema elétrico da *PlacaSerial* e sua conexão com o NodeBuilder:

Esquema Elétrico NodeBuilder + MAX232

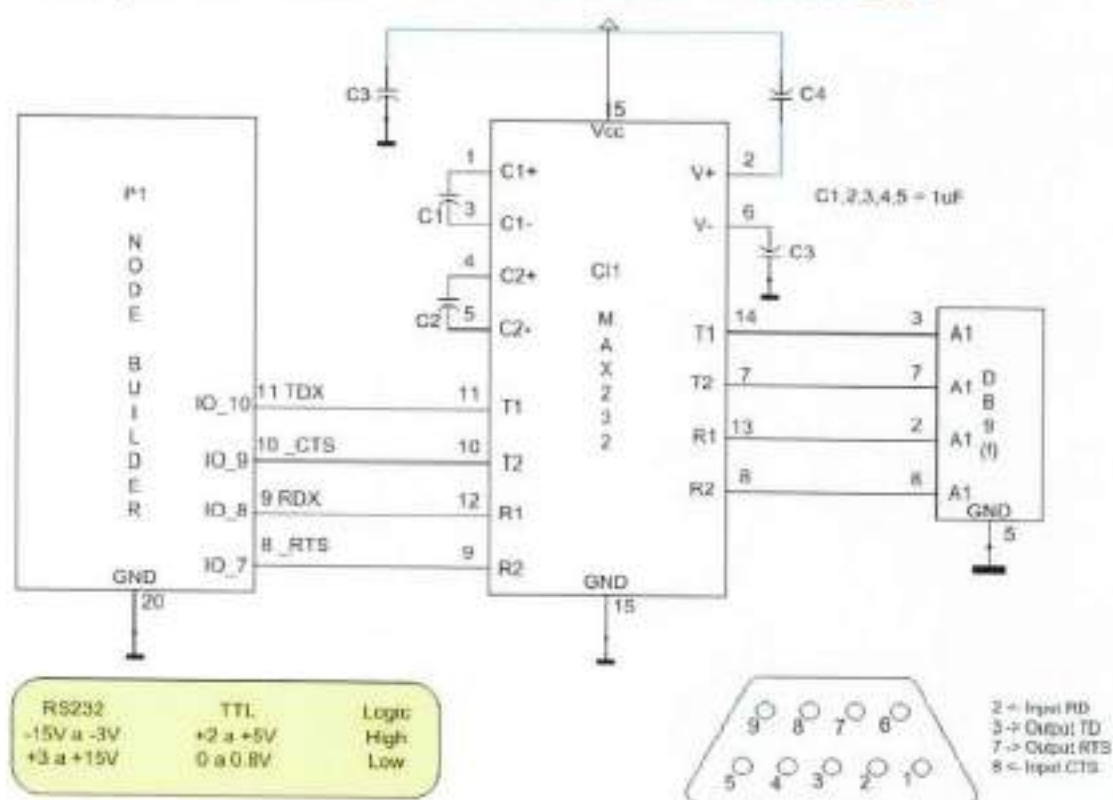


Figura 58 - Circuito Elétrico de comunicação Serial do módulo T08.

5.7.4.2 Instrumentação Eletrônica X Rede Sem Fio

O módulo T08 faz interface física com o módulo T10 - Instrumentação Eletrônica usando uma interface SPI entre o NodeBuilder e o microcontrolador, conforme o esquema mostrado no Figura 59:

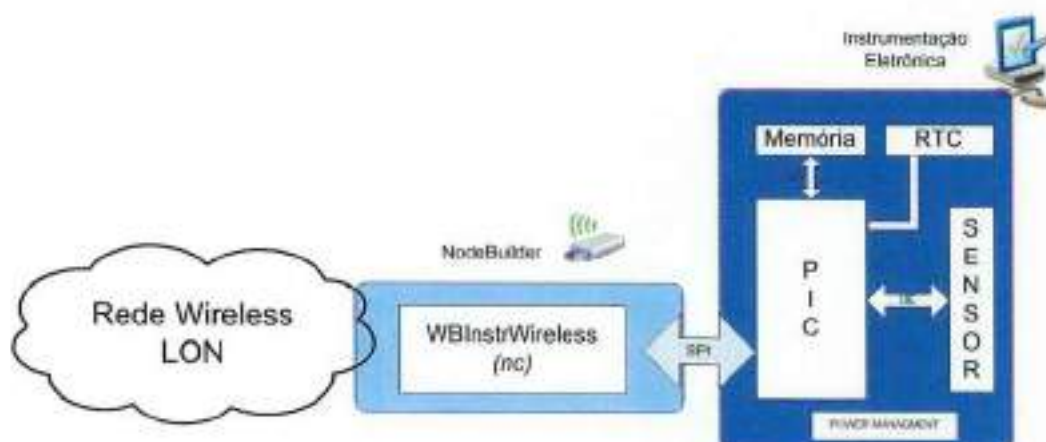


Figura 59 - conexão entre os módulos T08 e T10.

Esta interface é controlada pelo software **WBInstrWireless** instalado no Nodebuilder conectado a instrumentação, cuja função é idêntica ao do software **WBInterWireless**, prover uso transparente da rede. Ele se comunica com o software do PIC (**WbSensor**) utilizando o protocolo SPI.

5.7.4.2.1 Projeto de Software - *WBInstrWireless.nc*

Software instalado nos Nós LON conectados às Instrumentações Eletrônicas, responsável por:

- Receber os dados da Instrumentação Eletrônica, empacotá-los no formato de mensagens explícitas, e enviá-los a rede;
- Receber as mensagens da rede e repassá-las à Instrumentação Eletrônica.

5.7.4.2.2 Projeto de Hardware - *PlacaColméia*:

Esta placa foi desenvolvida principalmente como ferramenta de desenvolvimento para o Nó LON. Ela é um conjunto de Botões e LEDs que auxiliam na utilização e desenvolvimento de aplicações utilizando o Nó LON. A Figura 60 mostra o esquema elétrico da *PlacaColméia*, sem sua conexão com o módulo T10 – Instrumentação Eletrônica.

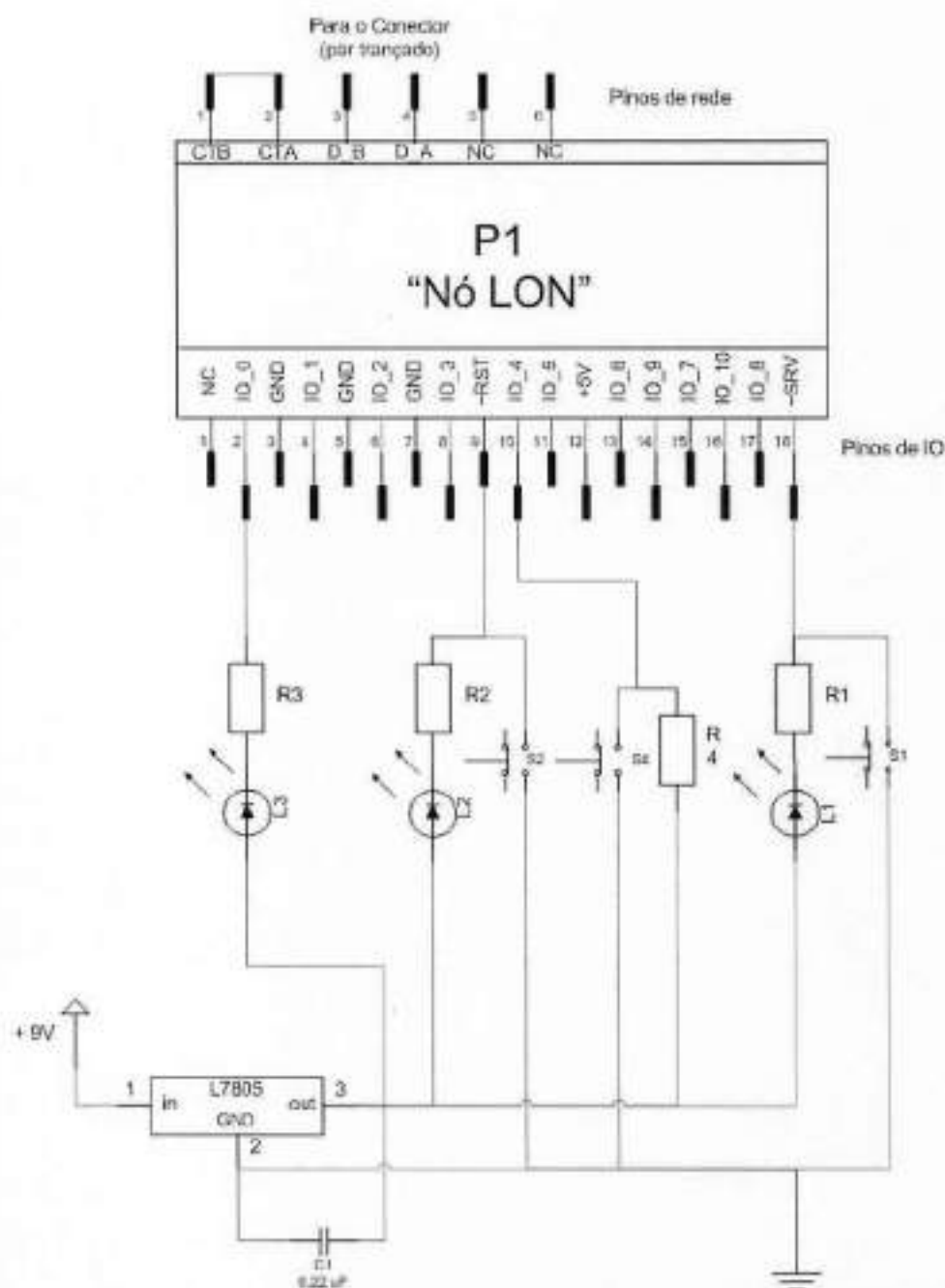


Figura 60 - Circuito Elétrico do hardware de comunicação entre os módulos T08 e T10.

5.7.5 Resultados do Módulo T08

O módulo T08 – Rede Wireless torna transparente a comunicação entre os módulos T07 e T10, pois o módulo T07 – Interface Instrumentação comunica-se diretamente, através do protocolo NetBee, com o módulo T10 – Interface Instrumentação, ignorando as camadas inferiores (Figura 61):



Figura 61 – Resultado da Rede de Comunicação sem Fio – módulo T08.

5.7.5.1 Soluções utilizadas

A seguir são apresentados os equipamentos utilizados pelo grupo na implementação do módulo T08.

5.7.5.1.1 NodeBuilder

O NodeBuilder, ou também chamado de LTM-10A é um plataforma de desenvolvimento que implementa um dispositivo LONWORKS completo. Ele incorpora uma placa-mãe onde está instalado o Neuron Chip, um módulo de controle de memória flash, o conjunto de gerenciamento de alimentação e o transceiver SMX, para par-trançado. Uma foto do equipamento é mostrada na Figura 62.



Figura 62 - NodeBuilder da Echelon.

A plataforma completa exclui também o software de desenvolvimento, que contém um ambiente completo para o desenvolvimento de aplicações, como compilador do NeuronC e as ferramentas para gravação dos códigos na memória flash do NodeBuilder. O NodeBuilder possui em sua parte frontal um conector de 20 pinos, onde estão seus 10 pinos de IO, Service, Reset e de alimentação. Possui também um conjunto de botões e LEDs em sua parte frontal, destinados aos sinais de -SERVICE, -RESET, e mais um botão e LED para utilização do usuário. Na parte traseira estão as conexões para a fonte de energia e rede (par-trançado).

Como dito anteriormente, o NeuronChip implementa as 6 primeiras camadas do modelo ISO/OSI, e ainda permite ao usuário a possibilidade de implementação da 7ª camada (Aplicação). Contudo, nossa camada de aplicação não foi implementada dentro do NeuronChip, pois desde o início do projeto, procuramos garantir independência da tecnologia de transmissão de dados utilizada, portanto apenas implementamos no NeuronChip as rotinas necessárias para conexão com o módulo T07 – Interface Instrumentação, realizado através do padrão RS-232.

5.7.5.1.2 Nó LON

O Nó LON que utilizamos, comercialmente conhecido como TP/XF-78 Flash Control Module, é um módulo LON com transceiver de par-trançado e memória flash, utilizado no processo de desenvolvimento de aplicações. A Figura 63 mostra o esquemático do módulo, enfatizando o transceiver:

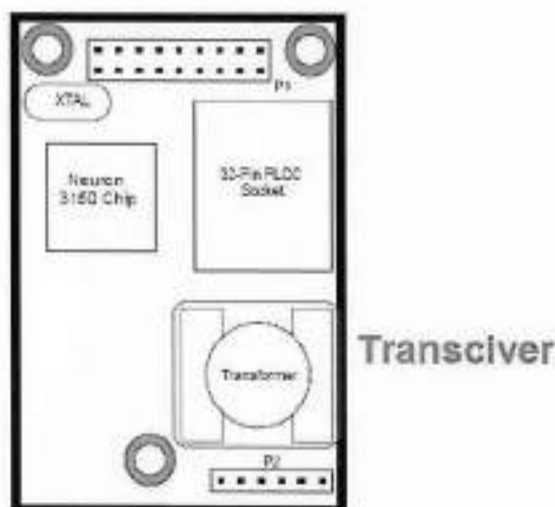


Figura 63 - Esquema do Transceiver do Nó LON.

5.8 Módulo T09 – Rede Celular

O módulo T09 – Rede Celular, é uma rede celular que provê um canal de comunicação entre a rede de *Instrumentações Eletrônicas (T10)* e os outros módulos do Sistema, através da *Interface Instrumentação (T07)*. Ela é uma rede privada onde a sua operação será dependente da tecnologia utilizada e o seu uso será controlado pela Interface de Instrumentação.

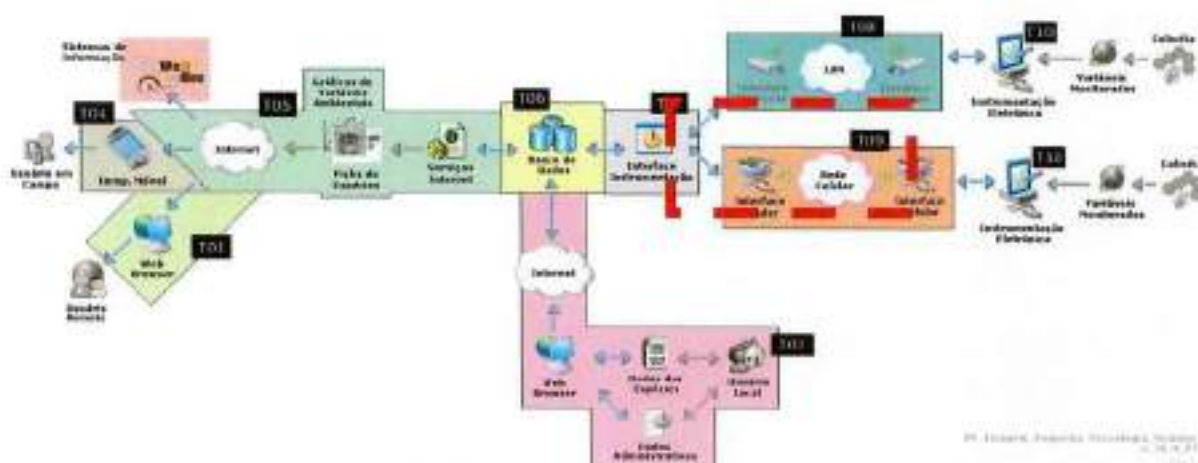


Figura 64 - Posição do Módulo T09 – Rede Celular na arquitetura do Sistema.

5.8.1 Gerência de Projeto do Módulo T09

5.8.1.1 Equipe

Rafael GEVAERD – Infra-Estrutura, Especificação, Análise e implementação do módulo.
Eduardo LOPES – Integração com os módulo T07 e T10.

5.8.1.2 Cronograma

O módulo foi todo projetado na segunda fase. A Figura 65 apresenta o cronograma do módulo T09 extraído do planejamento do Projeto.

ID	Descrição	Estado	Progresso	Nome	Start	End
106	26 hrs	Re	0% 2.5	T09 Rede Celular	Sat 11/04/06	Sat 4/11/06
107	24 hrs	Re	0% 2.5.1	Implementar Regime de Comunicação Celular (Celular) - Parte	Sat 11/04/06	Sat 21/04/06
108	15 hrs	Re	0% 2.5.1.1	Hardware	Sat 11/04/06	Sat 14/04/06
109	8 hrs	Re	0% 2.5.1.2	Software	Sat 14/04/06	Sat 21/04/06
110	0 hrs	Re	0% 2.5.1.2.1	Integrar o Software de Controle	Sat 14/04/06	Sat 29/04/06
111	2 hrs	Re	0% 2.6.2	Teste Integrado	Sat 29/04/06	Sat 01/05
112	3 hrs	At	0% 2.9.0	2.9 Rede Celular	Mar 13/06	Mar 13/06

Figura 65 - Cronograma do Módulo T09.

5.8.1.3 Requisitos

O principal requisito de projeto é troca de pacotes de dados do protocolo NetBee, de forma transparente aos módulo T07 Interface Instrumentação e T10 Instrumentação Eletrônica;

5.8.1.4 Produtos

Tabela 17 - Produtos do Módulo T08 – Rede Sem fio.

ID	Nome	Tipo	Versão	Pasta
	Rede GPRS			
	WbInterWireless (nc)	Código	2.0	T08 Rede Sem Fio

5.8.2 Especificação do Módulo T09

A especificação do módulo T09 consistiu no estudo das referências sobre a tecnologia GPRS (56).

5.8.3 Análise do Módulo T09

Levantados os requisitos do módulo, buscamos no mercado uma tecnologia de rede de dados que suprisse as necessidades do módulo T09 – Rede Celular, e ao mesmo tempo estivesse disponível para utilização. A solução encontrada foi um sistema baseado em tecnologia GSM/GPRS da AdTS Soluções em Engenharia e Automação. A arquitetura levantada é apresentada na Figura 66.

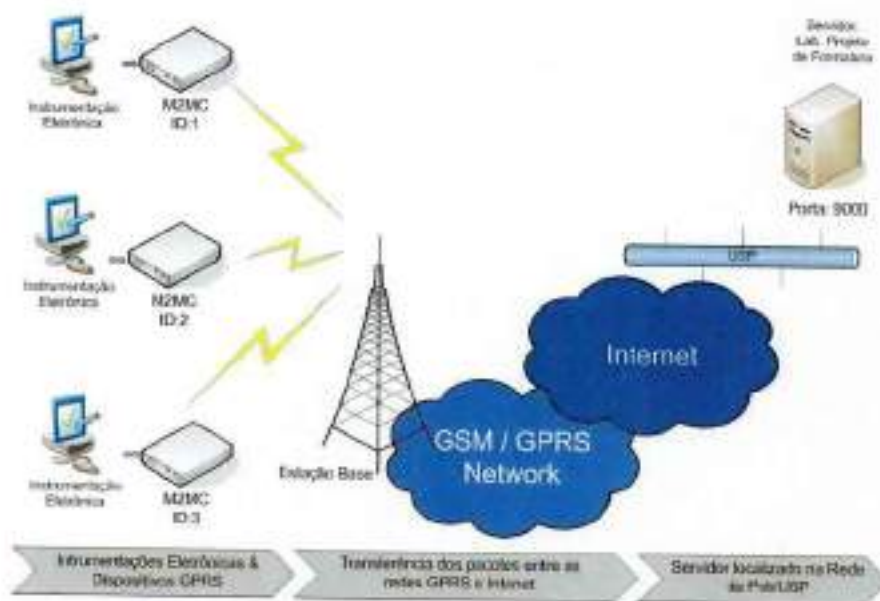


Figura 66 - Arquitetura do módulo T09 – Rede Celular.

5.8.4 Implementação do Módulo T09

A implementação do módulo T08 foi feita em 2 etapas, que consistiam na implementação das interfaces de hardware e software da rede Celular com os módulos conectados a ela:

- T07 Interface Instrumentação X Rede Celular
- T10 Instrumentação Eletrônica X Rede Celular

5.8.4.1.1 Interface Instrumentação X Rede Celular

O módulo T09 – Rede Celular faz interface do módulo T07 – Interface Instrumentação com a rede celular. O controle desta interface é feita pelo software **WBInterCelular**, que opera o software de roteamento SCC (Servidor de Comunicação Celular) da ADTS.

O software SCC disponibiliza uma porta TCP para cada um dos dispositivos remotos conectados as colméias racionais. Nesta arquitetura, o dispositivo "1" corresponde à porta TCP 9001, o dispositivo "2" corresponde à porta TCP 9002 e assim por diante.

A conexão entre o **WBInterCelular** e o SCC é feita utilizando um Socket implementado em Java. A Figura 67 a seguir mostra como é a conexão entre os módulos.

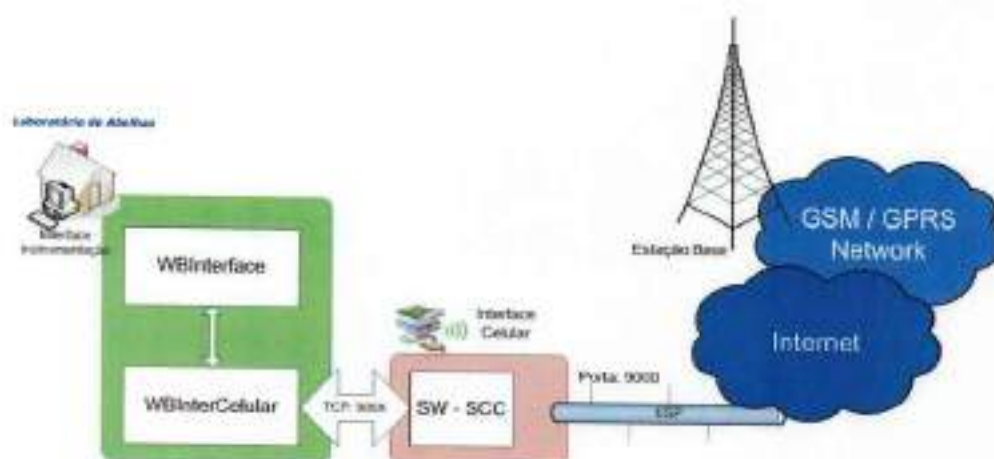


Figura 67 – Arquitetura da conexão entre os módulos T07 e T09.

5.8.4.1.2 Instrumentação Eletrônica X Rede Celular

O módulo T09 – Rede Celular faz interface com o módulo T10 - Instrumentação Eletrônica, que é baseado em microcontroladores, e tem como principais funções o controle da coleta de dados por meio de sensores e outros instrumentos, a manutenção de uma base histórica dos dados coletados, e atualização periódica do módulo central com os dados de sua base histórica. A interface entre os dois equipamentos é feita com o protocolo RS232, conforme mostrado no diagrama abaixo:

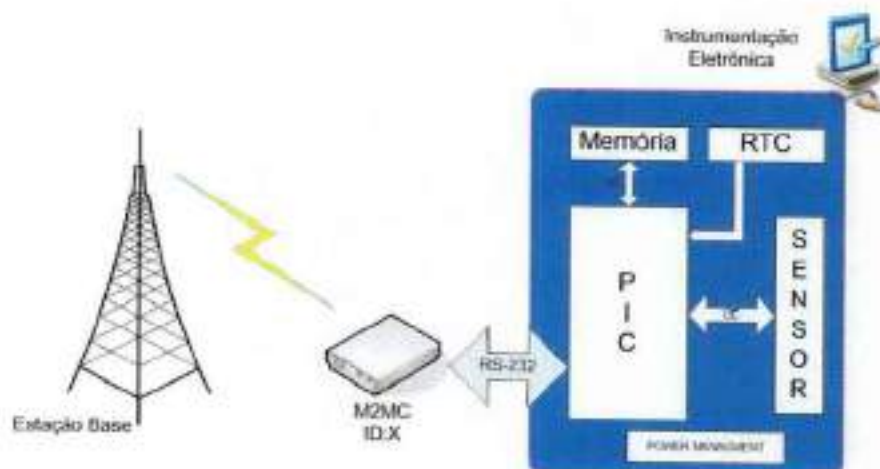


Figura 68 – Arquitetura da conexão entre os módulos T09 e T10.

5.8.5 Resultados do Módulo T09

O módulo T09 – Celular torna transparente a comunicação entre os módulos T07 e T10, pois o módulo T07 – Interface Instrumentação comunica-se diretamente, através do protocolo NetBee, com o módulo T10 – Interface Instrumentação, ignorando as camadas inferiores (Figura 69):



Figura 69 – Resultado da Rede de comunicação Celular - Módulo T09.

Na arquitetura, o módulo Interface Instrumentação se comunica através do software **WBInterface** e o pacote de software **WBInterCelular** para o operar o software de gerenciamento SCC. O pacote **WBInterCelular** é um Socket desenvolvido em Java, que endereça as Instrumentações Eletrônicas (e seus respectivos M2MCs), fazendo o papel da camada de Aplicação do modelo ISO/OSI.

Quando a Instrumentação Eletrônica se comunica com a Interface Instrumentação enviando seus dados para o M2MC, ela se encarrega de enviá-los para a rede. Portanto, a utilização da tecnologia GSM / GPRS em conjunto com o sistema da AdTS Soluções em Engenharia e Automação suporta os requisitos de sistema levantados na fase de análise, devido á transparência na transmissão de dados.

5.8.5.1 Solução Utilizada

5.8.5.1.1 Módulo da AdTS Soluções em Engenharia e Automação

Para o desenvolvimento deste módulo do sistema WirelessBee, foi utilizado um sistema da empresa AdTS Soluções em Engenharia e Automação, apresentado a seguir.

5.8.5.1.1.1 Descrição do sistema

O sistema M2MS é um sistema de comunicação máquina a máquina via Internet Celular, desenvolvido pela AdTS Soluções em Engenharia e Automação, uma empresa brasileira de inovações tecnológicas. Este sistema de comunicação é composto pelo software de gerenciamento SCC (Servidor de Comunicação Celular) e pelo equipamento M2MC (Módulo de Comunicação Celular). Eles permitem a comunicação remota com quaisquer dispositivos munidos de comunicação serial assíncrona através de uma rede celular de dados GSM/GPRS. O sistema é esquematizado na Figura 70, e funciona da seguinte forma:

- As unidades M2MC possuem identificadores unívocos que as identificam individualmente;
- As Unidades M2MC são conectadas com o equipamento cliente e com um modem Celular GSM;
- Através do modem GSM as unidades M2MC conectam-se à rede celular de dados da operadora, enviando pacotes à internet;
- Através da internet as unidades M2MC conectam-se ao software de roteamento SCC;
- As aplicações cliente conectam-se ao software SCC através de portas TCP/IP, onde os dados dessas conexões são roteados para as unidades M2MC correspondentes, conforme seus indicadores (por

exemplo, a unidade de identificador "1" corresponde à porta TCP 9001, a unidade de identificador "2" corresponde à porta TCP 9002, e assim por diante);

- Os dados recebidos pelo módulo M2MC são repassados ao equipamento cliente, e os dados recebidos do equipamento cliente repassados ao SCC e, através deste, à aplicação cliente correspondente.
- Os módulos M2MC podem ser configurados através do software de configuração, que comunica com o dispositivo, através de um canal serial especial.

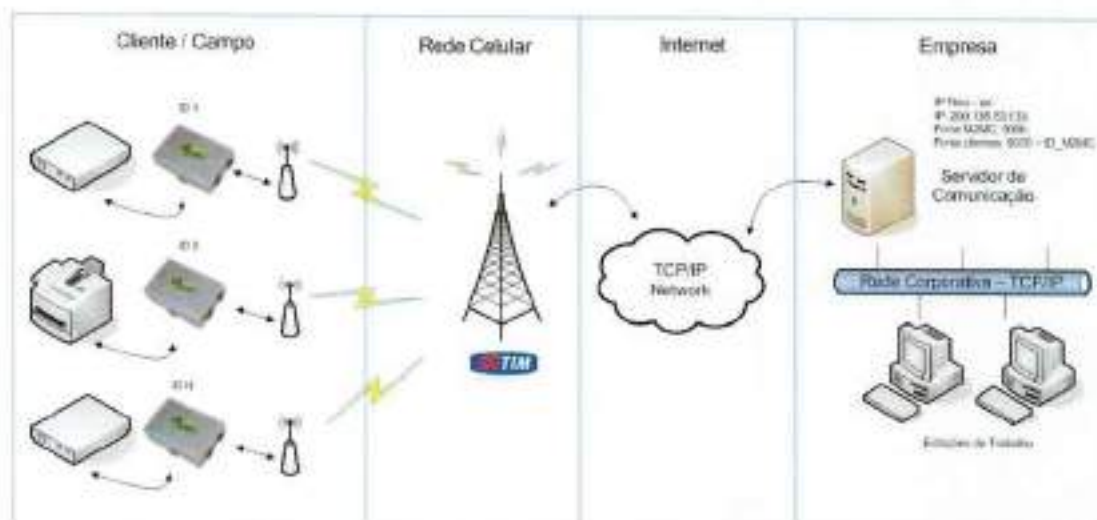


Figura 70 - Arquitetura do Sistema M2MS da ADTS.

5.8.5.1.1.2 Descrição dos Módulos

5.8.5.1.1.2.1 M2MC – Módulo de Comunicação Celular

O M2MC é um dos módulos de hardware do Sistema M2MS (Machine to Machine System), e tem por finalidade permitir a troca de dados entre as máquinas de forma transparente, resolvendo questões como: endereçamento IP e gerenciamento de conexões. Ele é um equipamento gerenciador de comunicação que permite estabelecer conexões TCP/IP com o software de gerenciamento SCC, através da rede de telefonia celular de dados GSM.

Sobre a conexão TCP/IP estabelecida podem trafegar dados entre um equipamento cliente qualquer, munido de interface serial (RS232C ou RS485), e seu respectivo software de aplicação cliente, independentemente do protocolo de comunicação utilizado. A aplicação cliente comunica-se com o equipamento cliente através do software de roteamento SCC, sendo que a cada equipamento existente vai corresponder uma porta TCP (por exemplo: o equipamento identificador "1" corresponde à porta TCP 9001; o equipamento identificador "2" corresponde à porta TCP 9002, e assim por diante).

Ele também é responsável pelo estabelecimento, manutenção e diagnóstico da conexão de dados, recuperando a conexão em caso de eventuais desconexões, com a finalidade de permanecer conectado de forma "on-line", enquanto houver disponibilidade do serviço celular.

Suas principais aplicações são: leitura remota de equipamentos de coleta de dados (telemetria), o envio de comandos ou informações a equipamentos a distância (telecomando), a substituição de linhas privadas (LPs) e, de um modo mais geral, a troca de dados entre equipamentos sem conexão por fio.

5.8.5.1.1.2.2 G18

O Modem g18, fabricado pela Motorola, é um equipamento para transmissão de voz e dados, através da tecnologia celular GSM/GPRS, desenvolvido para proporcionar facilidade de instalação e integração. Pode ser utilizado em aplicações diversas como telemetria, terminais POS, segurança, monitoração automotiva, etc. Usando a tecnologia GPRS, é capaz de realizar comunicação de dados em velocidades de até 56.7 Kbps, além de conexões de voz, CSD, SMS e todas as funções convencionais de um aparelho celular, como agenda telefônica, transferência de chamadas, etc. O modem celular GSM g18 é alimentado e controlado pelo módulo M2MC.

5.8.5.1.1.2.3 SCC – Servidor de Comunicação Celular

Componentes de software responsáveis pelo gerenciamento da rede de comunicação celular. É o software de interface entre a camada de aplicação e a internet. A figura abaixo mostra os link de comunicação com os dispositivos remotos, que se comunicam com o servidor através da porta TCP (Porta Destino).

5.9.1.2 Cronograma

O módulo foi todo projetado na segunda fase. A Figura 76, apresenta o cronograma do módulo T10 extraído do planejamento do Projeto.

113	3 Dias	Bo	40%	2.09	== T10 Instrumentação Eletrônica		Sat 4/11/06	Min 11/12/06
114	10 Dias	Bo	60%	2.09.1	== Implementar Dispositivo de Comunicação Celular (GPRS) - Parte 2		Sat 4/11/06	Min 11/12/06
115	10 Dias	Bo	100%	2.09.1.1	== Hardware "Dispositivo de Comunicação Celular"		Sat 4/11/06	Sat 18/11/06
116	4 Dias	No	100%	2.10.1.1.1	Revisar Documento de Especificação		Sa 4/11/06	Qui 01/12/06
117	2 Dias	No	100%	2.10.1.1.2	Revisar esquema eletrônico		Qui 01/12/06	Sa 10/12/06
118	4 Dias	No	100%	2.10.1.1.3	Montar Placa "Dispositivo de Comunicação Celular"		Qui 01/12/06	Sa 10/12/06
119	3 Dias	Bo	50%	2.10.1.2	== Software "Módulo de Comunicação"		Sat 18/11/06	Sat 2/12/06
120	3 Dias	No	0%	2.10.1.2.1	Projetar Protocolo GPRS		Sa 18/11/06	Sa 25/11/06
121	3 Dias	No	100%	2.10.1.2.2	Projetar Interpretador do Protocolo utilizado "NetDial"		Sa 25/11/06	Sa 2/12/06
122	3 Dias	No	0%	2.10.1.3	Teste Integrado		Sa 2/12/06	Min 11/12/06
123	10 Dias	Bo	10%	2.10.2	== Implementar Dispositivo de Comunicação Celular (GPRS) - Parte 3		Sa 2/12/06	Sa 2/12/06
124	10 Dias	Bo	100%	2.10.2.1	== Hardware "Dispositivo de Comunicação Celular"		Sa 2/12/06	Sa 11/11/06
125	2 Dias	No	100%	2.10.2.1.1	Revisar esquema eletrônico		Sa 4/11/06	Qui 01/12/06
126	4 Dias	No	100%	2.10.2.1.2	Montar Placa "Dispositivo de Comunicação Celular"		Qui 01/12/06	Sa 11/11/06
127	3 Dias	Bo	100%	2.10.2.2	== Software "Módulo de Comunicação"		Sa 25/11/06	Sa 25/11/06
128	3 Dias	No	100%	2.10.2.2.1	Protocolo de comunicação com o sensor		Sa 25/11/06	Sa 25/11/06
129	3 Dias	No	0%	2.10.2.3	Teste Integrado		Sa 25/11/06	Sa 25/11/06
130	10 Dias	Bo	0%	2.10.3	== Implementar Dispositivo de Comunicação Celular (GPRS) - Parte 2		Sa 2/12/06	Min 11/12/06
131	3 Dias	No	0%	2.10.3.1	Hardware		Sa 2/12/06	Min 11/12/06
132	3 Dias	No	0%	2.10.3.2	Software		Sa 2/12/06	Min 11/12/06
133	3 Dias	No	0%	2.10.3.3	T10 Instrumentação Eletrônica		Min 11/12/06	Min 11/12/06

Figura 73 - Cronograma do Módulo T09.

5.9.1.3 Requisitos

Conseguimos cumprir todos os requisitos do módulo T10 apresentados na Tabela 18 - Tabela de Requisitos do Módulo T10. Tabela 18.

Tabela 18 - Tabela de Requisitos do Módulo T10.

NC	ID	Item	Prioridade	Status
48	1	Coletar dados de um equipamento Externo	Alta	Fechado
48	2	Gerenciamento da memória Externa	Normal	Fechado
48	3	Programação da coleta de Dados	Alta	Fechado
48	4	Armazenamento dos dados Coletados na memória Externa	Normal	Fechado
48	5	Envio de Relatório	Alta	Fechado

5.9.1.4 Produtos

Tabela 19 - Produtos do Módulo T10 – Instrumentação Eletrônica.

ID	Nome	Tipo	Versão	Pasta
48	PF_Texto_T10_InstrumentacaoEletronica_Especificacao	Word	2.0	T10 Instrumentação Eletrônica

49	PF_Texto_T10_InstrumentacaoEletronica_CasosUso	Word	1.0	T10 Instrumentação Eletrônica
----	--	------	-----	-------------------------------------

5.9.2 Especificação do Módulo T10

As instrumentações eletrônicas são responsáveis por fazer o monitoramento das variáveis de temperatura e da umidade relativa do ar e enviar relatórios à T07 Interface Instrumentação. Suas principais funções são:

- Coleta de dados a partir de um sensor ou equipamento de medição – efetuar a medição de grandeza desejada
- Gerenciamento de memória externa para armazenamento temporário – implementar políticas de escrita e leitura da memória.
- Programação de Coleta de dados – agendar o início de uma coleta de dados periódica.
- Envio de relatórios de dados – enviar periodicamente o conteúdo armazenado temporariamente.

Durante o levantamento das funções do módulo também foram destacados os seguintes requisitos:

- O módulo deve ser capaz de medir temperatura e umidade.
- O módulo deve ter capacidade de comunicação digital.
- O módulo deve possuir autonomia para efetuar suas tarefas mesmo quando o módulo de monitoração não estiver disponível.
- O módulo deve possuir capacidade para processar e armazenar temporariamente os dados coletados na medição das grandezas físicas.
- O módulo deve implementar o protocolo de aplicação utilizado pela rede de instrumentação: O NetBee.

5.9.3 Análise do Módulo T10

O hardware do módulo T10 - Instrumentação Eletrônica pode ser dividido em cinco unidades:

- Sensor – dispositivo que efetivamente realiza a medição da grandeza a ser realizada.
- Memória – irá armazenar temporariamente os dados coletados até seu envio ao dispositivo de monitoração da rede.
- Temporizador ou Relógio – Utilizado para o agendamento de coletas.
- Unidade Lógica – responsável pelo processamento dos dados hospeda o software WBSensor.
- Alimentação – Alimentação para todos os componentes do circuito.



Figura 74 - Divisão funcional do módulo T10 Interface Instrumentação.

5.9.4 Implementação do Módulo T10

O **WBSensor** é o responsável por implementar os requisitos funcionais do módulo, a partir da análise dos requisitos do sistema montamos os fluxogramas modelos para implementação do software em linguagem C. O compilador utilizado para codificação do software foi o MC18 da Microchip, um compilador C para os microcontroladores PIC da família 18.

5.9.5 Resultados do Módulo T10

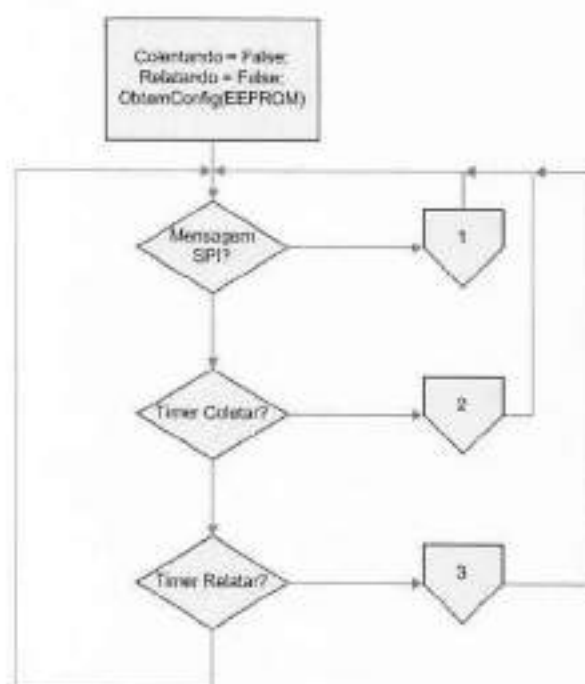


Figura 75 - Estrutura principal – WBSensor do módulo T10.



Figura 76 - Tratando mensagens NetBee – WBSensor do módulo T10.

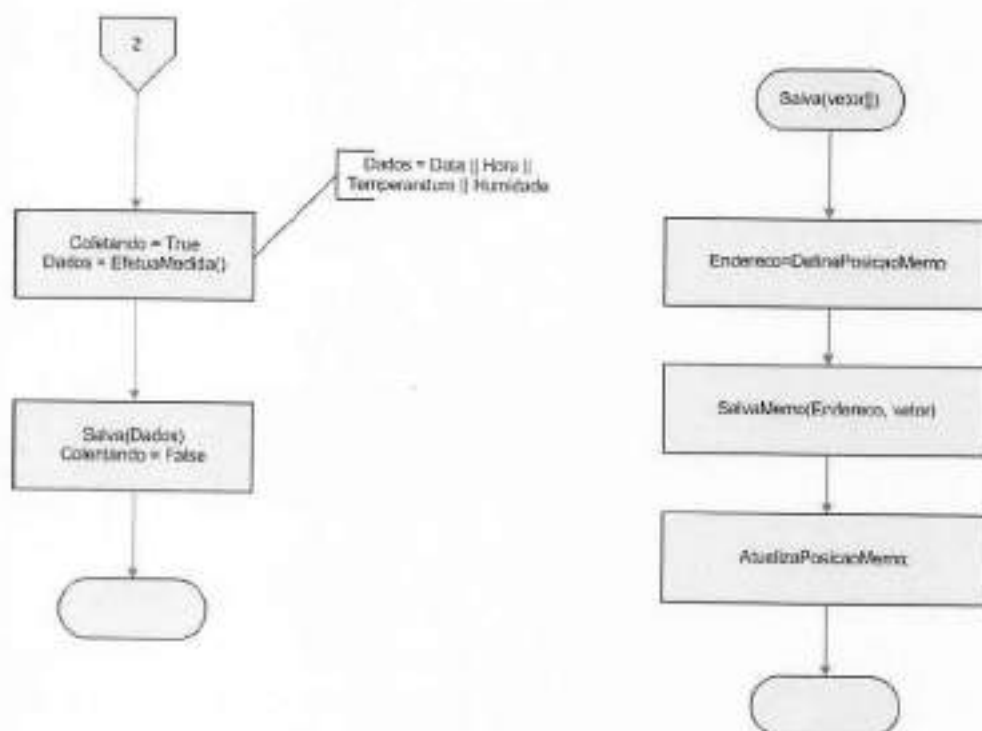


Figura 77 - Rotina de Coleta de Dados do módulo T10.



Figura 78 - Envio de dados ao módulo central do módulo T10.

Capítulo 6

6 Conclusão

Para auxiliar as atividades de pesquisa, ensino e comércio de abelhas, foi proposto um Sistema de Informação com o objetivo de automatizar a medição das variáveis abióticas das colméias racionais do BEELAB. O sistema publicará esses dados utilizando serviços web, para que possam ser usados nas pesquisas de comportamento e de condições climáticas para a atividade de vôo das abelhas, no gerenciamento dos processos de polinização dentro das atividades agrícolas e ambientais e no ensino de tais atividades.

O modelo proposto permite que se utilize o sistema para pelo menos quatro atividades principais:

- Monitoração das variáveis abióticas utilizando sistemas de instrumentação eletrônica.
- O armazenamento dos dados em uma base de dados centralizada.
- A publicação dos dados armazenados utilizando WebServices.
- Interfaces Web para computadores de mesa e computadores de mão.

Um protótipo foi construído para validação dos conceitos e soluções adotados. Para sua efetiva utilização o sistema precisa ser revisto e soluções comerciais devem ser adotadas para a instrumentação eletrônica, devido ao seu grau de complexidade. Este trabalho é o ponto de partida do Wireless Bee. A partir desse, pretende-se que outros trabalhos sejam alavancados dentro do LAA.

REFERÊNCIAS

- HILÁRIO, S. D. **Atividade de vôo e termorregulação de *Plebeia remota* (Holmberg, 1903) (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)**. 2005. 142 p. Dissertação (Doutorado) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.
- CARTOLANO, E. A. JR, SARAIVA, A. M. **WebBee – Uma rede de informações sobre biodiversidade brasileira em abelhas nativas**. 2003. Revista de Iniciação Científica, v.1, n.2, p. 201-207, 2004.
- AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE – USDA. Tucson. **BeePop Glossary**. Disponível em: <http://www.ars.usda.gov/> . Acesso em: 14 mar. 2005.
- CUNHA, Renato Sousa da. **WebBee: um sistema de informação de apoio aos estudos de Meliponíneos via Internet**. 2001. 88 p. (Mestrado) - ESCOLA POLITÉCNICA, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- FREITAS, B.M. **Beekeeping and cashew in north-eastern Brazil: the balance of honey and nut production**. 1994. *Bee World* 75(4): 168-177. 1994.
- WILLIAMS, I.H.; CORBET, S.A.; OSBORNE, J.L. **Beekeeping, wild bees and pollination in the European Community**. 1991. *Bee World* 72(4): 170-180. 1991.
- CORBET, S.A; WILLIAMS, I.H.; OSBORNE, J.L. **Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European Community**. 1991. *Bee World* 72(2): 47-59. 1991
- FREITAS, B.M. **Foraging behaviour of honeybees (*Apis mellifera* L.) on apples (*Pyrus malus* L.)**. 1992. University of Wales, Cardiff - Reino Unido. 72 pp. (Dissertação de Especialização - Diploma in Apiculture). 1992

FREITAS, B.M. **The pollination efficiency of foraging bees on apple (*Malus domestica* Borkh) and cashew (*Anacardium occidentale* L.).** 1995 University of Wales, Cardiff - Reino Unido. 197 pp. (Tese de PhD). 1995.

FREITAS, B.M. **Uso de programas racionais de polinização em áreas agrícolas.** BichoOnline. Disponível em: <http://www.bichoonline.com.br>. Acesso em 17 Nov. 2006.

IMPERATRIZ-FONSECA, VL; CONTRERA FAL & KLEINERT AMP. 2004. **A meliponicultura e a Iniciativa Brasileira dos Polinizadores.** XV Cong. Bras. Apic. / I Cong. Bras. Meliponicultura. 2004

RODRIGUES RC & SARAIVA AM. **Um Sistema de Monitoração Aplicado ao Estudo de Termorregulação em Meliponíneos.** 2005

SEBRAE. **Atividade gera renda extra aos apicultores.** 2006. Revista Sebrae Agronegócios, Brasília, n.3, p.54-55, maio 2006.

Kremen, C. **Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology?** Ecology Letters (2005) 8: 468-479.

Malagodi-Braga, K.S., Kleinert, A.M.P. & Imperatriz-Fonseca, V.L. 2004. **Abelhas sem ferrão e polinização.** Revista de Tecnologia e Ambiente, Criciúma, v.10, n.2, p.59-70. 2004.

Um Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK) Terceira Edição. Project management Institute, Four Campus Boulevard, Newnton Square, 2004