

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA SUPERVISÃO
DE SENSORES E DISPOSITIVOS MICROPROCESSADOS
APLICADO EM AMBIENTES PROTEGIDOS PARA
PRODUÇÃO ANIMAL**

FRANCISCO MANOEL FILHO

CAMPINAS
OUTUBRO DE 2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA SUPERVISÃO
DE SENSORES E DISPOSITIVOS MICROPROCESSADOS
APLICADO EM AMBIENTES PROTEGIDOS PARA
PRODUÇÃO ANIMAL**

*Dissertação de mestrado submetida à banca
examinadora para obtenção do título de mestre em
Engenharia Agrícola na área de concentração em
Máquinas Agrícolas.*

FRANCISCO MANOEL FILHO

Orientador: Professor Dr. Nelson Luís Cappelli

Co-Orientador: Pesquisador Dr. Claudio Kiyoshi Umezu

CAMPINAS
OUTUBRO DE 2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE -
UNICAMP

M317d Manoel Filho, Francisco
Desenvolvimento de um sistema para supervisão de
sensores e dispositivos microprocessados aplicado em
ambientes protegidos para produção animal / Francisco
Manoel, Filho. --Campinas, SP: [s.n.], 2007.

Orientadores: Nelson Luis Cappelli, Cláudio Kiyoshi
Umezu

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Inovações agrícolas. 2. Máquinas agrícolas. 3.
Sistema de controle digital. 4. Redes de computação. 5.
Sistemas de comunicação sem fio. 6. Ethernet (sistema
de rede local e computação). 7. Automação industrial -
Protocolo. I. Cappelli, Nelson Luis. II. Umezu, Claudio
Kiyoshi. III. Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia Agrícola. IV. Título.

Título em Inglês: Development of a supervisory system of sensors and
microprocessed devices applied in protected environments
of animal's production

Palavras-chave em Inglês: Agricultural automation, Supervision and control,
Remote monitoring, Communication networks,
Computer networks, SCADA, Supervisory, Wireless
networks

Área de concentração: Máquinas Agrícolas

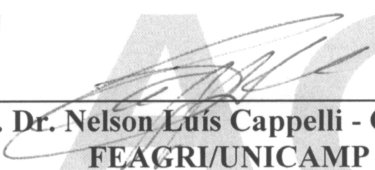
Titulação: Mestre em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Flávio Vasconcelos da Silva e Daniella Jorge de Moura

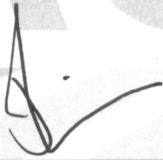
Data da defesa: 10/12/2007

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Agrícola

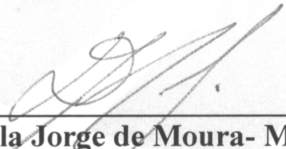
Este exemplar corresponde à redação final da **Dissertação de Mestrado** defendida por **Francisco Manoel Filho**, aprovada pela Comissão Julgadora em 10 de dezembro de 2007, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.



Prof. Dr. Nelson Luís Cappelli - Orientador
FEAGRI/UNICAMP



Prof. Dr. Flávio Vasconcelos da Silva - Membro Titular
FEQ/UNICAMP



Profª. Drª. Daniella Jorge de Moura - Membro Titular
FEAGRI/UNICAMP

Faculdade de
Engenharia Agrícola
Unicamp

*“Não é dos fortes a vitória,
nem dos que correm melhor,
mas dos fiéis e sinceros
que seguem junto ao Senhor!”*
(F.J Crosby, S.L. Ginsburg)

*Aos meus pais, meus heróis,
À minha esposa amada, Eliana,
À minha filha Olívia, que nasce junto com essa conquista,
dedico este trabalho.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, e em especial:

- *À Faculdade de Engenharia Agrícola pela oportunidade concedida;*
- *Ao meu orientador e amigo Nelson L. Cappelli pela orientação, oportunidade, incentivo e, principalmente, paciência;*
- *Ao meu co-orientador e amigo Cláudio Kiyoshi Umezu pela orientação, oportunidade, incentivo e, principalmente, paciência;*
- *Aos diretores da empresa SDC Engenharia de Sistemas, Dr. Robert Liang Koo, Dra. Elizabeth Koo e Fernando Augusto Camargo, pela compreensão e liberdade para realização do mestrado;*
- *À Empresa SDC Engenharia de Sistemas, pelo empréstimo dos equipamentos e suporte técnico oferecido;*
- *Aos professores da Feagri: Roberto Testezlaf e Raquel Gonçalves pelos preciosos conselhos dados para elaboração deste trabalho durante a disciplina AP197;*
- *Aos amigos Antonio Carlos Loureiro Lino e Prof. Dr. Inácio Maria Dal Fabbro, pela orientação, incentivo e encaminhamento na FEAGRI;*
- *Ao amigo Prof. Dr. Luis Carlos Magrini (PEA-USP) pelas críticas construtivas, profissionais e acadêmicas;*
- *Aos amigos da FEAGRI: Angel Garcia Pontin, Guilherme Ribeiro Gray e Eduardo Nunes, pela ajuda e solidariedade na realização das disciplinas e deste trabalho;*
- *A Profa. Dra. Daniella Jorge de Moura e ao seu orientado, o colega Marcos Vale, que teve a disposição de nos encaminhar e acompanhar até a granja Moretto, local de realização dos testes de campo;*
- *À granja Moretto, em especial o sr. Maurício, pela oportunidade e liberdade para realização dos testes de campo;*
- *Aos colegas da Feagri: Ana Paula, André, Clóvis, Edgar, Marta e Rosângela, pelo profissionalismo e auxílio prestado;*
- *Aos amigos da SDC Engenharia, David Cardoso e Evandro Gouveia, pela paciência em escutar, avaliar e ler meus ensaios para apresentação deste trabalho;*
- *À minha família: Francisco, Sílvia, Marta, Ernesto e em especial à Lili, pela compreensão e incentivo para a concretização de mais este sonho;*
- *À Deus, acima de tudo.*

Sumário

LISTA DE FIGURAS	<i>x</i>
LISTA DE QUADROS	<i>xii</i>
LISTA DE TABELAS	<i>xiii</i>
RESUMO	<i>xiv</i>
ABSTRACT	<i>xv</i>
1. Introdução	<i>1</i>
1.1. Objetivos Gerais	<i>3</i>
1.2. Objetivos Específicos	<i>3</i>
2. Revisão Bibliográfica	<i>4</i>
2.1. Ambiência	<i>4</i>
2.1.1. Sistemas de climatização	<i>6</i>
2.2. Controle em ambientes protegidos	<i>8</i>
2.3. Soluções em supervisão	<i>11</i>
2.4. Características da aplicação	<i>12</i>
2.4.1. A importância do monitoramento remoto	<i>13</i>
2.4.2. Abrangência do trabalho	<i>15</i>
3. Materiais e Métodos	<i>16</i>
3.1. Aplicação	<i>16</i>
3.2. Materiais	<i>18</i>
3.2.1. Módulo mestre	<i>18</i>
3.2.2. Módulos escravos	<i>20</i>
3.2.3. Instrumentação	<i>23</i>
3.2.4. Rede Ethernet	<i>27</i>
3.3. Softwares utilizados para o desenvolvimento	<i>30</i>
3.4. Montagem do sistema	<i>33</i>
3.5. Configuração de cada item de hardware para utilização no ambiente	<i>44</i>
3.6. Desenvolvimento do aplicativo executado no módulo mestre	<i>46</i>
3.6.1. A configuração do Turbo C	<i>47</i>
3.6.2. O protocolo Modbus	<i>48</i>
O protocolo Modbus padrão	<i>49</i>
O protocolo Modbus / TCP	<i>50</i>
Os registradores Modbus	<i>51</i>
3.7. Desenvolvimento do sistema de supervisão	<i>58</i>
3.7.1. Desenvolvimento do software para supervisão	<i>59</i>
A interface OPC	<i>59</i>

OPC Server do módulo mestre	60
Sistemas para supervisão	61
DAQBench	62
3.7.2. Integração com o Visual Basic	65
3.7.3. Comunicação entre o sistema de supervisão e o módulo mestre	76
3.7.4. Testes para validação do protótipo	77
Testes funcionais	77
Teste de campo para avaliação da rede Ethernet 802.11b	78
4. Resultados e discussão	82
4.1. Integração de Hardware	82
4.2. Integração e configuração da rede Ethernet 802.11b	83
4.3. Software do módulo mestre	83
4.4. Integração de Software	85
4.5. Software de supervisão	85
4.6. Resultados dos testes do protótipo	91
4.6.1. Testes funcionais	91
4.6.2. Testes de campo com a rede Ethernet 802.11b	92
5. Conclusões	94
6. Sugestões para trabalhos futuros	95
7. Referências Bibliográficas	96

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Rede RS485 utilizada para comunicação entre os módulos mestre e escravos</i>	17
<i>Figura 2: Visão geral do sistema envolvendo módulo de supervisão e local</i>	18
<i>Figura 3: Módulo I7188EXD</i>	19
<i>Figura 4: Bancada para geração de sinais analógicos</i>	24
<i>Figura 5: Bancada para geração de sinais digitais</i>	25
<i>Figura 6: Bancada para testes das saídas digitais</i>	26
<i>Figura 7: Comunicação entre os sistemas de gerenciamento instalados nos galpões e o supervisorio (sede)</i>	27
<i>Figura 8: Conversor T316 utilizado no trabalho</i>	28
<i>Figura 9: Access Point NWH660 utilizado no trabalho</i>	29
<i>Figura 10: Interligação entre os dispositivos utilizados no galpão</i>	33
<i>Figura 11: Ligação dos termopares no módulo I7018</i>	34
<i>Figura 12: Conexão entre a bancada e o módulo I7017</i>	36
<i>Figura 13: Conexão entre a bancada e o módulo I7060</i>	37
<i>Figura 14: Ligação entre a bancada de testes e as saídas digitais do módulo I7060</i>	38
<i>Figura 15: Ligação da saída analógica do módulo I7021</i>	39
<i>Figura 16: Identificação das conexões dos módulos escravos</i>	40
<i>Figura 17: Ligação da rede RS485 e alimentação dos módulos escravos</i>	40
<i>Figura 18: Ligação da RS485 e alimentação do módulo mestre</i>	41
<i>Figura 19: Ligação da RS232 e chave de operação do módulo mestre</i>	42
<i>Figura 20: Montagem final do sistema</i>	43
<i>Figura 21: Fluxograma do sistema interno ao galpão</i>	46
<i>Figura 22: Comunicação do módulo mestre com o sistema de supervisão e com os módulos escravos</i>	47
<i>Figura 23: Relação entre as variáveis internas do módulo mestre e os registradores Modbus</i>	51
<i>Figura 24: Estrutura interna da biblioteca VCOM3223</i>	53
<i>Figura 25: Fluxograma do aplicativo desenvolvido para o módulo mestre</i>	57
<i>Figura 26: Relacionamento Cliente-Servidor utilizando a interface OPC</i>	59
<i>Figura 27: Mapeamento de tags no utilitário NAPOPC DA Server</i>	61

<i>Figura 28: Relacionamento entre o TAG Server e os demais componentes do sistema</i>	63
<i>Figura 29: Tag Utility com as tags importadas do servidor OPC NAPOPC</i>	64
<i>Figura 30: Configuração do indicador de valor do controle DSlide2</i>	67
<i>Figura 31: Associação da tag I7188EXDMTCP.AI8 ao controle DSlide2</i>	67
<i>Figura 32: Associação do componente RTTrend ao Tag Server</i>	72
<i>Figura 33: Associação de tags no componente HistTrend</i>	73
<i>Figura 34: Configuração de alarmes no Tag Server</i>	74
<i>Figura 35: Disposição dos galpões na granja Moretto</i>	79
<i>Figura 36: Galpão para a criação de frangos da Granja Moretto</i>	79
<i>Figura 37: Posicionamento do sistema de supervisão e AP na sede da granja para realização da sondagem</i>	80
<i>Figura 38: Equipamentos utilizados no trabalho, configurados e integrados</i>	83
<i>Figura 39: Fluxograma simplificado do aplicativo desenvolvido para o módulo mestre.</i>	84
<i>Figura 40: Tela principal do sistema de supervisão.</i>	86
<i>Figura 41: Tela para configuração dos valores de referência.</i>	87
<i>Figura 42: Tela acessada a partir do menu "Gráficos".</i>	88
<i>Figura 43: Parte da tela acessada através do menu "Alarmes", mostrando o quadro de tags alteradas.</i>	89
<i>Figura 44: Tela do menu "Relatórios" mostrando dados de eventos de alarme.</i>	89
<i>Figura 45: Tela acessada através do menu "Entradas/Saídas".</i>	90

LISTA DE QUADROS

<i>Quadro 1: Natureza das entradas do sistema</i>	20
<i>Quadro 2: Natureza das saídas do sistema</i>	20
<i>Quadro 3: Bibliotecas utilizadas no desenvolvimento do aplicativo para o módulo mestre</i>	30
<i>Quadro 4: Arquivos de prototipação utilizados no desenvolvimento do aplicativo para o módulo mestre</i>	31
<i>Quadro 5: Utilitários empregados no desenvolvimento do aplicativo para o módulo mestre</i>	31
<i>Quadro 6: Ligação da bancada para simulação das entradas analógicas do módulo I7017</i>	35
<i>Quadro 7: Relação entre as entradas da bancada e saídas do módulo I7060</i>	39
<i>Quadro 8: Pinagem do cabo na ligação entre o T316 e o módulo mestre</i>	43
<i>Quadro 9: Configuração utilizada nos módulos escravos</i>	45
<i>Quadro 10: Tipos e características do protocolo Modbus</i>	48
<i>Quadro 11: Estrutura de mensagens do protocolo Modbus</i>	49
<i>Quadro 12: Frame de dados do protocolo Modbus RTU e ASCII</i>	50
<i>Quadro 13: Relação entre o protocolo Modbus / RTU e o Modbus / TCP</i>	50
<i>Quadro 14: Os tipos de registradores Modbus</i>	51
<i>Quadro 15: Relação entre as variáveis internas do módulo mestre e os registradores Modbus</i>	52
<i>Quadro 16: Rótulos atribuídos às grandezas dos sistema</i>	55
<i>Quadro 17: Rótulos atribuídos aos atuadores dos sistema</i>	56
<i>Quadro 18: Ações tomadas pelo sistema</i>	56

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1: Resultado da sondagem de campo</i>	92
---	----

RESUMO

A competitividade no mercado nacional e internacional desafia diariamente os gestores da produção agrícola a tomada de decisão rápida e eficiente. Para tanto, a disponibilidade de dados e a transformação destes em informações que embasem e norteiem as decisões é fundamental. Essa necessidade avança em todos os setores produtivos agrícolas, em especial em sistemas intensivos de cultivo ou criação, onde o controle e a correta parametrização das grandezas que afetam diretamente a produtividade são críticos. Este trabalho tem como objetivo principal, desenvolver um sistema de supervisão para comunicação e integração de dados em ambientes protegidos, como os galpões utilizados em granjas.

Juntamente com o levantamento dos requisitos de sistema e das tecnologias de integração disponíveis, desenvolve-se a especificação de *hardware* e *software* dos componentes do sistema. Essa especificação envolve a seleção de um módulo microprocessado para o comando de interfaces de aquisição de dados remotas através da rede RS485. Para este módulo foi desenvolvido um aplicativo para a aquisição de dados e acionamentos em linguagem C, além da comunicação com o sistema de supervisão através de uma rede Ethernet *wireless* 802.11g, utilizando o protocolo Modbus/TCP. O sistema de supervisão desenvolvido na plataforma Visual Basic utiliza a interface OPC para comunicação com o módulo microprocessado e apresenta recursos para monitoração, registro e consulta à banco de dados, acionamento remoto e gerenciamento de eventos. Todos esses recursos foram fornecidos pelo pacote de componentes *ActiveX* chamado DAQBench, da empresa Adlink, e adicionado ao Visual Basic. Ao final deste trabalho desenvolve-se um protótipo para simulação da integração, avaliando-se adequação da tecnologia utilizada na aplicação através de testes funcionais. A rede Ethernet 802.11b utilizada também é avaliada numa aplicação de campo. Os resultados obtidos a partir destes testes comprovam a viabilidade técnica do sistema desenvolvido e o potencial para a sua aplicação em produção.

PALAVRAS-CHAVE: automação agrícola, supervisão e controle, redes de comunicação

ABSTRACT

The competitiveness in the national and the international market challenges the managers of agricultural production to make fast and efficient decisions in a daily bases. Therefore the availability of data and the transformation of it in informations that supports and guides decisions is crucial. This is a need that extends to all productive agricultural sectors, particularly in intensive systems of cultivation or rearing, where the control and the correct set of variables that directly affect the productivity is critical. This work has as its main objective, the development of a system for supervision, communication and integration of data in protected environments, as greenhouses and poultryhouses.

With the system's requirements and the integration of technology available, it is developing a hardware and software specification for the components of the system. This specification involves the selection of a microprocessed module to control remote interfaces for data acquisition through RS485 network.

For this module It was developed a specific program in C language for data acquisition and drives, besides the communication with the system for supervision through a wireless Ethernet network, using the Modbus / TCP protocol. The system for supervision was developed in Visual Basic platform using the OPC interface for communication with the microprocessor module and presents resources for monitoring, registration and inquiry to database, remote drive and management of events.

All this resources was provided by the package of ActiveX components called DAQBench, provided by the Adlink Company and inserted in Visual Basic. At the end of this work it is developed a prototype for simulation of the integration, considering the suitability of the technology used in the application through the functional tests. The 802.11b Ethernet network used is also considered in a field application. The results of these tests prove the technical feasibility of the system developed and the potential for its application in the field.

KEYWORDS: agricultural automation, monitoring and control, communication networks.

1. Introdução

Durante muitos anos a avicultura nacional foi caracterizada pela produção ou multiplicação de pintos de um dia de forma não profissional, com índices muito baixos de produtividade, utilizando-se tecnologia informal, passada de pai para filho, sem nenhuma visão empresarial (GUSTIN, 1999).

Nas últimas décadas ocorreu uma ampla importação de tecnologia e um grande investimento em pesquisas, com a finalidade de obter conhecimentos específicos dos processos de produção avícola, imprimindo um crescimento e maior dinamismo da criação no país. Essa revolução tecnológica transformou os aviários em verdadeiras fábricas de proteína animal.

Como consequência disto obteve-se uma produção avícola intensiva, orientada à produtividade e baseada em tecnologias avançadas e pesquisas nacionais, tendo atingido um elevado desempenho e transformando-se em uma atividade altamente produtiva, especializada e industrializada.

Atualmente a indústria avícola brasileira movimenta muitas atividades intermediárias na comercialização, produção e industrialização de seus produtos, inclusive na área de serviços, colocando-a numa posição de destaque no agronegócio brasileiro e mundial. Segundo dados da Coordenadoria da Defesa Agropecuária (2005), o setor criou 50.000 empregos diretos e 350.000 indiretos. Além disso, o Brasil produziu 7,8 milhões de toneladas de carne de frango e as exportações, que absorveram aproximadamente 25% da produção nacional, foram destinadas a 120 países.

Todo esse avanço tecnológico na produção avícola foi impulsionado pelas novas exigências do mercado consumidor, mais maduro e objetivo quanto as suas necessidades. Para a consolidação do Brasil na posição de exportador, os produtores nacionais tiveram que se adaptar às exigências de seus consumidores.

Com a globalização dos mercados a partir da década de 90, os países desenvolvidos, em especial a união européia, implementaram estratégias para assegurar mercados a seus produtos agrícolas, das quais a segurança alimentar é parte integrante (BELLAYER, 2001). Essas estratégias forçaram os produtores interessados no mercado europeu a se adaptarem, incorporando em seus produtos as características mínimas exigidas pelos europeus.

De acordo com Holroyd (2000), o futuro do comércio de proteína animal depende principalmente de como a indústria conduzirá os seguintes conceitos: honestidade, disponibilidade de informações detalhadas, rastreabilidade, segurança/qualidade, e flexibilidade para mudanças. O consumidor final está procurando por produtos de boa qualidade, no lugar certo e na hora certa.

Dentro deste cenário surge um novo conceito na produção de alimentos: Produção animal de precisão ou Zootecnia de Precisão (NAAS, FIALHO, 1998). A Zootecnia de Precisão pode ser entendida como a utilização de técnicas especiais e ferramentas que possibilitam manejos específicos em situações específicas do campo. O uso de tais técnicas e/ou ferramentas é direcionado para a tomada de decisão e ações mais precisas do que as baseadas em “Valores Médios” ou “Valores Típicos”. Este tipo de tomada de decisão, baseada em valores típicos, quando aplicada em grandes rebanhos normalmente implica em grandes perdas, devido a imprecisão inerente às mesmas.

Diversas tecnologias estão sendo aplicadas na Zootecnia de Precisão. Do ponto de vista do manejo, a instrumentação de galpões de criação intensiva de frangos vem crescendo a cada dia. Cada vez mais é notada a presença de equipamentos/sistemas na produção animal, tais como medidores de temperatura, pressão, umidade, P.H., tensão, luminosidade, etc, todos visando a melhoria do conforto ambiental dos frangos e, conseqüentemente, o aumento da produtividade e da qualidade dos produtos obtidos.

Além disso, buscando atender a necessidade dos clientes interessados em conhecer o histórico dos produtos que consomem, a utilização da identificação eletrônica do rebanho via *Transponders* e RFID (*Radio Frequency Identification*) também vem crescendo. Essa tecnologia já bastante utilizada em rebanhos bovinos, mas estudos recentes têm demonstrado a migração da mesma para a suinocultura e avicultura.

Essa tecnologia possibilita conhecer a procedência animal, ganho de peso, vacinações, doenças. Tudo isto sem a ação direta do tratador e sem estressar o animal. O uso dessa tecnologia viabiliza a rastreabilidade de procedimentos para a produção, transparecendo ao consumidor o rigor científico aplicado ao manejo do produto oferecido.

Além do mais, a identificação dos animais se torna uma poderosa ferramenta ao interligar os elos da cadeia produtiva: produção, industrialização e comercialização de carnes. A rastreabilidade exige troca de informação entre todos os elos da cadeia. É necessário que

cada agente mantenha um sistema próprio de informação capaz de munir e trocar informações com um equipamento de dados, capaz de processá-los, possibilitando a tomada rápida de decisão.

Todas essas tecnologias e dados gerados pelas mesmas precisam ser integrados, compondo uma ferramenta de suporte a decisão. Atualmente, diversos galpões instrumentados geram dados locais (sistema descentralizado), requerendo que o operador percorra cada instalação, tabulando manualmente dados de cada instrumento de medição, para depois centraliza-los em planilha eletrônica para análise. Esse procedimento, além de dispendioso do ponto de vista humano e financeiro, também é impreciso.

Surge então a necessidade de se implementar uma arquitetura de interligação de todos os equipamentos (leitores, sensores, acionadores, etc) com um equipamento central, qual executa uma aplicação, que trata os dados gerados nos diversos pontos (nós) da rede.

Espera-se que, com a integração dos dados gerados em cada galpão, obtenha-se uma maior eficiência operacional da produção, dispondo os mesmos prontamente ao gestor, para tomada rápida de decisão.

1.1. Objetivos Gerais

Especificar e implementar um sistema experimental para utilização de interfaces remotas no monitoramento e controle de ambientes de produção agrícolas protegidos.

1.2. Objetivos Específicos

- Estudo do processo, identificando as necessidades de automação e supervisão, as características do ambiente e condições de operação;
- Concepção e especificação de um sistema destinado à supervisão e teleoperação;
- Implementação do sistema proposto, originando um sistema piloto para testes;
- Discussão dos resultados obtidos na operação do sistema piloto.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Ambiência

Segundo Teeter & Belay (1993), a produção ideal para frangos de corte só pode ser obtida quando a ave estiver submetida a uma temperatura ambiente adequada, sem nenhum desperdício de energia, tanto para compensar o frio, como o calor. Quando os fatores combinados de temperatura e umidade relativa ultrapassam os limites da faixa de conforto ambiental, denominada zona termoneutra, sua habilidade de dissipar calor é comprometida. É imprescindível ter-se um microclima ideal dentro do galpão, a fim de atingir-se uma eficiência de conversão energética, o mais próximo possível de 100%, segundo os mesmos autores.

Segundo Baêta & Souza (1997), a caracterização do ambiente térmico animal envolve os efeitos da temperatura, da umidade, da radiação e do vento e, pode ser feita por meio de uma única variável, chamada de temperatura efetiva. Para determinada faixa de temperatura efetiva ambiental, o animal mantém constante a temperatura corporal, com mínimo esforço dos mecanismos termorregulatórios. É a chamada zona de conforto térmico ou de termoneutralidade, em que não há sensação de frio ou calor e o desempenho do animal em qualquer atividade é otimizado.

Ainda conforme os autores acima, o meio ambiente é definido como sendo o conjunto de todos os fatores que afetam direta ou indiretamente os animais. Excetuando a alimentação e os agentes patogênicos, os fatores que causam os maiores efeitos sobre o bem-estar e, conseqüentemente, sobre a produção animal são temperatura, umidade, radiação, vento, que constituem o ambiente térmico animal. Deve-se projetar a instalação para amenizar os seus extremos, bem como possibilitar o controle da luminosidade e da qualidade do ar que são igualmente importantes para produtividade animal

Segundo Moura (2001), a produtividade ideal das aves destinadas para o corte pode ser obtida quando o animal estiver submetido a uma temperatura efetiva adequada, sem nenhum desperdício de energia, tanto para compensar o frio, como para acionar seu sistema de refrigeração, a fim de resistir ao calor ambiental. Este mesmo autor cita que a temperatura efetiva não se refere unicamente á temperatura ambiental, mas sim à combinação dos efeitos

da temperatura de bulbo seco, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento. Quando os fatores combinados de temperatura ultrapassam os limites da faixa de conforto ambiental das aves, sua habilidade de dissipar calor é reduzida.

De acordo com Rossi (1998), a ambiência animal implica em conforto do animal no ambiente em que estiver e é, também, associada à maximização produtiva. Conforto este relacionado aos conceitos básicos de temperatura e bem-estar climático. É um erro comum considerar a temperatura ambiente como único elemento responsável pelo conforto térmico, esquecendo-se de outros fatores de igual ou até superior importância para o objetivo desejado.

Entre os fatores que influenciam a ambiência animal, são citados os seguintes:

- **Microclimáticos:** temperatura, vazão de ar, velocidade de deslocamento do ar, taxa de renovação do ar, pureza do ar, umidade relativa e absoluta no galpão e índice de luminosidade.

- **Agroclimáticos:** temperatura e umidade relativa ambiente, pressão atmosférica, radiação solar, ventos predominantes, orientação solar, horas de brilho solar, latitude, longitude, altitude e tipo de solo.

- **Construtivos:** sistemas de ventilação (lanternins e ventiladores), sistemas de resfriamento adiabático e evaporativo, sistema de aquecimento do ambiente e materiais estruturais do galpão.

A ventilação é necessária para eliminar o excesso de umidade do ambiente e da cama provenientes da água liberada pela respiração das aves e dos dejetos, permitir a renovação do ar e eliminar odores (TINÔCO, 1998). Segundo o autor, uma das alternativas para melhorar as condições térmicas e promover a renovação do ar é a ventilação forçada. Quando não há problemas com a saturação do ar dentro dos aviários pode-se utilizar o sistema de resfriamento evaporativo, constituído basicamente pelo uso de nebulizadores, permitindo que o ar não saturado do ambiente entre em contato com a água em temperatura mais baixa, ocorrendo então a troca de calor entre o ar e a água.

2.1.1. Sistemas de climatização

Segundo Nääs et al (2001), climatizar é adaptar o ambiente interno da construção às condições ideais de alojamento da ave, tendo sempre como parâmetro de referência às condições do ambiente externo. São considerados, portanto, como sistemas de climatização, aqueles que utilizam equipamentos de ventilação, exaustão, nebulização e painéis de resfriamento adiabático.

De acordo com estes autores, os sistemas de climatização mais utilizados são:

-Túnel

O sistema de climatização tipo túnel é uma forma de climatização onde o ar é retirado por um dos lados da edificação por meio de exaustores, enquanto que a entrada de ar se localiza geralmente do lado oposto ao da saída. É um sistema interessante, principalmente para aves a partir da terceira semana de vida, por responderem positivamente a sensação de conforto térmico com altas velocidades do ar. A alta velocidade do vento é uma característica determinante deste sistema e sua limitação de uso está justamente nas distâncias que o ar deve percorrer, de maneira a remover todos os gases e calor gerados dentro da instalação.

-Túnel associado à refrigeração adiabática evaporativo

Este sistema de climatização é definido como uma forma de climatização que associa o sistema de túnel com um sistema de resfriamento, geralmente envolvendo o uso de áreas molhadas ou painel evaporativo. O princípio é que, ao atravessar a área molhada, o ar se resfria e é movimentado ao longo da instalação no sentido da exaustão.

-Túnel adaptado

O sistema de túnel adaptado é baseado em um esquema de pressão estática regulando e forçando a entrada de ar e sua movimentação, permitindo uma movimentação de ar a uma velocidade mais baixa, tendo como opção a associação de ventilação interna, o que favorece uma turbulência maior na altura das aves alojadas. Para tanto, a abertura das cortinas laterais não representa um empecilho, mas um componente que favorece a renovação do ar através do

vento exterior. Nesse caso, a alternativa de aberturas laterais devem estar de acordo com a face de incidência dos ventos principais e a idade do lote alojado.

-Ventilação com Nebulização

Esta é uma situação ideal de climatização economicamente viável, com a união de ventilação e nebulização, associados a um manejo sincronizado do sistema. O uso destes dois sistemas mostra-se insuficiente para controlar os altos níveis de estresse nas aves quando o clima encontra-se em temperatura e umidade relativas elevadas. Portanto, é também necessário, além da ventilação e nebulização, controlar a temperatura da água de beber.

De acordo com Moura (2001), existem cinco razões para a ventilação ser importante nos aviários: fornecer oxigênio para a respiração, remover o excesso de umidade, remover o excesso de calor, diminuir a poeira e reduzir a concentração de gases.

De acordo com Barnwell & Rossi (2003), as quatro prioridades relacionadas à ventilação em períodos quentes são a velocidade do ar através das aves, a renovação do ar no galpão, a distribuição do ar no interior do galpão e o controle da umidade relativa do ar.

Os mesmos autores citam que para maximizar a performance em períodos de alta temperatura é essencial tomar por base a temperatura efetiva, que é aquela em que as aves realmente sentem e que leva em consideração a temperatura de bulbo seco, a umidade relativa e a velocidade do ar e não somente a temperatura de bulbo seco.

No caso de frangos de corte adultos, a temperatura efetiva deve ser de 21,1°C, a umidade relativa 50%, a renovação deve ocorrer em menos de 1,3 minutos e a velocidade máxima do ar deve estar entre 2,29 e 2,41 m/s (BARNWELL & ROSSI, 2003).

O mecanismo de ventilação de ar ajuda não só na retirada de calor produzido pelas aves no galpão, como também melhora a sensibilidade térmica delas. Um movimento de ar, sobre qualquer superfície em que a água esteja presente, promove uma evaporação dessa água. Segundo Silva & Nääs (2004) esse processo consome energia (579 kCal/l de água evaporada), e o frango sofre um resfriamento corporal em contato com o vento.

Em situações reais de galpão, citam os mesmos autores, por causa do obstáculo das outras aves e da quantidade de calor produzido pelo lote, a sensibilidade térmica da ave é de aproximadamente 5 a 6 °C de resfriamento quando se aplica uma velocidade de 2 m/s a 2,5 m/s, o que indica a necessidade de instalação de equipamentos auxiliares ao sistema de

movimentação de ar como forma de promover um maior resfriamento interno dos galpões nos horários mais quentes do dia.

2.2. Controle em ambientes protegidos

Diversos trabalhos já foram desenvolvidos para automação e integração de galpões, especialmente em casas de vegetação. Porém, poucos sistemas de controle foram desenvolvidos para a avicultura. Nas duas aplicações buscam-se soluções para a monitoração e controle local dos diversos parâmetros que influem diretamente na produtividade da cultura ou criação. A monitoração e controle destes ambientes deve ser efetuada 24 horas por dia, 7 dias por semana. Essa característica por si só já nos remete a utilização de um sistema automatizado. Paralelamente a isso, a decisão de qual atuador acionar e por quanto tempo, também é crítica e difícil de ser tomada pelo ser humano, que normalmente deve controlar mais de um ambiente.

A obtenção e centralização de dados para a gestão da produção também é difícil, uma vez que os galpões encontram-se espalhados pela propriedade e separados do escritório administrativo. Essa característica requer meios de comunicação e integração de dados dos sistemas de controle instalados nos galpões.

A composição destes sistemas segue duas arquiteturas básicas: a centralizada e a descentralizada. No sistema centralizado, a inteligência do sistema se localiza num dispositivo único, central, responsável por gerir a comunicação com outros dispositivos, sendo estes passivos. Toda tomada de decisão com base nas informações fornecidas por esses dispositivos passivos é feita pelo dispositivo central.

Uma arquitetura como esta foi proposta por Várally (1996) para monitoração e controle de casas de vegetação. Neste sistema, o dispositivo central era um computador padrão IBM, onde tinha-se instalado uma placa de aquisição de dados e um software para interface com o usuário, gestão e aquisição dos dados das estufas. Toda informação gerada pela instrumentação das estufas chegava até a interface de aquisição de dados via cabo e a unidade central tinha capacidade para controlar e monitorar até 10 estufas.

Sistemas como esse possuem dificuldades de implementação e manutenção devido a grande quantidade de fios e cabos requeridos pelos mesmos. Além do mais, uma pane no dispositivo central comprometeria o controle em todos os galpões a ele dedicados. Por isso

essa arquitetura vem sendo cada vez menos utilizada, uma vez que a tecnologia atual permite a composição de sistemas com instalação e manutenção mais simples, além de muitos outros recursos.

Em contra partida, a arquitetura descentralizada distribui a inteligência do sistema a unidades de menor capacidade de processamento, que passam a ser responsáveis pela aquisição de dados e controle local, bem como a comunicação com o dispositivo central, responsável apenas pela centralização das informações geradas por tais unidades.

Neste cenário, essas unidades de menor capacidade de processamento são conhecidas como plataformas eletrônicas embarcadas, assim chamadas devido ao seu tamanho reduzido e seu baixo consumo, permitindo serem embarcadas em outros equipamentos. Entre essas plataformas destacam-se os CLP's, controladores e os microcontroladores. Além disso, na arquitetura descentralizada, a comunicação entre esses dispositivos e a unidade central também passa a merecer destaque.

Em seu trabalho, Serôdio (1998) implementa uma solução para monitoração e controle em casas de vegetação baseada em arquitetura distribuída, tendo desenvolvido a eletrônica embarcada com interfaces de comunicação RS232, CAN e Rádio Frequência (RF). A interface RS232 foi utilizada para comunicação com um rádio-modem, que por sua vez transmitia os dados coletados pela referida eletrônica até o computador de supervisão. A interface CAN foi utilizada para comunicação com os atuadores, normalmente fixos em casas de vegetação. A rede de sensores também foi implementada através de RF, porém numa frequência diferente da utilizada para comunicação com o computador de supervisão.

Outra arquitetura semelhante, utilizando os mesmos meio físicos de comunicação foi utilizada no trabalho de Fontes (2004). Na rede de sensores em RF foi aplicado um protocolo desenvolvido especialmente para a aplicação, baseado em Modbus/RTU. Segundo o autor, isso foi necessário devido a fontes de rádio na mesma frequência no local, que geravam ruídos na comunicação. Na comunicação entre o sistema supervisor e a unidade de controle (cuja eletrônica foi desenvolvida pelo autor) foi utilizado o protocolo Modbus/RTU em rádio frequência.

Também utilizando um controlador local, Castañeda-Miranda (2006) desenvolve um sistema para controle microclimático de uma casa de vegetação baseado num FPGA (*Field Programmable Gate Array*) comunicando-se com um computador remoto através de RS232,

responsável pela centralização dos dados gerados pelo controlador. Segundo o autor, esse sistema desafoga o computador central da manipulação de dados de baixo nível, liberando-o para tarefas de níveis mais altos, como monitoração, avaliação de desempenho, planejamento da produção e outras atividades que possam requerer mais recursos computacionais.

Porém, muitas casas de vegetação já possuem controladores isolados, responsáveis por grandezas como temperatura e umidade. Pensando nestas situações, Bandeira Filho (2003) propõe uma solução para integração de galpões onde é realizado o desenvolvimento de uma interface eletrônica, com protocolo próprio, para a integração dos controladores utilizados internamente ao galpão. A solução apresentada resolve, segundo o autor, um dos principais problemas referentes à integração destes dispositivos, que é o protocolo proprietário do fabricante, não orientado ao endereçamento em rede.

Aumentando os recursos dos microcontroladores e pensando na integração dos mesmos em redes maiores, Serôdio (1999) implementa JVM (*Java Virtual Machine*) no ambiente de um microcontrolador 80C592, idêntico ao utilizado em seu trabalho citado anteriormente. Este avanço permite a supervisão dos dispositivos via Internet e a utilização de outras facilidades oferecidas pela mesma, inclusive o *download* da estratégia de controle para os dispositivos.

Baseando-se em uma solução comercial, Cansado (2003) implementa o controle distribuído e supervisão em casa de vegetação utilizando um CLP, cujos dados são monitorados através de conexão via modem em linha telefônica. Stipanicev (2003) também utiliza uma solução de mercado para implementação de controle distribuído em casas de vegetação, porém, utilizando um dispositivo embarcado com a tecnologia Java, com porta Ethernet 802.3 e rede de sensores e atuadores implementada na tecnologia 1-Wire.

Nos últimos anos, a tecnologia do controle distribuído tem passado dos concentradores inteligentes, responsáveis pela coleta de dados e controle, expandindo a inteligência do sistema até os sensores e atuadores, antes passivos. Com essa capacidade, os sensores e atuadores se comunicam diretamente entre si e as estratégias de controle são implementadas diretamente neles, absorvendo assim todas as funcionalidades até então encontradas nos concentradores inteligentes. Com tal inteligência, os sensores e atuadores também são capazes de se comunicar diretamente com o computador central, responsável pela supervisão de toda a rede.

Existem soluções em redes no mercado que permitem a implementação dessa arquitetura, uma delas é a LonWorks. A LonWorks é amplamente utilizada na automação predial, constituindo os chamados “Edifícios Inteligentes” da Europa. Chermont (2005) argumenta a favor da utilização desta tecnologia em estufas, fazendo uma correlação entre as características e propósitos da aplicação predial com as da aplicação agrícola.

Existe também uma grande expansão no desenvolvimento de tecnologias *wireless* na comunicação entre dispositivos de campo. E no mesmo ritmo das ofertas de soluções para este fim, as aplicações desta tecnologia também vem crescendo nas mais diversas áreas. Apesar disto, Wang (2006) ressalta que as aplicações *wireless* na indústria alimentícia e agrícola ainda são raras quando considerado o potencial de aplicação da tecnologia no setor e também a quantidade de aplicações implementadas em outros setores, como na indústria e telecomunicações.

2.3. Soluções em supervisão

Em seu trabalho, Fontes (2004) utiliza um enlace de rádio frequência (RF) para integração dos concentradores (um por casa de vegetação) ao sistema de supervisão, desenvolvido na plataforma Elipse SCADA. Para tanto, o autor aplicou um conversor RS485 para RF e neste enlace a comunicação foi feita através do protocolo Modbus/RTU. O sistema de supervisão desenvolvido pelo autor monitora grandezas referentes à climatização do ambiente, registrando seus valores em um banco de dados. Além disso, monitora a atuação das unidades concentradoras e permite a definição de valores de referência para cada variável controlada.

Cansado (2003) também desenvolve o sistema de supervisão utilizando a plataforma Elipse SCADA, porém utiliza comunicação serial via modem com os concentradores (CLP instalado na casa de vegetação), utilizando protocolo proprietário dos mesmos. O sistema de supervisão desenvolvido pelo autor possui, basicamente, os mesmos recursos apresentados por Fontes (2004).

2.4. Características da aplicação

Diversas atividades agrícolas são influenciadas pelas condições ambientais a que estão submetidas. A produtividade dessas atividades pode ser diretamente relacionada às condições climáticas, sendo que a ocorrência de eventos que alterem tais condições pode provocar prejuízos significativos ao produtor rural.

A proteção de culturas e criações das alterações climáticas e outros eventos não é a única motivação para a implementação de sistemas de monitoração e controle de ambientes. No caso da criação de animais, por exemplo, as condições de ventilação, temperatura e concentração de determinados gases, como a amônia e dióxido de carbono, podem influenciar a produtividade (os gases gerados pelos dejetos dos próprios animais podem atingir concentrações danosas e provocar mortes) ou simplesmente provocar perdas de produtividade, através do desperdício de energia (um animal pode gastar a energia gerada a partir de sua alimentação na regulação de sua temperatura corporal, de modo a sentir-se mais confortável, ao invés de utilizar o alimento para o aumento de massa corpórea). Segundo Cox (1988) no cultivo de vegetais os fatores ambientais estão relacionados também à velocidade de desenvolvimento da planta; caso sejam controlados, a colheita pode ser programada para a época em que a demanda pelos produtos obtidos da planta seja maior, como no caso de flores (dia de finados, dia das mães ou dia dos namorados).

É importante destacar a eficiência na utilização dos insumos nos sistemas de intensivos de cultivo e criação. Com mais informações sobre o processo, o operador pode ter ações localizadas e específicas, utilizando assim apenas a quantidade mínima necessária de insumos, diminuindo custos. Também é possível ter maior flexibilidade no planejamento do uso e compra dos mesmos, uma vez que as informações de consumo também estariam disponíveis aos gestores. Em períodos de racionamento de energia elétrica, por exemplo, necessita-se planejar melhor sua utilização.

Como proposta para solução destes problemas, tem-se a utilização de ambientes monitorados e/ou controlados. O uso desta solução fundamenta-se na impossibilidade de se controlar as condições climáticas em ambientes naturais, associada à proteção fornecida pela própria infra-estrutura da construção. Os animais ficariam assim mais protegidos de predadores, e as plantas mais protegidas de pragas. Por outro lado, a monitoração destes

ambientes passa a ser muito importante, pois a propagação de alguma doença em todo o rebanho seria mais rápida, comprometendo o resultado do produtor.

Com o uso de um sistema controlado automaticamente e monitorado remotamente, o produtor pode definir suas estratégias de criação e manejo, de acordo com seus objetivos de produtividade (época de maturação, quantidade desejada, etc)

2.4.1. A importância do monitoramento remoto

Independentemente do local onde o processo produtivo ocorre, o operador responsável por realizar ajustes ou obter informações do sistema pode estar: no local (próximo ao ambiente monitorado, possivelmente dentro dele); próximo (normalmente em outra sala ou edifício da propriedade) ou remoto (em localidades mais distantes).

Normalmente, o sistema de controle é projetado com uma interface local. Diversos equipamentos permitem trocas de dados através de portas de comunicação, que podem ser ligadas em rede ou não. Desta forma, para implementação de uma interface para um usuário remoto, uma abordagem envolvendo forma de acesso, infra-estrutura de rede e interface homem-máquina adequada deve ser considerada.

A decisão de se concentrar as informações dos galpões através de um sistema supervisão tem a vantagem de permitir acesso rápido aos dados coletados (leitura dos sensores, históricos, valores de *set points*, etc). Esses dados também podem ser utilizados como entrada para um sistema de suporte à decisão, que pode analisar a estratégia de controle adotada e calcular novos conjuntos de *set points* e outros ajustes para obtenção dos resultados desejados.

Aplicando-se a aspectos comportamentais, a tecnologia RFID (*Radio Frequency Identification*) também tem sua utilização enriquecida através da centralização remota de dados. Com esta última pode-se monitorar remotamente, em tempo real, o comportamento dos animais monitorados, verificando-se a correlação entre o comportamento dos mesmos e outras variáveis, como a temperatura, por exemplo. Além destas, as seguintes situações podem ser igualmente beneficiadas:

- a) O sistema de supervisão pode ter disponíveis diversos alarmes para condições de funcionamento anormal. No caso de acionamento de um deles, é interessante que haja algum operador próximo ao sistema de supervisão para atuar rapidamente na eliminação do problema. No entanto, certas condições podem ser previstas. Por exemplo, o serviço de meteorologia prevê baixa na umidade relativa do ar para os próximos dias. Através do sistema supervisorio, o responsável pode redefinir os *set points* de cada galpão de maneira rápida e precisa, de forma a obter atuações do sistema que compensem a queda de umidade no ambiente externo.
- b) O processo produtivo apresentou um comportamento inesperado (doenças, pragas, etc). Faz-se necessário contratar um consultor autônomo para realizar uma avaliação das condições do processo e identificação das atuações necessárias. Muitas vezes o consultor encontra-se bem distante da propriedade, sendo necessário seu deslocamento para realização de diagnósticos. Seria interessante se, antes de seu deslocamento, o consultor pudesse realizar um diagnóstico prévio a partir de dados disponibilizados a ele e, quem sabe, até apontar a solução do problema remotamente. Desta forma, além de mais rápida, sua atuação seria menos dispendiosa. O consultor também poderia contribuir quando da definição de uma nova estratégia de controle do ambiente, a partir dos históricos de dados para criar ou refinar um modelo do processo, propondo também novas estratégias de controle.
- c) A produção da propriedade rural nem sempre é negociada no local. Muitas vezes os negócios são fechados com clientes que se encontram em outras cidades, ou em bolsas de mercadorias. Os dados coletados pelo sistema de supervisão são interessantes para que se tenha um melhor acompanhamento do processo produtivo e para que se tenha uma melhor estimativa da qualidade dos produtos, podendo assim dar prosseguimento às negociações ou até enviar um representante para avaliar a produção com mais detalhes. Além do mais, atualmente os consumidores têm se

preocupado muito mais com características dos produtos, atentando e preferindo os produtos obtidos através de processos ecologicamente corretos e também de qualidade comprovada em todas as etapas de produção. O sistema supervisorio permite que esses dados sejam organizados e disponibilizados em forma de relatório para ser disponibilizado a quem tiver interesse.

- d) Instituições de ensino, pesquisa ou extensão poderiam ter acesso a informações de ambientes agrícolas de diversos produtores situados nos mais diferentes locais, utilizando tais informações não somente para fins didáticos, mas também para pesquisa, revertendo em benefícios para o produtor. Esses dados poderiam ser disponibilizados ao professor, inclusive, durante a aula. Além disso, pesquisadores ou participantes de projetos de extensão da instituição poderiam querer trocar informações com colegas com quem trabalham em cooperação, em pesquisa relacionada aos dados de um sistema de produção protegido.

2.4.2. Abrangência do trabalho

Este trabalho está inserido num projeto maior do Laboratório de Instrumentação e Controle da Faculdade de Engenharia Agrícola (UNICAMP), chamado “Redes de Automação Agroindustriais”. O mesmo concentra-se na elaboração de um sistema de supervisão e especificação de uma infra-estrutura de rede para integração de sistemas de controle aplicados a ambientes protegidos. A rede contemplada neste trabalho é externa ao galpão, visando a integração dos dados produzidos pelo sistema de controle interno, sendo este objeto de estudo de um outro integrante do grupo de pesquisa.

3. Materiais e Métodos

Neste capítulo são descritos os principais materiais e métodos necessários para o desenvolvimento deste trabalho. Os materiais utilizados foram cedidos pela empresa SDC Engenharia de Sistemas e pelo Laboratório de Instrumentação e Controle – LIC, onde também ocorreram a montagem eletrônica, integração dos componentes, desenvolvimento de aplicativos computacionais e testes do protótipo e equipamentos.

3.1. Aplicação

Para o atendimento das necessidades apresentadas na revisão bibliográfica propõem-se o desenvolvimento de um sistema para supervisão de galpões, onde estarão instalados controladores para as variáveis ambientais e operacionais relevantes ao bem-estar animal e, conseqüentemente, a maior produtividade.

Esse sistema é composto por dois módulos principais: o módulo local, interno ao galpão, responsável pela leitura dos valores dos instrumentos, atuação e comunicação com o sistema de supervisão remoto. O módulo de supervisão remoto permite que o usuário visualize em tempo real os parâmetros monitorados, bem como a recupere valores históricos dos mesmos. é responsável pela centralização das informações do galpão de forma gráfica, registro das informações em banco de dados, configuração e monitoração de alarmes, definição de valores de referência (*set points*) para as variáveis consideradas, visualização de dados gravados.

Módulo local

Em função das dimensões envolvidas nos galpões (aproximadamente 100 x 10 m), optou-se pela aquisição distribuída de dados através de rede RS485 via cabo. Nesta arquitetura, o galpão dispõem de um módulo mestre, responsável pela centralização local de dados, e módulos escravos, responsáveis pela interface com os atuadores e instrumentos. Os dados coletados pelos módulos escravos são transmitidos até o módulo mestre através da rede RS485. A Figura 1 ilustra a arquitetura do sistema local, interno ao galpão.

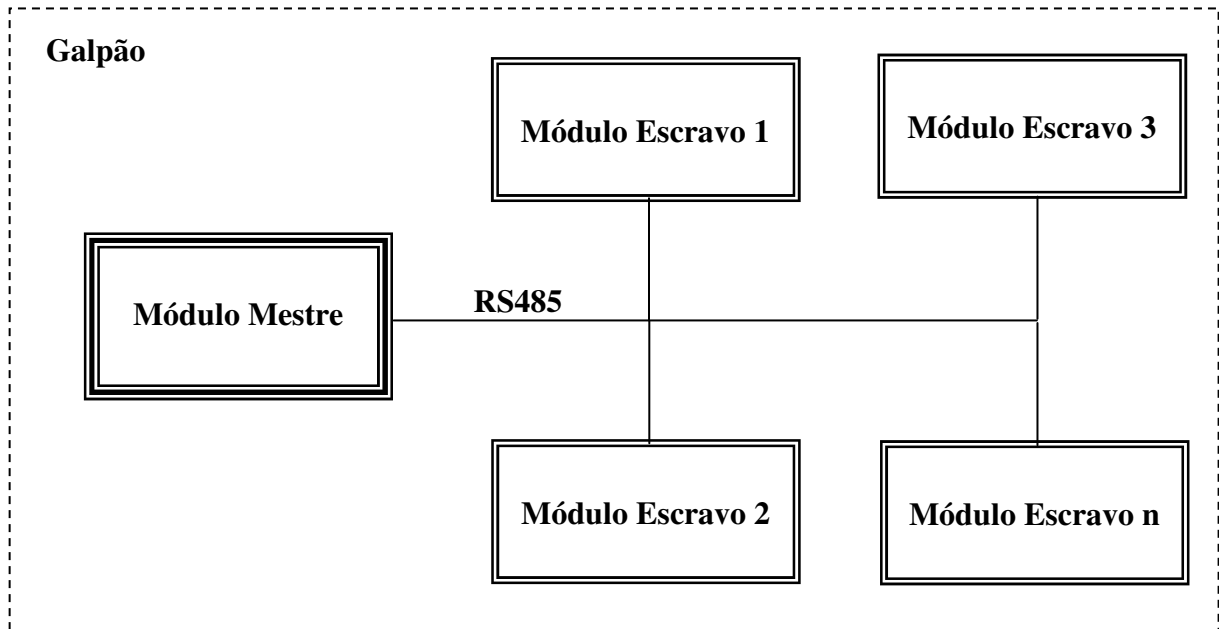


Figura 1: Rede RS485 utilizada para comunicação entre os módulos mestre e escravos

A comunicação entre o módulo mestre e os módulos escravos é feita através de protocolo proprietário do fabricante dos mesmos, que será apresentado adiante.

Módulo de supervisão remoto

O módulo de supervisão remoto é composto por um computador portátil (*notebook*), onde é executado o software de supervisão. Este se comunica com o módulo mestre através de uma rede Ethernet IEEE 802.11g, utilizando como protocolo o padrão Modbus/TCP. Este módulo é responsável pela centralização das informações do galpão, apresentação das mesmas de forma gráfica, registro das informações em banco de dados, configuração e monitoração de alarmes, definição de valores de referência (*set points*) para as variáveis tratadas no módulo mestre e visualização de dados gravados. A Figura 2 ilustra a estrutura da aplicação.

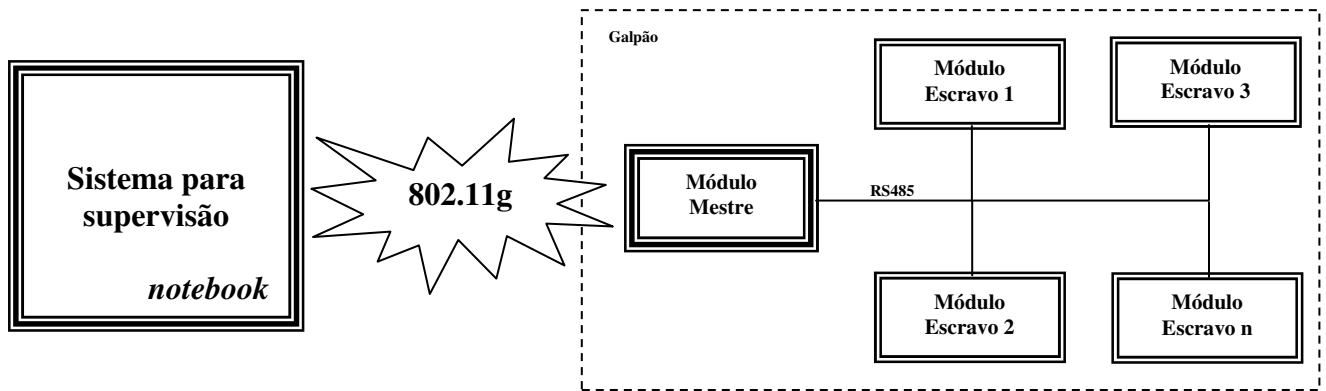


Figura 2: Visão geral do sistema envolvendo módulo de supervisão e local

Este trabalho considera a estrutura apresentada acima para apenas um galpão, mas esta é perfeita e facilmente aplicável a mais de um.

3.2. Materiais

3.2.1. Módulo mestre

Para implementação da aplicação o galpão deve possuir sua própria rede interna de sensores, podendo esta ser baseada em qualquer uma das tecnologias apresentadas na revisão bibliográfica. Para o desenvolvimento deste trabalho, será considerada a utilização do concentrador de dados I7188EXD (Figura 3), responsável pela atuação e aquisição dos diferentes sinais elétricos provenientes da instrumentação interna ao galpão.

O I7188EXD é um dispositivo microprocessado de mercado que faz parte da família μ PAC (*Micro Programmable Automation Controller*) do fabricante ICPDAS. Ele possui CPU interna, memória RAM e memória Flash, além de portas de comunicação serial e Ethernet. No seu sistema operacional DOS (*Disk Operating System*) pode ser instalado um programa de gerenciamento de seus recursos desenvolvido em linguagem C.



Figura 3: Módulo I7188EXD

As principais características e recursos do módulo I7188EXD são:

- CPU AMD 80188 40MHz
- 512 kb de memória RAM
- 512 kb de memória Flash
- 2 kb de EEPROM
- Relógio em tempo real
- Portas seriais: uma RS232 e uma RS485
- Porta Ethernet IEEE 802.3
- *WatchDog* Timer: recurso para auto-monitoração de hardware
- Isolação na RS485 e na alimentação
- *Self Tuner*: recurso de ajuste automático do *baud rate* na RS485
- *Display* com 5 dígitos de leds de 7 segmentos
- Sistema Operacional: MiniOS7
- Temperatura de operação: -25 °C até 75 °C
- Dimensões (mm): 123 x 72 x 33
- Alimentação: 10-30 VDC
- Consumo: 3 W

O I7188EXD permite a comunicação serial com módulos escravos de aquisição de dados através de RS485. Esses módulos podem ser instalados em diversos pontos do galpão,

buscando-se sempre diminuir a distância entre o módulo e o instrumento ou atuador. Devido às características da RS485, pode-se ter até 256 módulos internos ao galpão, podendo-se distanciá-los em até 1.200 metros do I7188EXD. Porém, esta característica será pouco utilizada neste protótipo, uma vez que o mesmo será montado e testado em laboratório.

Além da porta RS485 e da RS232, o I7188EXD disponibiliza uma Ethernet 802.3, sendo essa última objeto de interesse deste trabalho, devido a sua aplicação na comunicação entre os concentradores e o computador central.

3.2.2. Módulos escravos

Os módulos escravos para aquisição de dados são responsáveis pela conversão analógico / digital (A/D) dos sinais elétricos gerados pelos instrumentos de campo ou pela conversão digital / analógico (D/A) para gerar os sinais elétricos requeridos pelos atuadores. Em cada módulo, de um lado estarão conectados os instrumentos ou atuadores, e do outro o concentrador I7188EXD, responsável por comandar os módulos.

Cada módulo possui características específicas de acordo com os sinais elétricos gerados pelos instrumentos ou requeridos pelos atuadores. A partir das grandezas de interesse destacadas na revisão bibliográfica pode-se identificar a natureza de cada uma, o tipo de sensor e assim determinando o tipo de entrada ou saída requerida ao módulo, conforme Quadros 1 e 2.

Quadro 1: Natureza das entradas do sistema

Grandeza	Instrumento	Natureza	Tipo
Temperatura	Termopar	Analógica	Entrada
Umidade	Higrômetro	Analógica	Entrada
Velocidade do vento	Anemômetro	Analógica	Entrada
Luminosidade	Luxímetro	Analógica	Entrada

Quadro 2: Natureza das saídas do sistema

Atuador	Natureza	Tipo
Ventilador	Analógica	Saída
Nebulizador	Discreta	Saída
Aquecedor	Discreta	Saída
Lâmpadas	Discreta	Saída
Cortinas	Discreta	Saída

Para que todas essas funções possam ser contempladas pelo protótipo, os seguintes módulos remotos de aquisição de dados, referidos nesse trabalho como módulos escravos, foram utilizados:

- I7060: Módulo de entradas e saídas digitais
- I7018: Módulo de entradas analógicas (termopares e mV)
- I7017: Módulo de entradas analógicas
- I7021: Módulo de saída analógica

Esses módulos são comandados pelo I7188EXD através da porta RS485 e protocolo proprietário do fabricante. As principais características dos mesmos são apresentadas a seguir.

I7060

Entradas digitais

- Quantidade de canais: 4 isolados
- Nível lógico 0: 1 V (máximo)
- Nível lógico 1: 4-30 V

Saídas digitais

- Quantidade de canais: 4 relés
- Características dos Relés:
 - AC: 125 V @ 0,6 A; 250 V @ 0,3 A
 - DC: 30 V @ 2 A; 110 V @ 0,6 A
 - Tempo de acionamento / desligamento: 3 ms / 1 ms

I7018

Entradas analógicas: mV, V, mA (com resistor externo)

Termopares suportados: J, K, T, E, R, S, B, N, C

Quantidade de canais: 8 diferenciais ou 6 diferenciais e 2 *single ended* (modo comum)

Sinal de entrada (mV): ± 15 , ± 50 , ± 100 , ± 500 , ± 1 V, ± 2.5 V, ± 20 mA

Taxa de amostragem: 10 Hz

Resolução (A/D): 12 bits

Isolação: 3000 VDC na alimentação e ± 35 V nas entradas

I7017

Entradas analógicas: mV, V, mA (com resistor externo)

Quantidade de canais: 8 diferenciais ou 6 diferenciais e 2 *single ended* (modo comum)

Sinal de entrada: ± 150 mV, ± 500 mV, ± 1 V, ± 5 V, ± 10 V, ± 20 mA

Taxa de amostragem: 10 Hz

Resolução (A/D): 16 bits

Isolação: 3000 VDC na alimentação e ± 35 V nas entradas

I7021

Saídas analógicas: 1

Tipo de saída: mA, V

Range de saída: 0-20 mA, 4-20 mA e 0-10 V

Resolução (D/A): 12 bits

Isolação: 3000 VDC na alimentação e ± 35 V nas entradas

Todos esses módulos possuem as mesmas dimensões externas (a x l x p): 120 x 75x 25 mm), permitindo a montagem em trilhos padrão DIN. Além disso, todos possuem uma porta de comunicação serial padrão RS485, consumo menor que 3 watts e podem ser alimentados com fontes DC de 10 a 30 Volts.

Conversor USB/RS232

Para a transferência dos programas desenvolvidos no *notebook* para o I7188EXD e também para a utilização dos utilitários para configuração e testes do mesmo, foi utilizado um conversor de barramento modelo I7561 do fabricante ICPDAS. Esse conversor permite que dispositivos que se comunicam através de RS232, RS422 ou RS485 se comuniquem com outros compatíveis com o padrão USB (*Universal Serial Bus*). Como o *notebook* utilizado dispõem apenas de portas USB e o I7188EXD utiliza uma RS232 para configuração e atualização de software, esse conversor se fez necessário. Esse mesmo conversor também foi utilizado para configuração e testes dos módulos escravos, pois os mesmos são configurados e testados pela porta RS485 disponível no conversor.

3.2.3. Instrumentação

Bancadas de testes

Para efeito de simulação das grandezas de interesse, foram construídas três bancadas para testes do sistema, responsáveis pela geração de sinais elétricos. Uma permite gerar sinais analógicos da ordem de alguns volts, simulando assim os sinais gerados por parte dos instrumentos. Outra bancada possui chaves para simulação das entradas e saídas digitais, bem como dispositivos DC que possam ser acionados pela saída analógica dos módulos.

Bancada para testes das entradas analógicas do sistema

A bancada para gerar sinais analógicos é constituída por 16 potenciômetros lineares de 4.25 M Ω fixados na estrutura de uma caixa plástica, permitindo assim a simulação de até 16 entradas analógicas do sistema.

Um potenciômetro é um componente eletrônico que possui resistência elétrica ajustável conforme movimentação de sua haste central (cursor), permitindo que o seu valor seja máximo, 4.25 M Ω neste caso, ou mínimo (0 Ω). Desta forma é possível variar a tensão de saída no componente, permitindo ter valores intermediários proporcionais a posição de seu cursor.

Na estrutura dessa caixa plástica também foram fixados 3 conjuntos de bornes, dois de 10 terminais, para conexão das saídas analógicas e um de três terminais para conexão da fonte de alimentação externa, responsável pela geração do sinal elétrico.

Foi utilizada como fonte de alimentação externa uma fonte compacta com entrada de 110 / 220 VAC, e saída de 9 VDC com capacidade de 2 A, provendo assim 18 W de potência. A Figura 4 mostra a bancada montada.



Figura 4: Bancada para geração de sinais analógicos

Bancada para testes das entradas digitais do sistema

A bancada para testes das entradas digitais é constituída por 16 teclas bifuncionais, sendo uma delas pulsante e a outra liga / desliga. Essas teclas foram fixadas na estrutura de uma caixa plástica, permitindo assim a simulação de até 16 entradas digitais do sistema.

Na estrutura dessa caixa plástica também foram fixados 3 conjuntos de bornes, dois de 10 terminais, para conexão das teclas às entradas digitais e um de três terminais para conexão da fonte de alimentação externa, responsável pela geração do sinal elétrico.

Foi utilizada como fonte de alimentação externa uma fonte compacta com entrada de 110 / 220 VAC, e saída de 9 VDC com capacidade de 2 A, provendo assim 18 W de potência. A Figura 5 mostra esta bancada montada.



Figura 5: Bancada para geração de sinais digitais

Bancada para testes das saídas digitais do sistema

A bancada para testes das saídas digitais é constituída por 16 *LEDs* de cor vermelha, fixados na estrutura de uma caixa plástica, permitindo assim a simulação de até 16 saídas digitais. No terminal positivo de cada *LED* foi instalado um resistor de 300 Ω , com o intuito de limitar a corrente circulante no componente e assim prolongar sua vida útil.

Na estrutura dessa caixa plástica também foram fixados 3 conjuntos de bornes, dois de 10 terminais, para conexão das teclas às entradas digitais e um de três terminais para conexão da fonte de alimentação externa, responsável pela geração do sinal elétrico.

Foi utilizada como fonte de alimentação externa, compacta, com entrada de 110 / 220 VAC, e saída de 9 VDC com capacidade de 2 A, provendo assim 18 W de potência. A Figura 6 mostra esta bancada montada.



Figura 6: Bancada para testes das saídas digitais

Bancada para testes da saída analógica do sistema

Para testes da saída analógica considerou-se a utilização de um ventilador modelo RT-060 fabricado pela empresa Nework. Esse ventilador é capaz de fornecer 3.800 rotações x minuto⁻¹ com potência de 1,56 W (12 VDC de tensão nominal). Sua tensão mínima para operação é 5 VDC fornecendo assim 2400 rotações x minuto⁻¹, proporcionais à mesma.

Termopares

Neste trabalho foi considerada a temperatura externa e interna ao galpão, sendo estas lidas através de termopares tipo J com bitola 24 AWG da série TC-101 fornecido pela empresa SALCAS.

3.2.4. Rede Ethernet

Conforme mencionado, o módulo mestre é integrado ao computador central através de uma rede Ethernet IEEE 802.11b, que permite taxas de comunicação de até 11 Mbps. A Figura 7 ilustra a arquitetura geral prevista para o sistema, integrando os galpões ao sistema de supervisão.

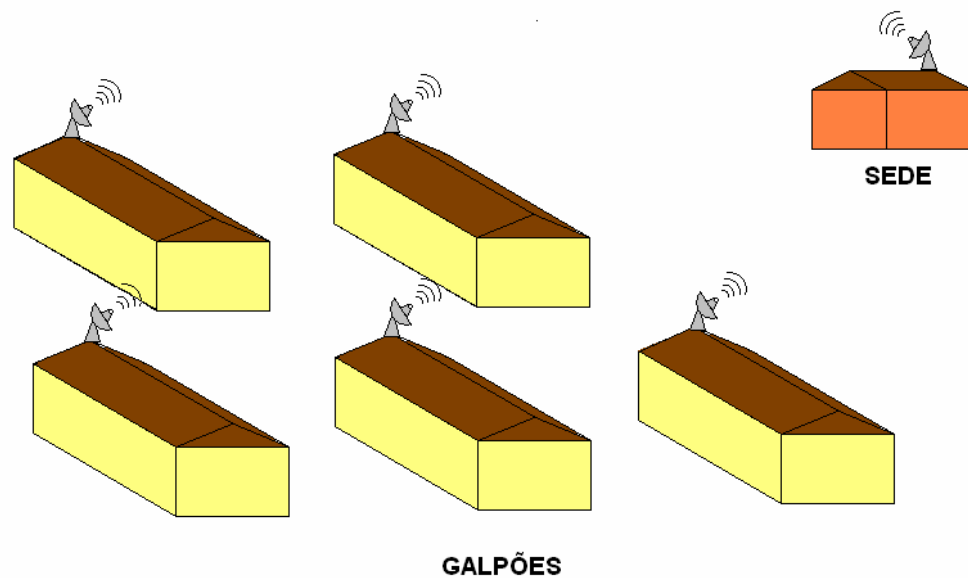


Figura 7: Comunicação entre os sistemas de gerenciamento instalados nos galpões e o supervisor (sede)

Como o módulo mestre já possui porta Ethernet IEEE 802.3, para a composição da rede proposta é necessário a utilização de um conversor de Ethernet IEEE 802.3 para Ethernet IEEE 802.11b. Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizado o conversor T316, apresentado na Figura 8.



Figura 8: Conversor T316 utilizado no trabalho

Esse conversor é “*driverless*”, ou seja, ele não depende da instalação de *drivers* para reconhecimento no sistema operacional MiniOS7 do I7188EXD. Sua configuração é feita via *browser* e para o sistema, tudo se passa como se estivesse implementada uma rede Ethernet IEEE 802.3, ou seja, ele é transparente na comunicação, simplesmente convertendo os sinais elétricos do padrão IEEE 802.3 para o IEEE 802.11b. Ele possui antena embutida, que permite o alcance de até 100 metros, o que é mais do que suficiente para os ensaios de laboratório. A seguir são apresentadas as principais características do T-316:

T-316

Características gerais:

- Conversor Ethernet IEEE 802.3 para IEEE 802.11b
- Suporta redes do tipo *Ad-hoc* e *Infrastructure*
- Alcance de até 100 m
- Conexão RJ45 para Ethernet 802.3
- Dimensões (a x l x p): 103 x 145 x 10 mm
- Peso: 250 g.
- Temperatura de Operação: 0 – 55 °C
- Umidade: 10 – 95%
- Consumo: 2,5 W (500 mA @ 5 V)

Características da interface *wireless*:

- IEEE 802.11b
- Método de espalhamento de espectro: DSSS (*Direct-Sequence Spread Spectrum*)
- Frequência de rádio ISM (*Industrial, Scientific, Medical*): 2.4 GHz
- Taxa de transferência de dados de até 11 Mbps
- Potência de transmissão da antena: 15 dbm

No *notebook* onde está instalado o sistema de supervisão utilizou-se um *Access Point* modelo NWH660 do fabricante ICPDAS mostrado na Figura 9:



Figura 9: *Access Point* NWH660 utilizado no trabalho

As principais características do NWH660 são:

- Compatibilidade com o padrão IEEE 802.11b
- Método de espalhamento de espectro: DSSS (*Direct-Sequence Spread Spectrum*)
- Frequência de rádio ISM (*Industrial, Scientific, Medical*): 2.4 GHz
- Potência máxima de transmissão: 100 mW
- Velocidade máxima para transmissão de dados: 11 Mbps
- Alcance máximo: 300 metros em áreas abertas

- Antena removível e bipolar
- Criptografia de dados e controle de conexão de novas estações na rede
- Temperatura de operação: 0 a 55 °C
- Alimentação / Consumo: 5 VDC / 5W

3.3. Softwares utilizados para o desenvolvimento

Módulo mestre

Para o desenvolvimento do programa do módulo mestre foi utilizado o Turbo C (TC) versão 1.01 da empresa Borland. O TC é um ambiente para desenvolvimento de programas escritos em linguagem C, que permite a edição, execução passo-a-passo, compilação, *linking* e construção do programa executável.

Além do ambiente de desenvolvimento (TC), foi utilizado o SDK (*Software Development Kit*) e utilitários fornecidos pelo fabricante do concentrador. Os recursos do SDK e do TC utilizados são apresentados nos Quadros 3, 4 e 5.

Quadro 3: Bibliotecas utilizadas no desenvolvimento do aplicativo para o módulo mestre

		lib	
Nome	Versão		Descrição
TCPIPL	1.3.4		Biblioteca contendo a implementação de funções TCP/IP utilizadas pelo módulo mestre
7188EL	1.6.7		Biblioteca contendo a implementação de funções de hardware do módulo mestre, entre elas comunicação serial
Vcom3223	3.0.6		Biblioteca contendo a implementação de funções de gerenciamento da comunicação TCP/IP do módulo mestre, baseadas na tecnologia Xserver
MBT7_170	3.4.8		Biblioteca contendo a implementação de funções Modbus do módulo mestre

Quadro 4: Arquivos de prototipação utilizados no desenvolvimento do aplicativo para o módulo mestre

header		
Nome	Versão	Descrição
7188e	1.7.8	Arquivo de prototipação das funções de hardware contidas na biblioteca 7188EL
vxcomm	3.0.6	Arquivo de prototipação das funções de gerenciamento da comunicação TCP/IP contidas na biblioteca Vcom3223
MBTCP	2.5.7	Arquivo de prototipação das funções Modbus contidas na biblioteca MBT7_170
stdio	1.3.6	Arquivo de prototipação das funções de entrada e saída da linguagem C
string	1.5.8	Arquivo de prototipação das funções para tratamento de texto da linguagem C
math	1.2.7	Arquivo de prototipação das funções matemáticas da linguagem C

Quadro 5: Utilitários empregados no desenvolvimento do aplicativo para o módulo mestre

Utilitários (SDK)		
Nome	Versão	Descrição
7188xw	1.3	Interface para conexão e controle via prompt do módulo mestre
Modbus Utility	2.7	Utilitário para configuração, comunicação e testes de comandos Modbus/TCP
NapOPC Server	3.6	Utilitário para configuração OPC
MiniOS7 Utility	2.5	Utilitário para atualização de firmware e atualização de programas no módulo mestre

Além dos utilitários apresentados no Quadro 5, utilizou-se o *HyperTerminal* versão 5.1, fornecido pela Microsoft e presente na instalação da maioria dos sistemas operacionais Windows. O *HyperTerminal* é um programa que pode ser utilizado para conectar um computador a outros computadores ou dispositivos usando um modem, uma porta RS232 ou uma conexão Ethernet. No desenvolvimento desse trabalho ele foi utilizado como ferramenta de depuração do programa instalado no concentrador de dados, que enviava mensagens de erro e status durante a execução de seu aplicativo pela porta RS232 do mesmo.

Outro utilitário fornecido pela Microsoft utilizado para verificação do funcionamento da comunicação Ethernet foi o “*ping*”. Com o “*ping*” é possível a verificação da conectividade de nível IP com outro computador ou dispositivo TCP/IP através do envio de mensagens de solicitação de eco de protocolo ICMP (protocolo de mensagens de controle da Internet). O protocolo ICMP é um protocolo de manutenção que relata erros e permite conectividade simples entre dispositivos TCP/IP. O utilitário “*ping*” foi amplamente utilizado nos testes da rede Ethernet formada pelo *notebook* e o concentrador.

Módulos escravos

Para configuração e testes dos módulos escravos utilizou-se a ferramenta *Dcon Utility* fornecida pelo fabricante dos mesmos.

Sistema para supervisão

O sistema de supervisão foi desenvolvido na plataforma Visual Basic (VB) versão 6.0, da empresa Microsoft. O VB é um ambiente de programação para sistemas operacionais Windows ou compatíveis, e possui recursos gráficos em abundância. A codificação dos programas no VB é feita através da linguagem Basic.

Entretanto, o VB não possui funções de supervisão nativas em seu ambiente. Para suprir essa necessidade foi utilizado um pacote de componentes *ActiveX* chamado DAQBench (versão 2.3), da empresa Adlink. Um componente *ActiveX* é uma unidade de código executável desenvolvida conforme a especificação *ActiveX* para o fornecimento de componentes compatíveis entre diversas plataformas de desenvolvimento. A tecnologia

ActiveX permite que os programadores acrescentem funcionalidades específicas aos seus projetos sem que tenham que conhecer a implementação das mesmas. O DAQBench acrescenta à plataforma VB mais de 30 componentes *ActiveX* para o desenvolvimento de sistemas de supervisão, inclusive elementos gráficos para representação de dispositivos do galpão em sua interface principal, facilitando a operação ao usuário.

Além dos componentes *ActiveX*, o DaqBench disponibiliza um utilitário para mapeamento das variáveis de campo em variáveis de software denominadas *tags*. Esse utilitário chama-se *Tag Utility* (versão 1.0) e suas funcionalidades serão melhor exploradas quando da apresentação do desenvolvimento do software de supervisão.

3.4. Montagem do sistema

A Figura 10 ilustra a interligação dos dispositivos utilizados para a composição do sistema interno aos galpões.

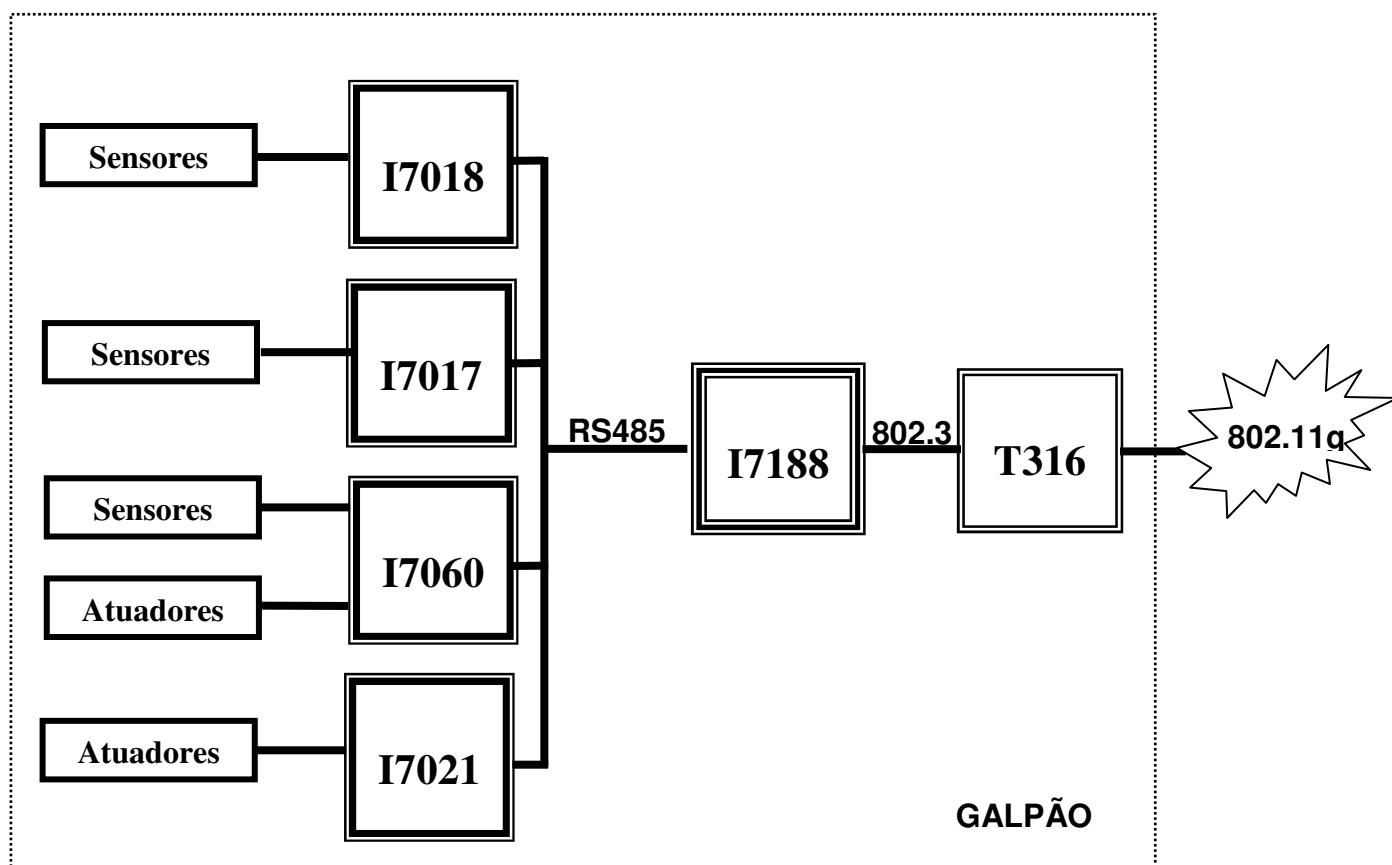
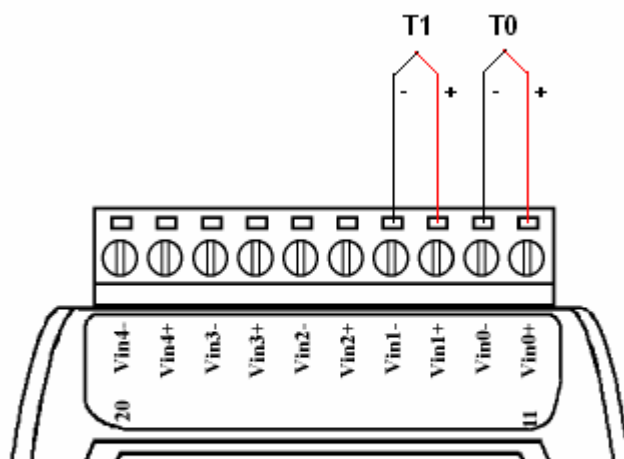


Figura 10: Interligação entre os dispositivos utilizados no galpão

Ligação dos termopares ao módulo I7018

O módulo I7018 permite a utilização de 8 termopares que podem ser instalados em diferentes pontos de interesse do galpão. Neste trabalho foi considerada a utilização de dois termopares tipo J para representação da temperatura externa e interna ao galpão, conectados, respectivamente, nas entradas analógicas VIn-0 e VIn-1 do módulo I7018, conforme a mostra a Figura 11.



T0: Termopar 0 (externo)

T1: Termopar 1 (interno)

Figura 11: Ligação dos termopares no módulo I7018

Observe que cada entrada do módulo I7018 possui uma conexão positiva e uma conexão negativa para a ligação do terminal positivo e do terminal negativo da junta de referência do termopar utilizado. A inversão de polaridade na ligação não danifica o aparelho, mas impede que a leitura seja efetuada, sinalizando temperatura nula.

Ligação da bancada para testes de entradas analógicas e módulo I7017

O módulo de entradas analógicas I7017 permite a conexão de até 8 sinais dessa natureza. Neste trabalho as grandezas analógicas consideradas foram: temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e luminosidade. Essas grandezas foram consideradas interna e externamente ao galpão, totalizando assim o uso de 6 entradas do módulo I7017 e duas do módulo I7018, conforme mostrado na Figura 11.

Os valores dessas grandezas foram simulados utilizando-se a bancada apresentada na figura 4 deste capítulo, sendo utilizadas suas saídas e entradas conforme o Quadro 6.

Quadro 6: Ligação da bancada para simulação das entradas analógicas do módulo I7017

		Ambiente externo			Ambiente interno	
		Umidade	Velocidade do vento	Luminosidade	Umidade	Velocidade do vento
Bancada I7017	Botão 0	Botão 1	Botão 2	Botão 3	Botão 4	Botão 5
	Canal 0	Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 5

A Figura 12 ilustra a conexão dos canais 1 a 4 do módulo I7017 à bancada, sendo similar para os demais canais não apresentados.

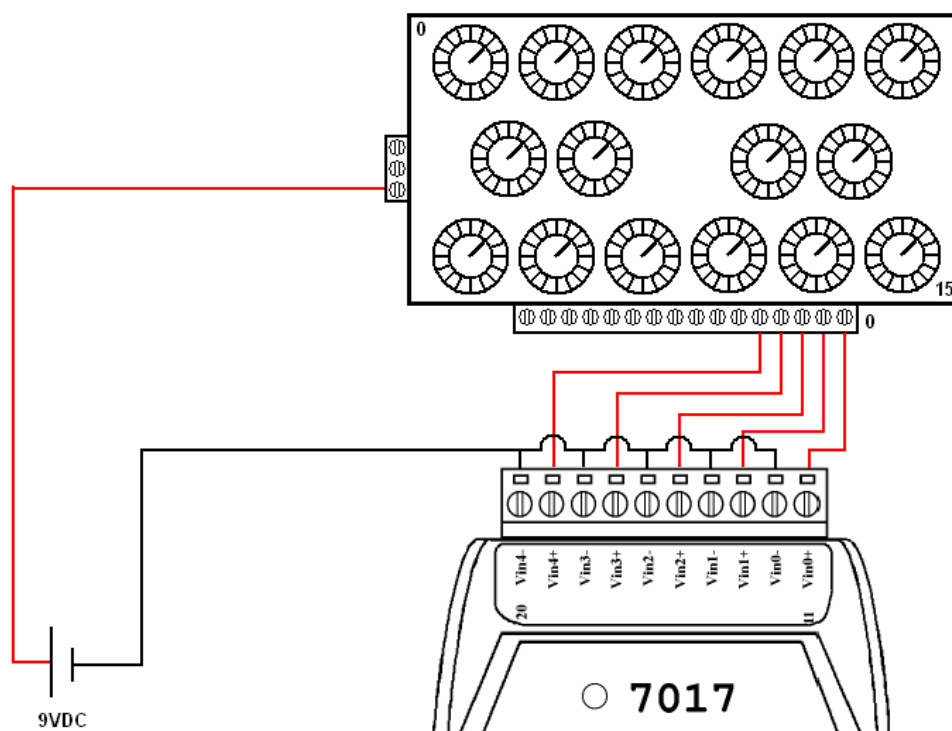


Figura 12: Conexão entre a bancada e o módulo I7017

Ligação da bancada para testes de entradas digitais e módulo I7060

Duas das quatro entradas digitais do módulo I7060 foram utilizadas para monitoração da posição das cortinas (abertas ou fechadas) e também para monitoração da porta de acesso. A Figura 13 ilustra a ligação entre a bancada para simulação (Figura 5) e as entradas digitais do I7060.

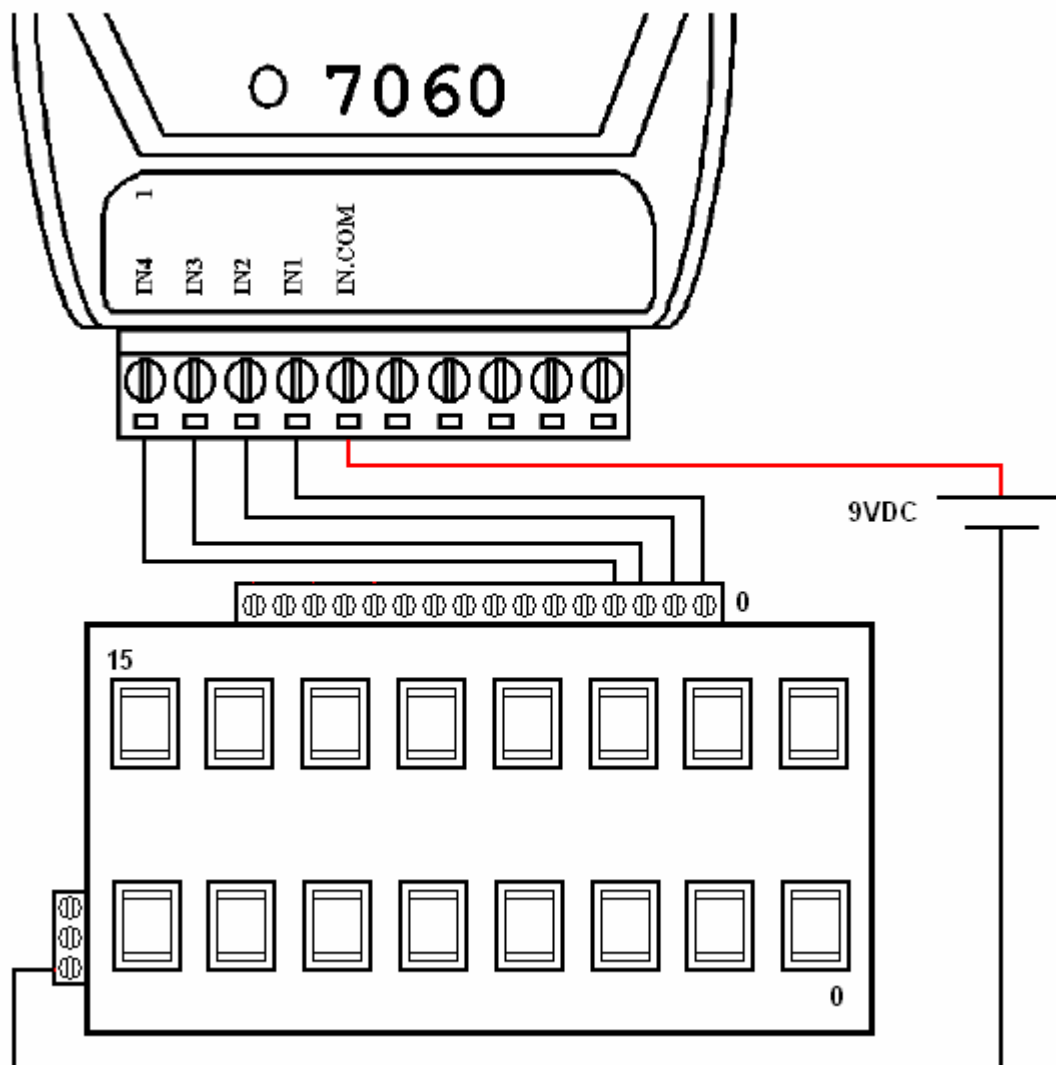


Figura 13: Conexão entre a bancada e o módulo I7060

A entrada digital IN1 do módulo I7060 recebe o sinal da tecla 0 da bancada, que representa a posição das cortinas. Já a entrada digital IN2 do módulo I7060 recebe o sinal da tecla 1 da bancada, que representa o estado da porta de acesso ao galpão (aberta/fechada).

Ligação da bancada para testes de saídas digitais e módulo I7060

As saídas digitais do módulo I7060 foram utilizadas para o acionamento da iluminação, sistema de aquecimento e cortinas. Para representação destes elementos no desenvolvimento deste trabalho foi feita a conexão das saídas digitais do módulo à bancada

apresentada na Figura 6 deste capítulo. A Figura 14 ilustra a ligação entre o módulo I7060 e a bancada.

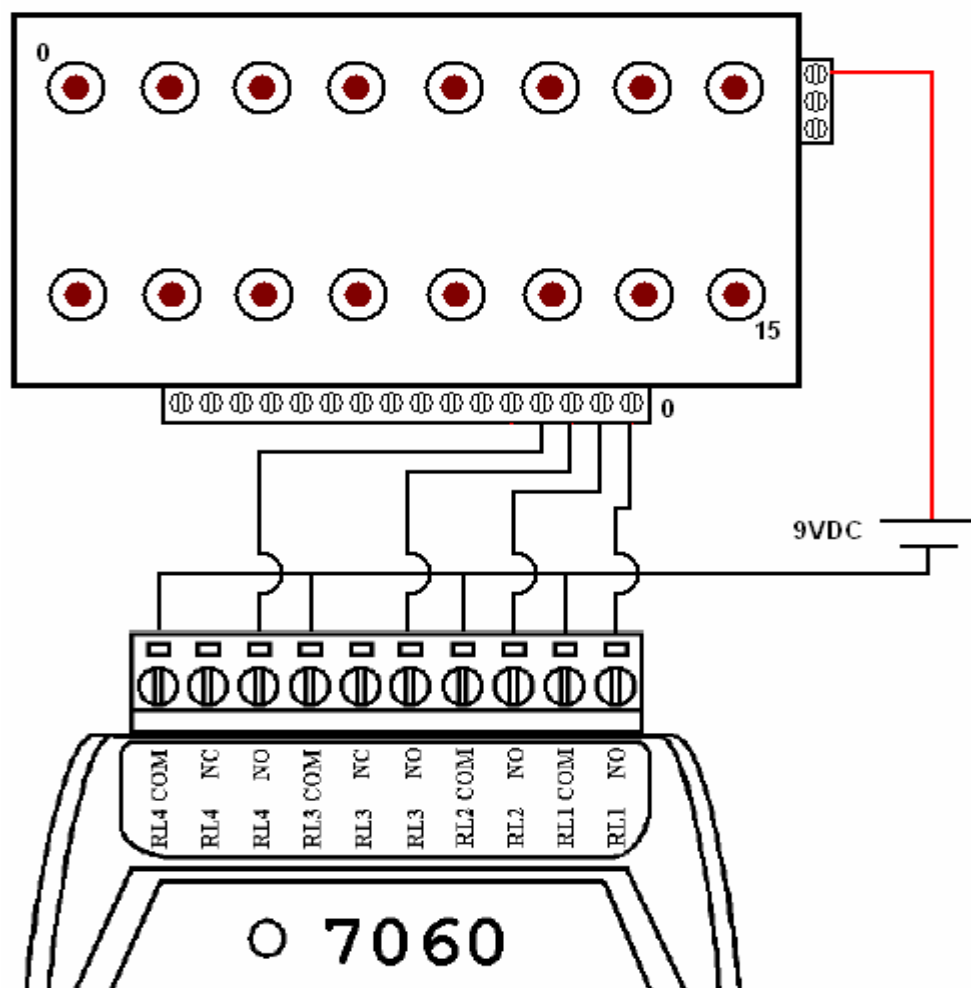


Figura 14: Ligação entre a bancada de testes e as saídas digitais do módulo I7060

As saídas digitais do módulo são do tipo relé, e identificadas como RLn , onde n identifica numericamente a saída de 1 a 4. Cada relé possui uma conexão comum, $RLn\ COM$, onde é conectado o pólo negativo da fonte 9 VDC. Quando uma das saídas digitais é acionada, o sinal $RLn\ COM$ é conectado internamente ao terminal $RLn\ NO$, que é chamado de “estado normalmente aberto” (*normally open*). Essas foram as posições dos relés utilizadas neste trabalho, de forma que ao comando de acionamento de uma das saídas digitais do módulo, ora conecta-se $RLn\ COM$ a $RLn\ NO$ ora desconecta-se, ligando-se e desligando-se assim o aparelho a ela ligado. O Quadro 7 mostra a relação entre os dispositivos e as saídas digitais utilizadas.

Quadro 7: Relação entre as entradas da bancada e saídas do módulo I7060

	Aquecedor	Luzes	Cortinas
Bancada	Led 0	Led 1	Led 2
Módulo	Saída 1 (RL1 NO/RL1 COM)	Saída 2 (RL2 NO/RL2 COM)	Saída 3 (RL3 NO/RL3 COM)

Ligação da bancada para testes da saída analógica e módulo I7021

A saída analógica do módulo I7021 foi utilizada para variar a velocidade do ventilador 12VDC – 3800 rpm utilizado para representar o sistema de ventilação do galpão. A ligação entre a saída analógica do módulo e o ventilador é mostrada na Figura 15.

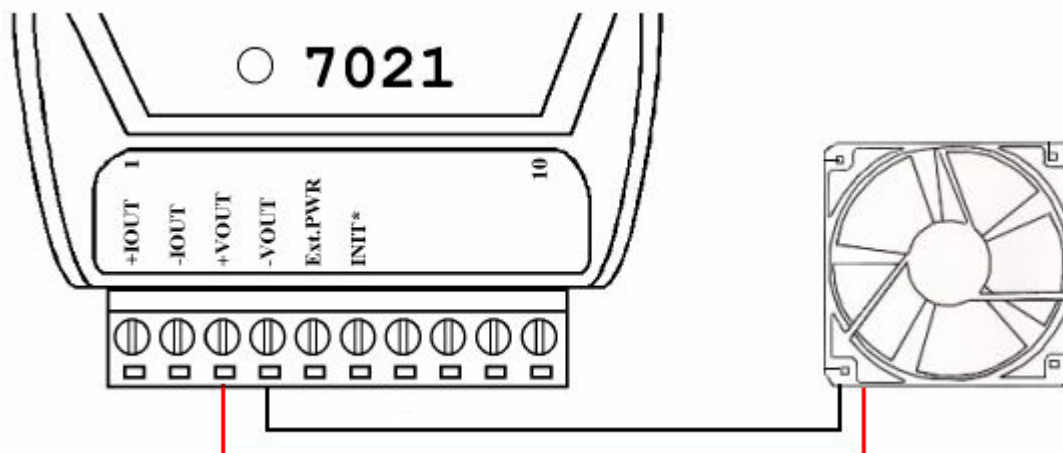


Figura 15: Ligação da saída analógica do módulo I7021

Ligação da rede RS485 e alimentação dos módulos escravos

Os módulos escravos possuem a identificação descrita na Figura 16.

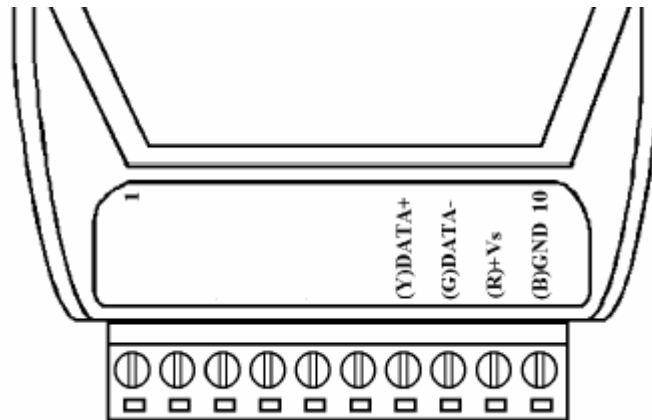


Figura 16: Identificação das conexões dos módulos escravos

Na Figura 16, (Y)Data+ e (G)Data- correspondem, respectivamente, aos terminais positivo e negativo da rede RS485, enquanto que os terminais (R)+Vs e (B)GND correspondem, respectivamente, aos terminais positivo e negativo para alimentação dos módulos. Uma vez que a RS485 permite a ligação em cascata dos módulos, isto é, a ligação como se os mesmos fossem derivados de uma barramento principal, a ligação de todos os módulos fica como ilustrado na Figura 17.

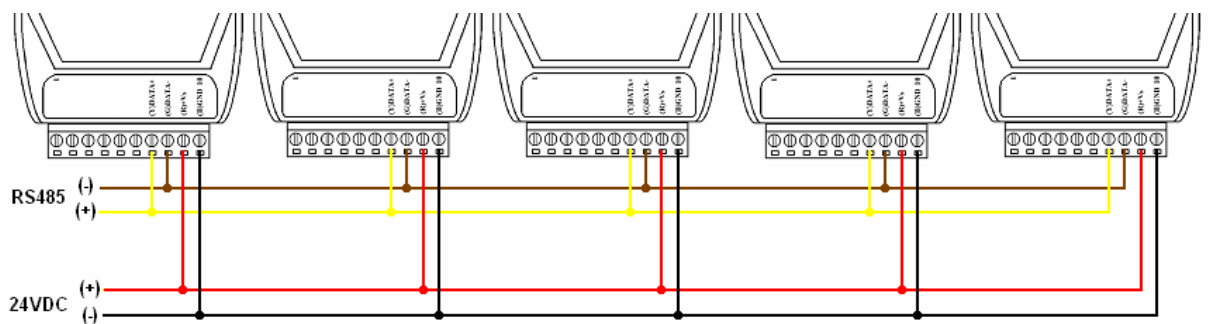


Figura 17: Ligação da rede RS485 e alimentação dos módulos escravos

Ligação da rede RS485 e alimentação do módulo mestre

No módulo mestre, os terminais positivo e negativo da RS485 são identificados como, respectivamente, D2+ e D2- e a os terminais positivo e negativo da alimentação como (R)Vs+ e (B)GND, conforme indicado na Figura 18.

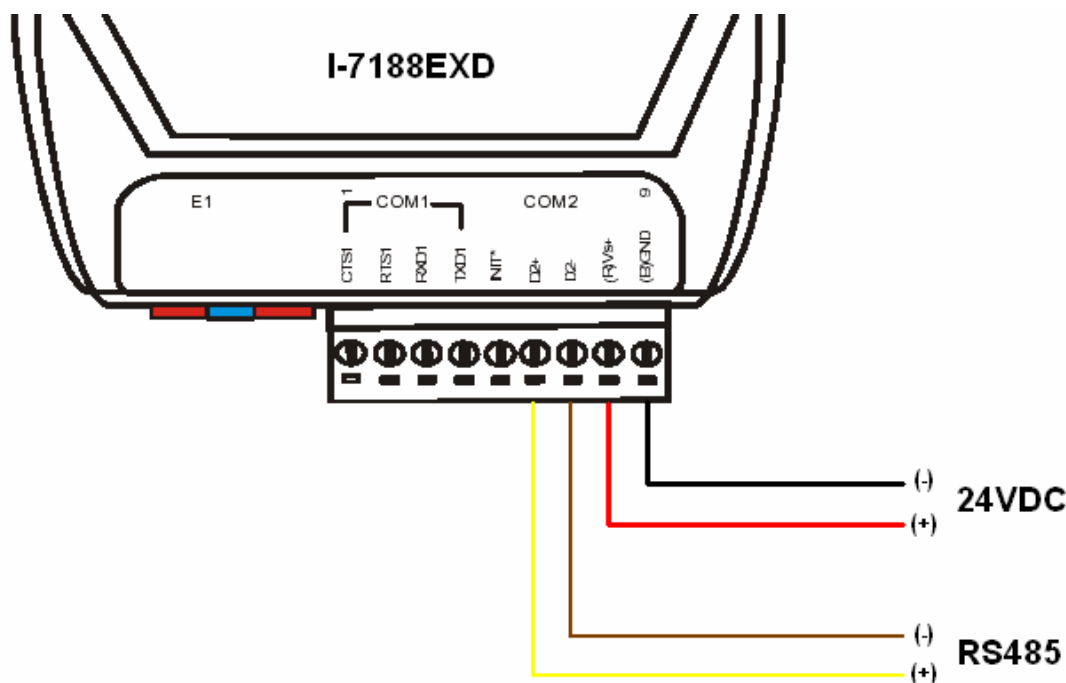


Figura 18: Ligação da RS485 e alimentação do módulo mestre

Ligação da RS232 e chave para modo operação/programação do módulo mestre

O módulo mestre possui dois modos de utilização: operação e programação. No modo programação o módulo pode receber atualizações do programa de gerenciamento local pela RS232 (COM1) e também permite que sejam feitas configurações de seus recursos (endereço IP, *baud rate*) e também verificações de uso da memória e comunicação com módulos escravos.

No modo operação o módulo executa permanentemente o aplicativo transferido para o mesmo, podendo utilizar a RS232 para comunicação com outros dispositivos (não somente para a atualização de aplicativo como no modo programação).

Para a colocar o módulo no modo programação é necessário conectar o GND do mesmo a um pino denominado INIT e reiniciar o módulo. Nesta situação a RS232 fica disponível para comunicação com os utilitários do PC. Na comunicação RS232, o sinal Rx do PC deve ser conectado ao Tx do módulo e o sinal Tx do PC deve ser conectado ao Rx do módulo. O GND do PC também deve ser conectado ao GND do módulo, conforme indicado na Figura 19.

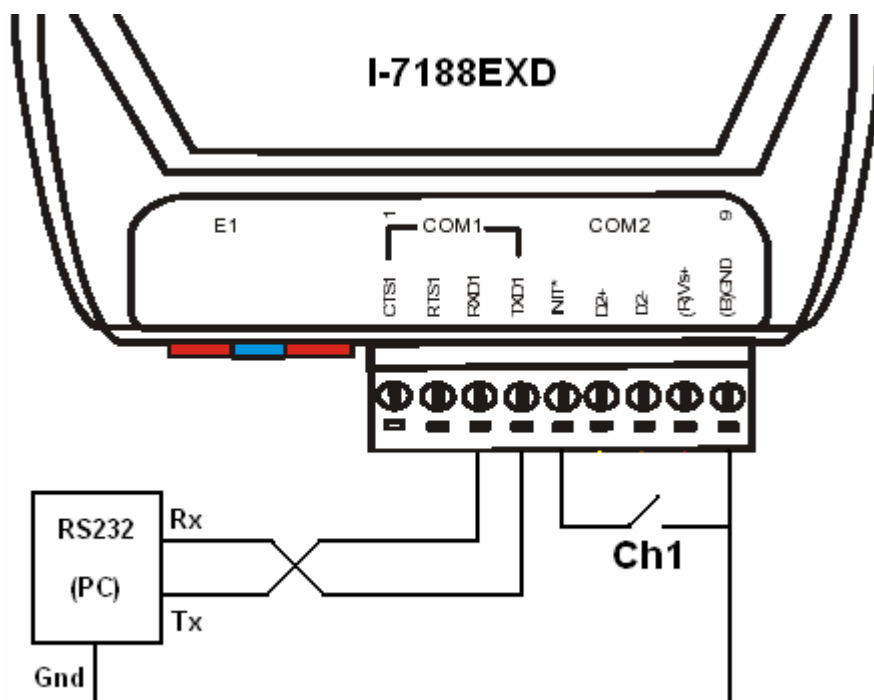


Figura 19: Ligação da RS232 e chave de operação do módulo mestre

Para alternar entre o modo operação e programação foi instalada uma chave liga/desliga (Ch1) de forma a conectar e desconectar o GND do módulo ao INIT do mesmo.

Ligação do T316 com o módulo mestre e do NWH660 com o notebook

Para a ligação dos conversores, tanto no *notebook* quanto no módulo mestre utiliza-se um cabo Ethernet cruzado. O cabo Ethernet é formado por dois conectores RJ45 e cabo UTP (*Unshielded Twisted Pair*) de 8 vias. Entretanto, para que o mesmo seja cruzado, uma de suas pontas deve ser ligada conforme o padrão T568B e a outra conforme o padrão T568A, conforme descrito no Quadro 8.

Quadro 8: Pinagem do cabo na ligação entre o T316 e o módulo mestre

T568B			T568A		
Via	Cor	Sinal	Via	Cor	Sinal
1	Branco e Laranja	Tx+	1	Branco e Verde	Rx+
2	Laranja	Tx-	2	Verde	Rx-
3	Branco e Verde	Rx+	3	Branco e Laranja	Tx+
4	Azul		4	Azul	
5	Branco e Azul		5	Branco e Azul	
6	Verde	Rx-	6	Laranja	Tx-
7	Branco e Marrom		7	Branco e Marrom	
8	Marrom		8	Marrom	

Montagem final do sistema

Depois de efetuadas as ligações conforme descrito nos itens anteriores, a montagem final do sistema é apresentada na Figura 20.



Figura 20: Montagem final do sistema

3.5. Configuração de cada item de hardware para utilização no ambiente

Configuração do conversor T316 e do NWH660

Os conversores Ethernet possuem um utilitário de configuração acessado via *browser* que permite a definição de parâmetros básicos da rede *wireless* da qual eles pertencem. Utilizando-se o endereço IP *default* do T316, foram feitas as seguintes configurações para os módulos:

SSID (Service Set ID): esse é nome da rede *wireless* da qual o conversor e o *Access Point* fazem parte. Os dois dispositivos devem ter o mesmo *SSID* para que a comunicação entre os mesmos seja estabelecida. No desenvolvimento deste trabalho foi utilizado o *SSID* “FEAGRI” para os mesmos.

Operation Mode: entre os dois disponíveis (*Ad hoc* e *Infrastructure*) selecionou-se o *Infrastructure* em função da arquitetura da rede *wireless* utilizada, com a utilização de *Access Point* e discutida adiante neste capítulo.

Channel: os dois módulos foram configurados para operarem no canal 6.

IP: foram configurados endereços IP seguindo o mesmo padrão utilizado pelo *notebook* (192.168.10.X). O endereço IP dos dispositivos não interfere na comunicação entre o *notebook* e o módulo mestre. Eles são utilizados apenas para dar acesso às páginas de configuração dos módulos T316 e NWH660.

Para o módulo NWH660, além dos itens acima foi ativada a proteção de *SSID* e o filtro de endereços MAC, permitindo que apenas o T316 se conecte a rede “FEAGRI”.

Configuração dos módulos escravos

A configuração dos módulos escravos é feita através do utilitário DCON Utility. Esse utilitário faz uma varredura do barramento RS485, listando os módulos encontrados. Através de um clique duplo em cima de um dos módulos encontrados, abre-se uma janela com configurações particulares de acordo com o modelo do módulo. Segundo o protocolo do fabricante, cada módulo escravo recebe um único número que o identifica na rede RS485, que

é o seu endereço. Além do endereço, para cada módulo foi ajustado o *baud rate* (9600 kbps) e o *checksum (disable)* para o estabelecimento da comunicação. Uma vez configurada a rede, passou-se a definir características particulares de cada módulo, conforme mostra o Quadro 9.

Quadro 9: Configuração utilizada nos módulos escravos

Parâmetro	I7018	I7017	I7060	I7021
Address	0	1	2	3
Input Range	T/C J-type	+/-10V	N.A.	N.A.
Output Range	N.A.	N.A.	N.A.	0~10V
Data Format	Engineering	Engineering	N.A.	Engineering

Configuração do módulo mestre

Atualização do *firmware*

O módulo mestre I7188EXD não possui funções Modbus nativas em seu *firmware* padrão. Para utiliza-las, fez-se necessária a atualização do *firmware* do módulo, utilizando-se a última versão disponibilizada no *website* do fabricante.

A partir do utilitário *MiniOS7*, acessa-se o conteúdo do diretório onde o *firmware* atualizado foi salvo e então, clicando-se com o botão direito do mouse, seleciona-se a opção *Update MiniOS7 Image*, procedendo-se assim a atualização.

Configuração das portas Modbus

Utiliza-se o *Modbus Utility* para configurar as portas de comunicação do módulo mestre. A comunicação do utilitário com o módulo é feita através da porta Ethernet, conectando-se através do endereço IP do módulo. Uma vez conectado, define-se o *NetID* do mesmo, sendo este o endereço Modbus/TCP do módulo no caso da utilização de mais de um na rede Modbus/TCP. Feito isso, efetua-se o mapeamento das portas de comunicação do I7188EXD, procedimento que define como tais portas serão utilizadas pelo sistema. Como o

I7188EXD possui apenas duas portas seriais, para o desenvolvimento deste trabalho configurou-se a RS485 como *programming* e a RS232 como *Debug*. Configurar a RS485 no modo *programming* significa informar o *firmware* do I7188EXD que esta porta estará disponível para o aplicativo desenvolvido pelo usuário. Já o modo *Debug*, aplicado à RS232, informa ao *firmware* do I7188EXD que esta porta será utilizada para o envio de mensagens do sistema, sinalizando anormalidades ou informação.

3.6. Desenvolvimento do aplicativo executado no módulo mestre

Essencialmente, o módulo mestre é o responsável pelo gerenciamento dos módulos escravos e comunicação com o sistema de supervisão. O gerenciamento dos módulos escravos significa o envio de comandos para os mesmos, ora solicitando dados, ora solicitando ações. A comunicação com o sistema de supervisão se caracteriza pelo envio de valores coletados dos módulos escravos e pelo recebimento de valores de referência (*setpoints*) utilizados como parâmetros de decisão para o módulo mestre. O fluxograma de operação deste sistema é apresentado na Figura 21, e ilustra as principais rotinas seguidas pelo módulo mestre. A Figura 22 ilustra com mais detalhes a comunicação do módulo mestre com o sistema de supervisão e com os módulos escravos.

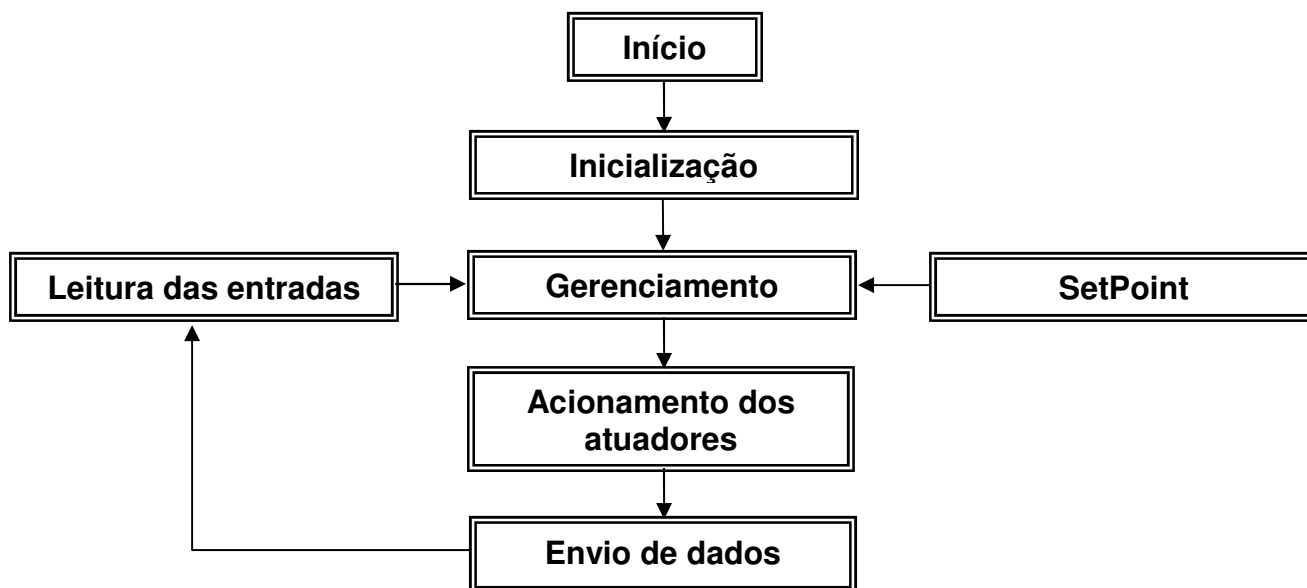


Figura 21: Fluxograma do sistema interno ao galpão

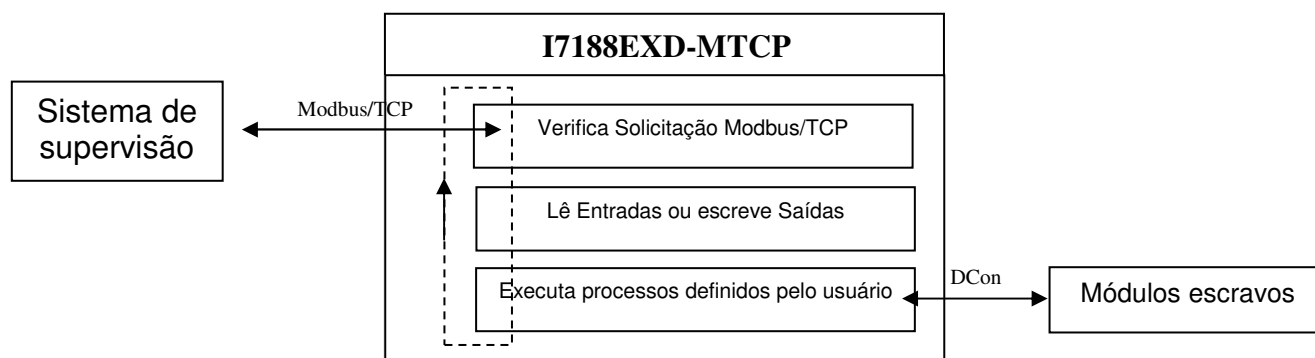


Figura 22: Comunicação do módulo mestre com o sistema de supervisão e com os módulos escravos

Essa rotina foi implementada em linguagem C e o executável gerado pelo compilador Turbo C, versão 1.1, da empresa Borland. Este *software* não tem nenhuma interface local com o usuário, e é executado automática e permanentemente sempre que o *hardware* for energizado.

3.6.1. A configuração do Turbo C

Para compilação do projeto no Turbo C é necessário configurar alguns parâmetros do mesmo a fim de adequar o arquivo executável gerado ao hardware onde o mesmo será aplicado. Essa configuração relaciona-se essencialmente a forma de endereçamento da memória do módulo, a intensidade de uso da mesma pelo programa gerado, ao tratamento de ponto flutuante e ao tamanho do arquivo gerado.

Como o programa desenvolvido utiliza diversas funções para comunicação Ethernet/TCP e o mapeamento Modbus também aloca várias posições para cada tipo de dado, optou-se pela geração de código segundo o modelo *Large*, voltado para aplicações que ocupem mais de 100 kb de memória, consideradas grandes, e com uso intenso da mesma. Apenas como referência, a aplicação desenvolvida ocupa o espaço de 261 kb, que é mais do que 50% da memória disponível no módulo.

Para a compilação do programa também foi necessário informar ao Turbo C que o executável gerado era destinado a uma CPU 80186 e que o tratamento de ponto flutuante deveria ser tratado pelo co-processador matemático ou emulado na ausência deste. Essa configuração foi feita nas opções avançadas para geração de código.

Para contribuir com a redução do tamanho final do arquivo executável, as opções de *debug* do código fonte foram desabilitadas para compilação final do código.

O arquivo de projeto criado, FEAGRI.prj, inclui os seguintes fontes e bibliotecas: user.c, v7000.c, VCOM3223.lib, 7188EL.lib, MBT7_170.lib e TCPIPL.lib.

3.6.2. O protocolo Modbus

A empresa Modicom lançou o protocolo Modbus no mercado em 1979, inicialmente voltado para comunicação entre seus próprios controladores. Apesar disso, sua especificação foi aberta a todos desde o início. Também teve a facilidade de operação e manutenção rapidamente reconhecida pelos usuários.

Em decorrência desses fatores, acabou se tornando um padrão por diversos fabricantes de dispositivos, o que só veio a consolidar sua popularidade no desenvolvimento de soluções em automação em todos os níveis de comunicação.

Atualmente existem três versões do protocolo Modbus, conforme pode ser verificado no Quadro 10.

Quadro 10: Tipos e características do protocolo Modbus

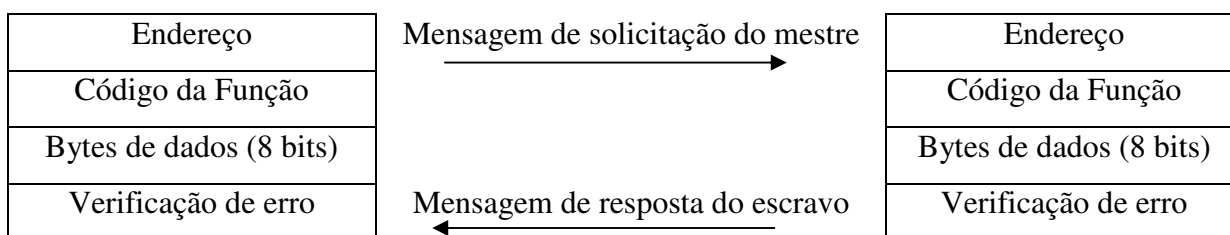
Modbus	Aplicação	Meio físico	Controle de acesso ao meio físico
Padrão	Comunicação de controladores de campo e dispositivos de entrada e saída de dados	RS232 ou RS485	Mestre-escravo
Plus	Comunicação entre controladores de campo	RS485 (1 Mbps)	HDLC (<i>High Level Data Link</i>)
TCP	Comunicação entre controladores de campo e sistemas de supervisão	Ethernet	CSMA/CD

O protocolo Modbus padrão

O protocolo Modbus padrão define uma estrutura de mensagens de comunicação utilizadas para transferir dados discretos e analógicos entre dispositivos microprocessados contendo detecção e informação de erros de transmissão.

Essencialmente, o protocolo determina como o dispositivo reconhecerá uma mensagem endereçada a ele, como determinará o tipo de ação a ser tomada e como extrair o dado ou outra informação qualquer contida na mensagem. Se uma resposta é necessária, como o dispositivo construirá uma mensagem e a enviará. Essa estrutura é representada no Quadro 11.

Quadro 11: Estrutura de mensagens do protocolo Modbus



Na mensagem de consulta, o código de função informa ao dispositivo escravo com o respectivo endereço qual a ação a ser executada. Os bytes de dados contêm informações sobre o escravo, por exemplo, qual o registrador inicial e a quantidade de registros a serem lidos. O campo de verificação de erro permite ao escravo validar os dados recebidos.

Na mensagem de resposta, o código de função é repetido de volta ao mestre. Os bytes de dados contêm os dados coletados pelo escravo ou o seu estado. Se um erro ocorre, o código de função é modificado para indicar que a resposta é uma resposta de erro e o byte de dados contém um código que descreverá o erro. A validação de erro permite que o mestre valide os dados recebidos.

O protocolo Modbus padrão possui duas versões, diferenciadas de acordo com seu modo de transmissão: RTU e ASCII. No Modbus/RTU o *frame* de dados é formado por um byte composto por dois dígitos hexadecimais enquanto que no Modbus/ASCII o *frame* é formado por um byte composto por um único caractere ASCII (de 0 a 9 ou de A a F). O Quadro 12 ilustra os *frames* de dados mencionados acima:

Quadro 12: *Frame* de dados do protocolo Modbus RTU e ASCII

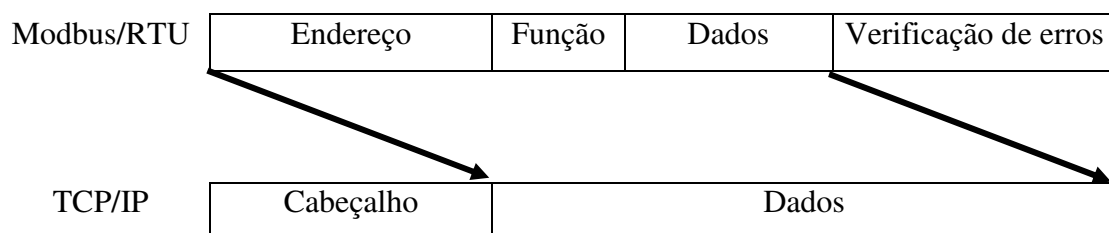
Modbus/RTU	<i>Start</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	<i>Parity</i>	<i>Stop</i>
Modbus/ASCII	<i>Start</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	<i>Parity</i>	<i>Stop</i>

Conforme pode ser visto no Quadro 12, o *frame* de dados do Modbus/RTU consegue transmitir o dobro de informações do que o Modbus/ASCII consegue. Por esse motivo o Modbus/RTU se popularizou muito mais e sua estrutura foi utilizada como base para a formação do Modbus Plus e do Modbus/TCP.

O protocolo Modbus / TCP

A implementação do protocolo Modbus/TCP, essencialmente, empacota o *frame* de dados do Modbus/RTU no *frame* de dados do protocolo TCP/IP, conforme mostra o Quadro 13. Essa forma de implementação concede ao Modbus/TCP todas as características da rede TCP/IP, inclusive a arquitetura cliente/servidor, diferente da rede Modbus padrão, baseada no modelo mestre/escravo.

Quadro 13: Relação entre o protocolo Modbus / RTU e o Modbus / TCP



Desta forma, o comando Modbus/RTU é empacotado no pacote TCP/IP, que é enviado pelo sistema de supervisão (cliente) para a porta 502 do I7188EXD_MTCP (servidor), que responde com o dado solicitado empacotado da mesma forma.

Os registradores Modbus

Numa rede Modbus, todo dispositivo tem sua memória dividida em 4 tipos de registradores de dados e para cada tipo de registrador existem endereços definidos e comandos de leitura e escrita, conforme pode ser verificado no Quadro 14.

Quadro 14: Os tipos de registradores Modbus

Endereço dos Registradores	Memória do dispositivo	Comandos	
		Leitura	Escrita
0XXXX	Saídas Digitais	1	5 (única), 15 (múltiplas)
1XXXX	Entradas Digitais	2	-
3XXXX	Entradas Analógicas	4	-
4XXXX	Registradores de Memória	3	6 (único), 16 (múltiplos)

No módulo I7188EXD-MTCP esses registradores são mapeados para variáveis internas denominadas *iMemory_XX*, onde *XX* representa o seu tipo (DI, DO, AI, AO). Quando o módulo recebe um comando Modbus, o seu *kernel* automaticamente identifica a qual registrador o comando se destina e atua na variável *iMemory_XX* correspondente. Os valores das variáveis *iMemory_XX* também são alterados de acordo com o processo através do protocolo DCON, conforme será explicado adiante. A Figura 23 ilustra a ligação entre as variáveis internas do módulo e os registradores Modbus:

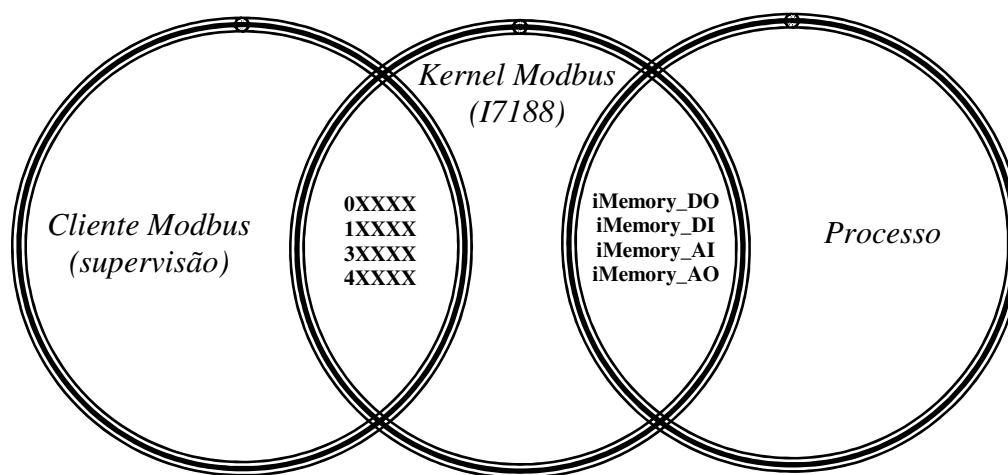


Figura 23: Relação entre as variáveis internas do módulo mestre e os registradores Modbus

Os valores de processo são atribuídos às variáveis iMemory_XX através de comandos enviados aos módulos escravos utilizando o protocolo DCON. Esse protocolo é proprietário, desenvolvido pelo fabricante e utiliza a arquitetura mestre/escravo como controle de acesso ao meio, sendo seus comandos formados por caracteres ASCII, contendo um identificador, um endereço e o comando propriamente dito. As respostas seguem o mesmo padrão. O DCON pode ser implementado em RS232, RS485 e Ethernet. Neste trabalho, o I7188EXD envia os comandos DCON para os módulos escravos através da RS485 (COM2) do mesmo, solicitando valores associados a cada uma das entradas dos módulos escravos. Estes respondem ao I7188EXD que, por sua vez, atualiza a tabela Modbus com os valores recebidos. O Quadro 15 apresenta o mapeamento Modbus utilizado no desenvolvimento deste trabalho:

Quadro 15: Relação entre as variáveis internas do módulo mestre e os registradores Modbus

Vetor interno	Identificador Modbus	Função
iMemory_AI[0~7]	30001~30008	Armazena os valores dos termopares, associados as entradas analógicas do módulo escravo I7018.
iMemory_AI[8~15]	30009~30016	Armazena os valores das entradas analógicas, associadas as entradas do módulo escravo I7017.
iMemory_AO[0]	40001	Armazena o valor de tensão a ser aplicado a saída analógica do módulo escravo I-7021.
iMemory_AO[51~66]	40051~40066	Armazena os valores de referência (máximo e mínimo) para as entradas analógicas do módulo I7018 (termopares)
iMemory_AO[67~82]	40067~40082	Armazena os valores de referência (máximo e mínimo) para as entradas analógicas do módulo I7017
iMemory_DI[0~3]	10001~10004	Armazena o estado das entradas digitais do módulo I7060
iMemory_DO[0~3]	00001~00004	Armazena o estado das saídas digitais do módulo I7060
iMemory_DO[50]	00050	Variável interna cujo estado (Verdadeiro/Falso) permite que os valores de referência iMemory_AO(51~82) sejam salvos na EEPROM

A estrutura do programa Modbus/TCP

O fabricante disponibiliza uma biblioteca que gerencia todo processo de comunicação TCP/IP do módulo. Essa biblioteca é inserida no projeto C e inclui no programa executável gerado toda funcionalidade TCP/IP requerida pela aplicação, permitindo que o desenvolvimento se concentre nas funções centrais da mesma. Esse recurso é chamado *Xserver* e encontra-se implementado na biblioteca VCOM3223. Essencialmente a VCOM3223 centraliza toda interface TCP/IP do módulo, disponibilizando um conjunto de funções para implementação de rotinas específicas da aplicação, disponíveis no arquivo de projeto user.c, conforme pode ser verificado na Figura 24.

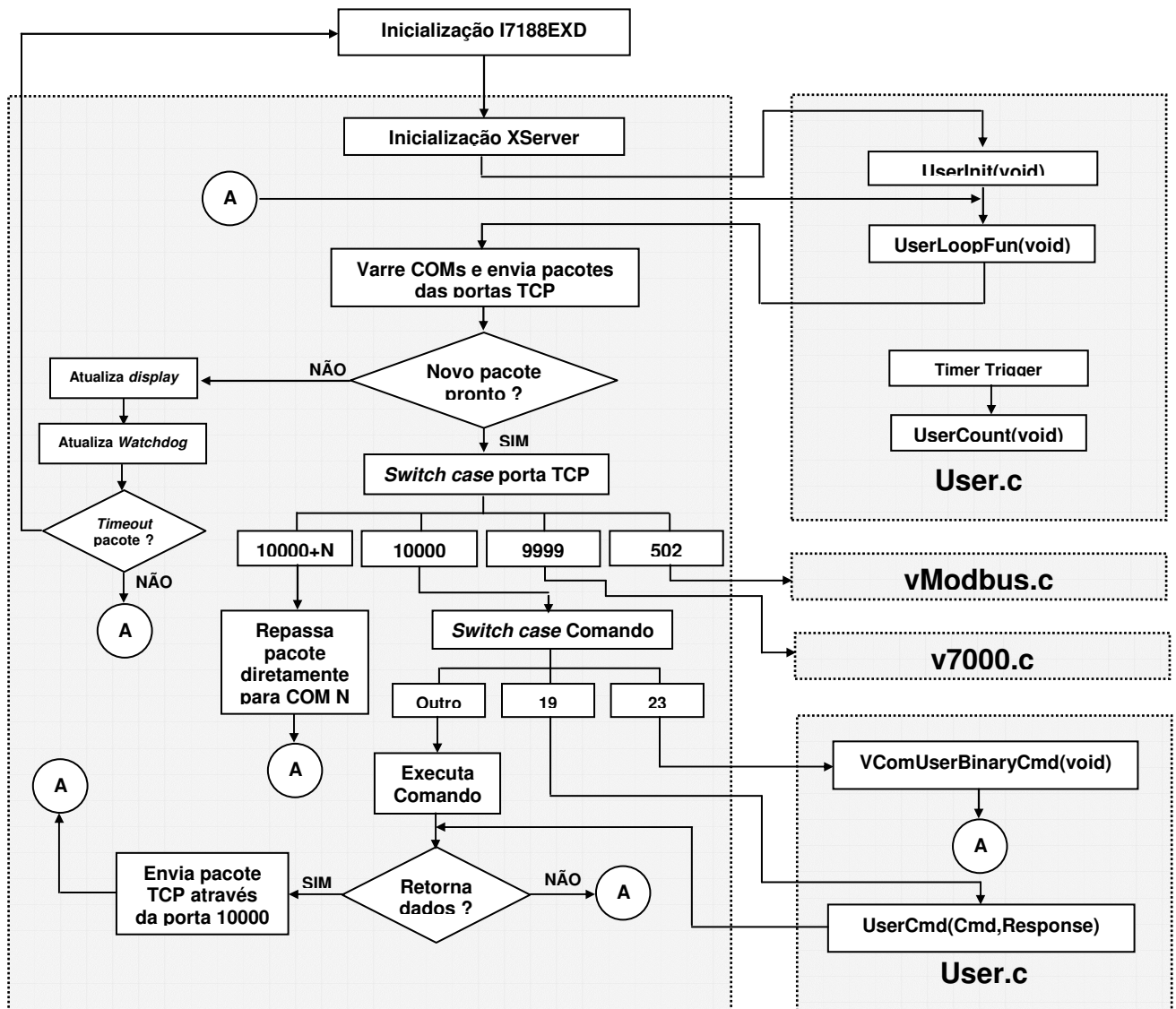


Figura 24: Estrutura interna da biblioteca VCOM3223

As funções de interface com o XServer estão disponíveis nos arquivos de implementação (com extensão .c). Nelas implementou-se as funcionalidades específicas da aplicação. As funções de interface utilizadas no desenvolvimento deste trabalho foram as seguintes:

User.c

UserInit(void): essa função é executada toda vez que o módulo é inicializado. Portanto, todos os valores iniciais e status inicial devem ser definidos nesta função. No desenvolvimento deste trabalho, essa função foi utilizada para inicialização da tabela Modbus do dispositivo e configuração das portas seriais. Nesta função também é chamada uma outra, responsável pela leitura dos valores de referência gravados na EEPROM do módulo e atribuição dos mesmos a parte da tabela Modbus, como será visto adiante.

UserLoopFun(void): essa função é executada a cada varredura das portas COM realizada pelo módulo. Nela foi implementada a rotina de comunicação com os módulos da família 7000, baseada no protocolo DCON, e a atribuição dos valores de processo à tabela Modbus.

ScanUserProcess(iProcess): essa função é chamada dentro da UserLoopFun(void) e utilizada para implementar, efetivamente, a rotina de comunicação com os módulos escravos e a atualização dos valores de processo da tabela Modbus.

Modbus_Request_Event(cmd,lng): essa função é executada quando o módulo mestre manda um comando Modbus/RTU. Ela não foi utilizada no desenvolvimento deste trabalho, uma vez que a comunicação com os módulos escravos utiliza o protocolo proprietário DCOM.

Modbus_Response_Event(ans,lng): essa função é executada todas as vezes que o módulo mestre recebe um comando Modbus. Quando isso ocorre ela verifica se o comando é o 5 (Atualiza diversos elementos da tabela Modbus) e se o endereço 50 contém o valor TRUE. Nesta condição, a função para salvar dados na EEPROM é chamada, gravando os valores de referência da tabela Modbus no módulo.

Além destas funções de interface, foram criadas outras funções auxiliares específicas, descritas a seguir:

Multi_Read_Alarm(void): essa função grava os valores de referência da tabela Modbus na memória EEPROM do módulo, afim de que *setup* do sistema seja preservado em caso de queda de energia.

Multi_Write_Alarm(void): essa função lê os valores armazenados na EEPROM do módulo e os transfere para a tabela Modbus, nos endereços utilizados para armazenamento dos valores de referência.

Control(void): essa função implementa a verificação entre os valores de processo e os valores de referência para cada uma das grandezas monitoradas. O valor de processo é comparado ao seu limite máximo e ao seu limite mínimo e, dependendo de sua posição em relação a esses limites, um acionamento é feito. Os Quadros 16 e 17 sintetizam os rótulos das grandezas do sistema, utilizados na implementação da função Control(void).

Quadro 16: Rótulos atribuídos às grandezas dos sistema

Grandeza	Rótulo
Temperatura interna	TI
Temperatura interna máxima	TI_MAX
Temperatura interna mínima	TI_MIN
Temperatura externa	TE
Umidade interna	UmI
Umidade interna máxima	UmI_MAX
Umidade interna mínima	UmI_MIN
Umidade externa	UmE
Luminosidade interna	LI
Luminosidade interna máxima	LI_MAX
Luminosidade interna mínima	LI_MIN
Luminosidade externa	LE
Velocidade do vento interna	VVI
Velocidade do vento interna máxima	VVI_MAX
Velocidade do vento interna mínima	VVI_MIN
Velocidade do vento externa	VVE

Quadro 17: Rótulos atribuídos aos atuadores dos sistema

Atuador	Rótulo
Ventilador	VENT
Nebulizador	NEBU
Aquecedor	AQUE
Lâmpadas	LAMP
Cortinas	CORT

O Quadro 18 resume as ações tomadas em função dos valores assumidos pelas variáveis do sistema.

Quadro 18: Ações tomadas pelo sistema

Condições	Ações
SE (TI>TI_MAX) SE (TE<TI) E (VVI<VVE) SE (UmI_MIN<UmI<UmI_MAX)	VENT=LIGADO CORT=ABERTA NEBU=LIGADO
SE (TI<TI_MIN) SE (TE<TI) E (VVI<VVE)	AQUE=LIGADO CORT=FECHADA
SE (UmI>UmI_MAX) SE (UmI_MIN<UmE<UmI_MAX) SE (TI_MIN<TI<TI_MAX)	CORT=ABERTA VENT=LIGADO
SE (UmI<UmI_MIN) SE (UmI_MIN<UmE<UmI_MAX) SE (TI_MIN<TI<TI_MAX)	NEBU=LIGADO CORT=ABERTA VENT=LIGADO
SE (LI>LI_MAX) E SE (LE>LI_MAX) SE (TI_MIN<TI<TI_MAX) SE (UmI_MIN<UmI<UmI_MAX)	LAMP=DESLIGADA CORT=FECHADA
SE (LI<LI_MIN) SE (LI_MIN < LE < LI_MAX) SE (TI_MIN<TE<TI_MAX) SE (TI_MIN<TI<TI_MAX) SE (UmI_MIN<UmI<UmI_MAX)	LAMP=LIGADA CORT=ABERTA
SE (VVI>VVI_MAX) SE (TI_MIN<TI<TI_MAX)	VENT=DESLIGADO CORT=FECHADA
SE (VVI<VVI_MIN) SE (TI_MIN<TI<TI_MAX)	VENT=LIGADO CORT=ABERTA

O fluxograma apresentado na Figura 25 resume o sistema desenvolvido para o módulo mestre:

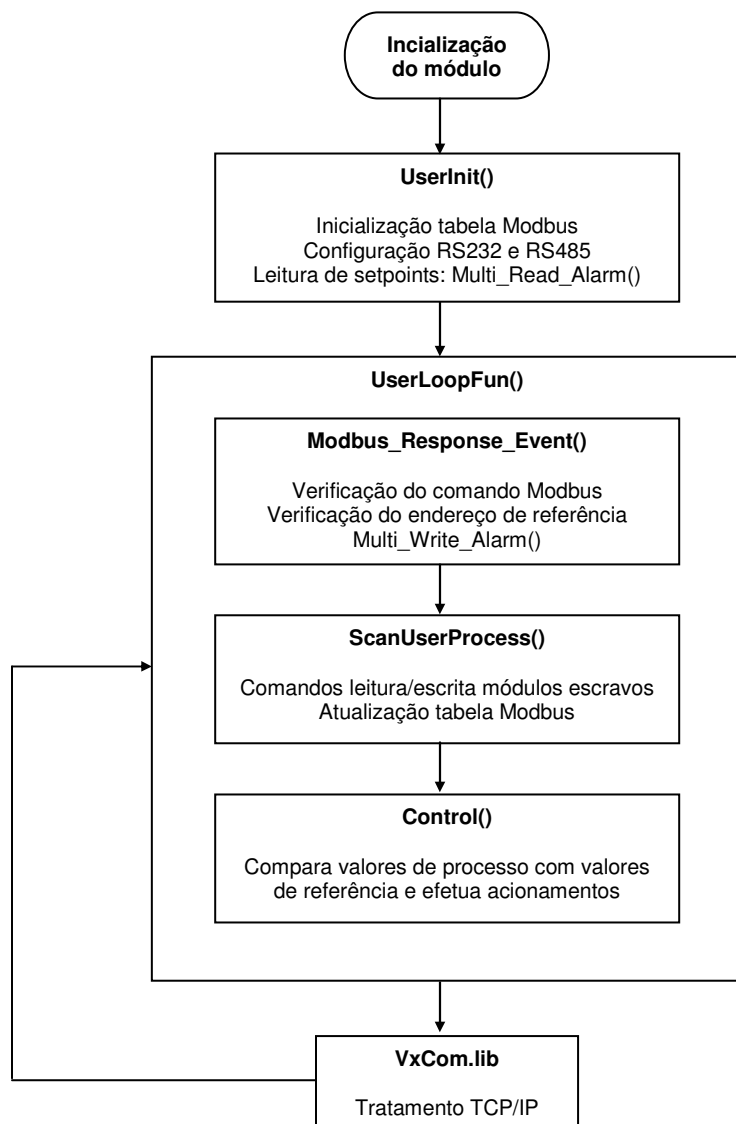


Figura 25: Fluxograma do aplicativo desenvolvido para o módulo mestre

3.7. Desenvolvimento do sistema de supervisão

Conforme já mencionado, o sistema de supervisão remoto é composto por um computador portátil (*notebook*), onde é executado o software de supervisão. Este se comunica com o módulo mestre através de uma rede Ethernet *wireless* 802.11g, utilizando como protocolo o padrão Modbus/TCP. Ele é responsável pela centralização das informações do galpão, apresentação das mesmas de forma gráfica, registro das informações em banco de dados, configuração e monitoração de alarmes, definição de valores de referência (*setpoints*) para as variáveis tratadas no controlador e visualização de dados gravados. Este sistema é composto pelos seguintes módulos:

Tela principal: é uma representação visual do galpão selecionado, e apresenta de forma sintetizada, as principais informações relacionadas ao processo. Nesta tela são encontrados os valores atuais de cada variável controlada (temperatura, umidade, luminosidade e velocidade do vento), além do estado dos atuadores (lâmpadas, nebulizadores, ventiladores, cortinas). Nesta mesma tela são encontrados os valores das mesmas variáveis, porém, do ambiente externo ao galpão. Os módulos a seguir também serão acessados a partir da tela principal.

Receitas: Esta janela permite configurar o limite inferior e superior das variáveis temperatura, umidade, luminosidade e velocidade do vento. Uma vez configurados os limites, os mesmos são enviados como parametrização do módulo mestre.

Gráficos: Esse módulo permite a visualização de gráficos para acompanhar o comportamento da temperatura e umidade, tanto interna quanto externa ao galpão. Os gráficos são gerados a partir dos dados gravados na base de dados do sistema.

Alarmes: Essa janela permite a visualização dos eventos de alarme ocorridos para as variáveis de interesse. Na ocorrência de um evento, o sistema insere um registro no banco de dados e no quadro desta janela, onde permanece até que o valor da variável retorne ao seu valor padrão.

Entradas/Saídas: Essa janela permite o acionamento direto das saídas do sistema e a leitura dos instrumentos, independentemente da rotina de gerenciamento do módulo mestre. É especialmente útil para a realização de testes nos dispositivos de campo.

3.7.1. Desenvolvimento do software para supervisão

A interface OPC

A fundação OPC, uma instituição sem fins lucrativos, definiu um conjunto de padrões de interface para comunicação entre dispositivos/equipamentos visando uma maior integração entre sistemas de automação/controle, dispositivos de campo e sistemas gerenciais corporativos. A especificação atual da interface OPC baseia-se nos padrões da tecnologia OLE/COM da empresa Microsoft. Tal tecnologia define padrões de objetos, métodos e propriedades para servidores de dados em tempo real para os sistemas mencionados, com o objetivo de facilitar o intercâmbio das informações geradas por estes servidores de dados com outros sistemas compatíveis com a tecnologia OLE/COM.

Essencialmente a fundação OPC desenvolveu uma interface padrão para acesso às funções comuns dos sistemas e dispositivos de campo, de forma a dispensar o uso de *drivers* específicos destes dispositivos. Desta forma, os fabricantes de *hardware* para automação que optam por incorporar a interface OPC em seus dispositivos disponibilizam aos usuários de seus produtos uma grande flexibilidade no desenvolvimento de suas soluções, uma vez que a preocupação com a compatibilidade entre os *drivers* do dispositivo e a plataforma para desenvolvimento da solução é eliminada. A Figura 26 ilustra o relacionamento cliente/servidor obtido pela interface OPC.

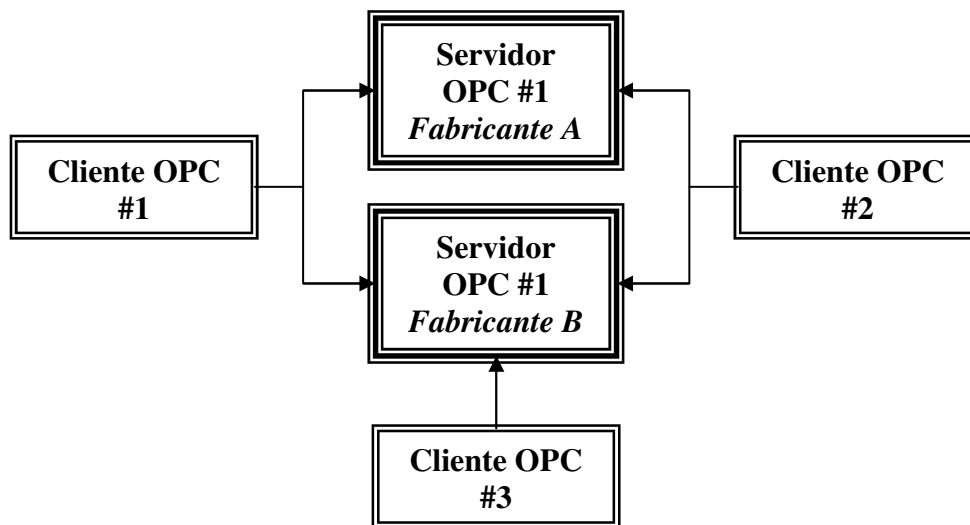


Figura 26: Relacionamento Cliente-Servidor utilizando a interface OPC

Desta forma, o dispositivo com a interface OPC passa a ser um servidor de dados para aplicações (clientes), que podem acessar os dados de dispositivos de diferentes fabricantes simultaneamente, utilizando o mesmo procedimento.

OPC Server do módulo mestre

O fabricante do módulo mestre utilizado no desenvolvimento deste trabalho oferece a interface OPC para o seu produto, disponibilizando como ferramenta para instalação e configuração da mesma o utilitário NAPOPC DA *Server*. Este utilitário foi instalado e executado no computador de supervisão, visando disponibilizar as entradas e saídas dos módulos escravos ao ambiente de desenvolvimento do sistema de supervisão. Ele possui uma interface gráfica que permite explorar cada dispositivo mapeado, tendo assim acesso às entradas e saídas do mesmo. Uma entrada ou saída de um dispositivo, uma vez mapeada pelo NAPOPC DA *Server*, constitui uma *tag*, que é uma representação lógica uma entrada ou saída física do dispositivo. A partir desse mapeamento, todas as *tags* ficam acessíveis para qualquer ambiente de desenvolvimento ou aplicativo compatível com a interface OPC.

Ao acrescentar um novo dispositivo ao NAPOPC DA *Server*, automaticamente uma página de configuração para o mesmo é aberta, solicitando o nome e a forma de acesso ao mesmo. Como a implementação do programa do módulo mestre estabelece a comunicação via Ethernet e protocolo Modbus/TCP, o quadro para configuração do endereço IP do módulo mestre, o *NetID* que o identifica na rede Modbus e a porta para comunicação no IP definido foram preenchidos.

Uma vez configurado o servidor, passou-se ao mapeamento das *tags* do mesmo. Ao clicar com o botão direito do mouse sobre o servidor, seleciona-se a opção *Add tag* e então uma janela de configuração para a mesma é aberta. Nessa janela de configuração definiu-se um nome para a *tag*, sua descrição, o tipo de dado armazenado e a tabela Modbus do dispositivo utilizada. A Figura 27 mostra parte do mapeamento das *tags* para o controlador.

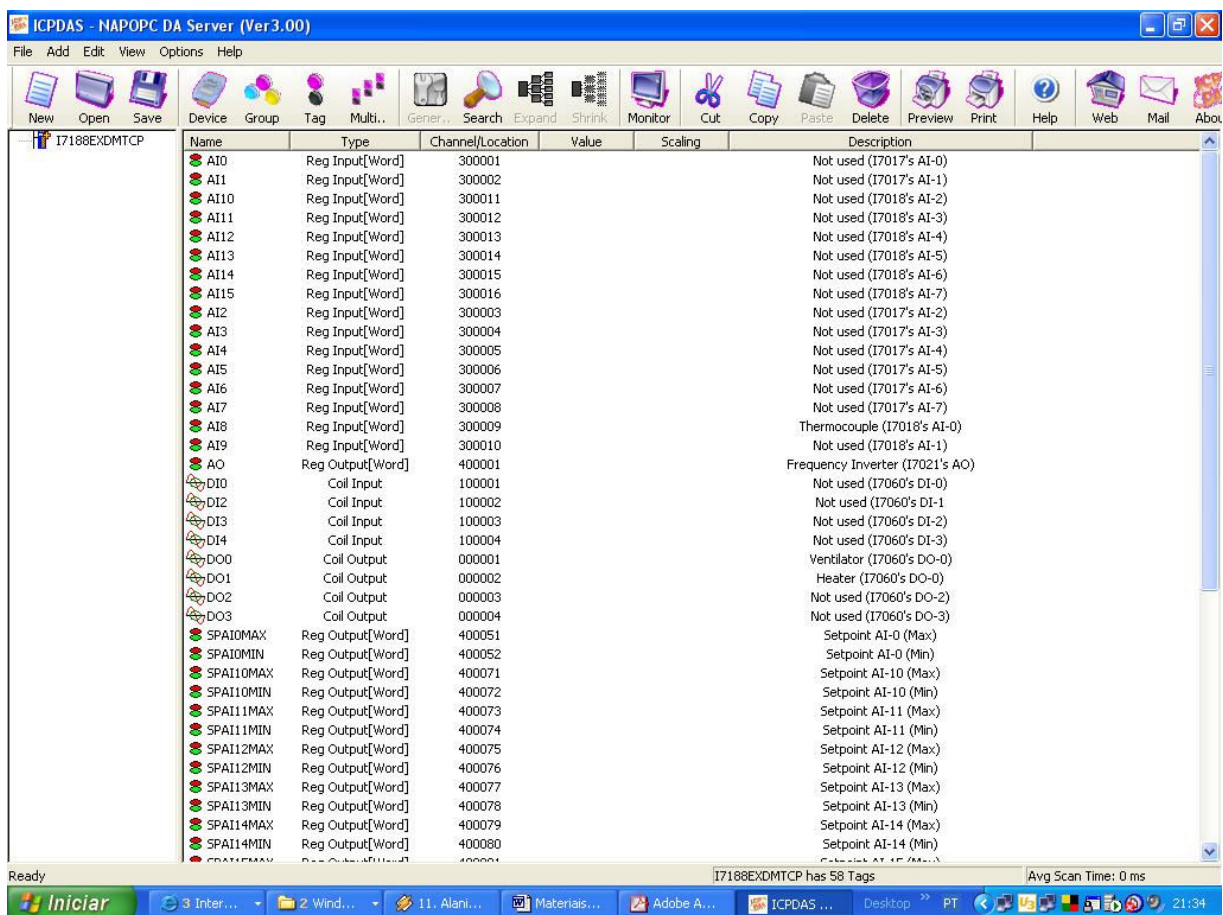


Figura 27: Mapeamento de tags no utilitário NAPOPC DA Server

Sistemas para supervisão

Os sistemas para supervisão, também conhecidos como sistemas SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) são ambientes para o desenvolvimento de *softwares* para supervisão e controle de processos. Os sistemas SCADA são largamente utilizados na indústria devido à facilidade de manuseio aliada a grande quantidade de recursos, principalmente gráficos, o que permite o desenvolvimento de aplicações com interface amigável, intuitiva e com fidelidade na representação do processo.

Normalmente os sistemas SCADA são totalmente configuráveis pelo usuário e permitem monitorar as variáveis do processo em tempo real, através de gráficos e objetos relacionados às variáveis físicas, como a temperatura e umidade de um aviário. Com eles pode-se ainda criar bases de dados, gerar relatórios, supervisionar e controlar um aviário

remotamente. O processo de supervisão e controle é realizado através de telas gráficas (janelas), onde são colocados elementos gráficos denominados objetos. Esses objetos podem estar vinculados a uma variável física do processo e então ter sua aparência alterada em função dos valores assumidos pela variável física. Por exemplo, uma bomba centrífuga acionada pode ter suas aletas girando no objeto que a representa no sistema.

DAQBench

Conforme já mencionado anteriormente, o DAQBench é um pacote de componentes *ActiveX* com funções específicas para o desenvolvimento de aplicações SCADA. Ele utiliza a tecnologia *ActiveX* da Microsoft, que é um padrão para o intercâmbio e integração de códigos na plataforma Windows. O DAQBench permite a incorporação das funções características de um sistema SCADA em diferentes ambientes de programação, como no Microsoft Visual Basic, utilizado neste trabalho.

O DAQBench possui os 4 grupos de componentes apresentados abaixo:

- **Controles para o desenvolvimento de interface com o usuário:** este grupo de controles é utilizado para interagir com o usuário, seja mostrando valores de processo, seja permitindo que o mesmo acione um dispositivo representado na interface. Ele inclui *displays*, botões liga/desliga, botões deslizantes, potenciômetros e gráficos.
- **Controles para integração de dados:** os controles deste grupo permitem a transferência de dados automaticamente para planilhas Microsoft Excel e base de dados Microsoft Access.
- **Controle para análise de dados:** este controle inclui recursos para tratamento dos dados coletados, como estatística descritiva, operações com vetores e matrizes e FFT (*Fast Fourier Transformed*).
- **Controles e ferramentas SCADA:** este foi o grupo mais importante para o desenvolvimento deste trabalho. Ele é composto pelos subgrupos a seguir:

- *Tag server* e *Tag Utility*: constituem um centro de dados para comunicação com servidores OPC, processamento de alarmes e armazenamento de dados;
- Controle para gráficos de tendência em tempo real e históricos;
- Controles para Alarmes: monitoração e intervenção;
- Controles para relatórios: permitem a elaboração de relatórios de dados e alarmes;
- Controles para equipamentos: figuras para representação de diversos tipos de equipamentos como bombas, reservatórios, válvulas e tubulação. São utilizados na representação da planta.

Entre os controles e ferramentas SCADA do DAQBench, o componente mais importante é o *Tag Server*. Ele é o responsável pelo gerenciamento de todas as *tags* do sistema, através da comunicação com servidores OPC, banco de dados e da associação de *tags* a controles utilizados na aplicação. A Figura 28 apresenta o relacionamento do *Tag Server* com os demais elementos do sistema:

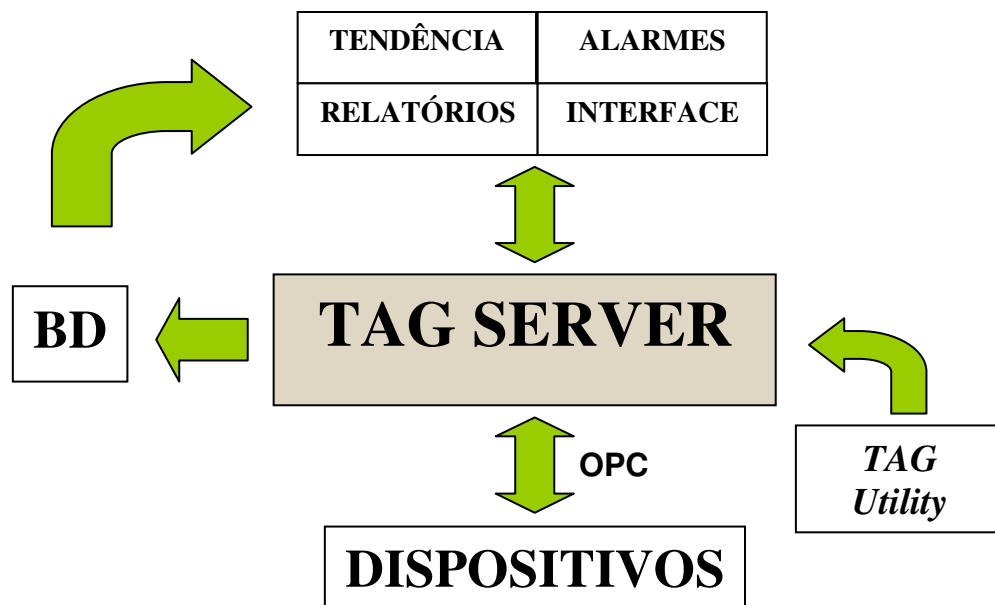


Figura 28: Relacionamento entre o TAG Server e os demais componentes do sistema

O *Tag Server* possui uma interface gráfica chamada *Tag Utility*. Através dela é possível definir, configurar e gerenciar as *tags* do sistema. Além disso, o *Tag Utility* permite definir se uma determinada *tag* será armazenada ou não no banco de dados e os níveis de alarme e prioridades para as mesmas.

A partir do *Tag Utility* adiciona-se um novo servidor OPC, no caso deste trabalho o NAPOPC, mencionado anteriormente. Ele aparece na lista de servidores locais pois encontra-se instalado no mesmo computador que o *Tag Utility*. Uma vez adicionado o servidor, procede-se a importação das *tags* por ele oferecidas. Como todas as *tags* oferecidas pelo NAPOPC eram de interesse para o desenvolvimento deste trabalho, procedeu-se à importação de todas. A nomenclatura adotada pelo *Tag Utility* é *Servidor.TagName*. Como o nome utilizado no servidor NAPOPC foi o nome do modelo do controlador (I7188EXDMTCP), todas as *tags* disponibilizadas por ele foram importadas com seus respectivos nomes, conforme apresentado na Figura 29:

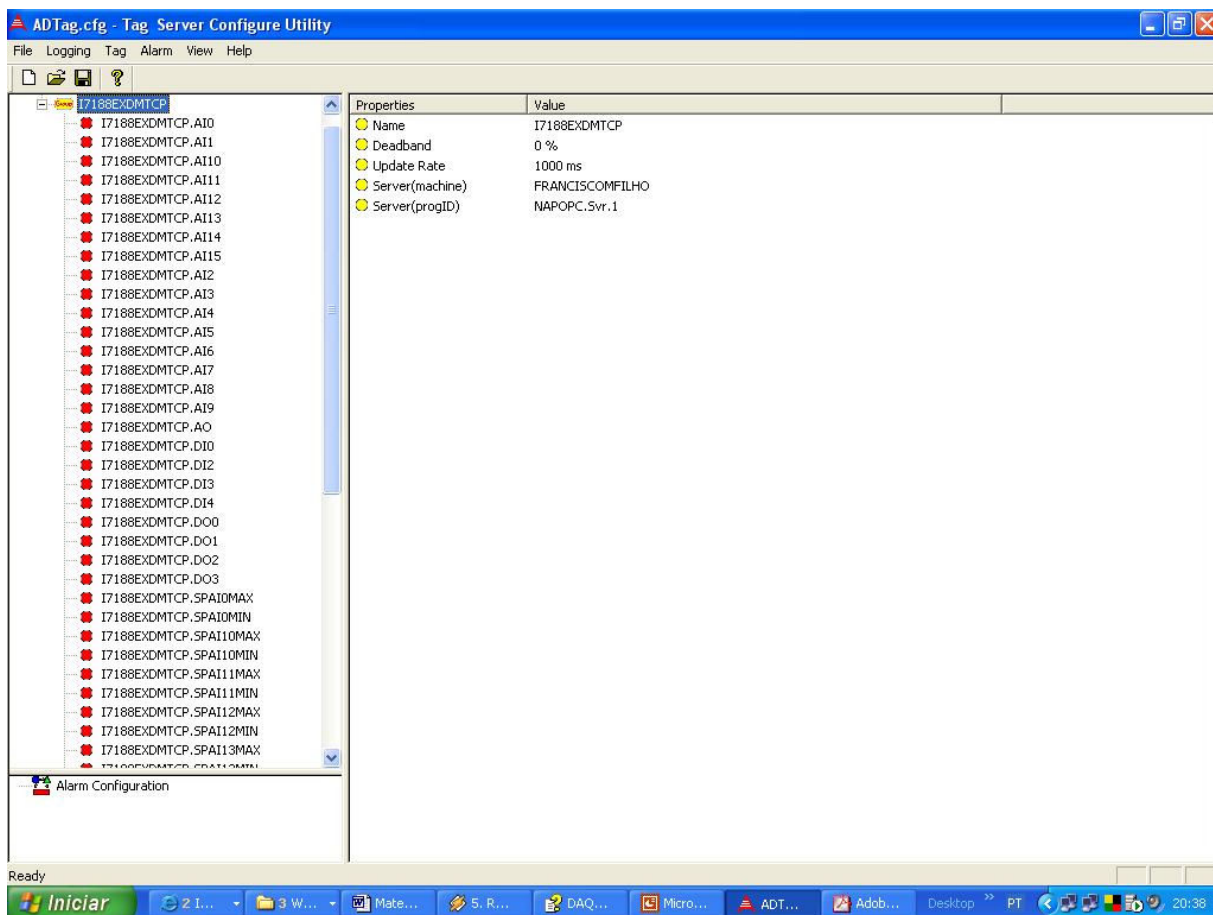


Figura 29: *Tag Utility* com as *tags* importadas do servidor OPC NAPOPC

3.7.2. Integração com o Visual Basic

A partir do momento que as *tags* do servidor NAPOPC foram importadas para o *Tag Server* através do *Tag Utility*, as mesmas encontram-se disponíveis para serem atribuídas pelos demais controles do DAQBench. Através do menu “Projetos\Componentes” do Visual Basic pode-se ter acesso a componentes adicionais para o desenvolvimento de aplicações, inclusive componentes fornecidos por outras empresas, como o DAQBench. Os seguintes componentes do DAQBench foram inseridos no novo projeto padrão criado no Visual Basic:

- *Alarm and Data Report*: Insere os controles *AlarmReport* e *DataReport* utilizados na construção do formulário “Relatórios”;
- *AlarmUI*: Insere o controle *AlarmDisplay* utilizado na construção do formulário “Alarmes”;
- *Equipment*: Insere os controles *Dpipe*, *Dpump* e *Dtank* utilizados para representar, respectivamente, o sistema de nebulização, os ventiladores e o sistema de aquecimento na tela principal do sistema;
- *ExcelLinker*: Insere o controle com o mesmo nome, utilizado para armazenamento dos limites máximo e mínimo das variáveis monitoradas;
- *Trend*: Insere os controles *RTTrend* e *HistTrend*. O *RTTrend* foi utilizado para a apresentação dos valores de temperatura e umidade, interna e externa ao galpão, em tempo real, enquanto que o *HistTrend* para a recuperação dos valores destas grandezas gravados no banco de dados e apresentação dos mesmos em gráficos;
- *User Interface*: Insere os controles *Dslide*, *Dknob*, *Dboolean*, *D7Segment* e *DledMeter*. O controle *Dslide* foi utilizado para definição dos valores máximos e mínimos para temperatura e umidade no formulário “Receitas”. Uma variante do *Dslide* foi utilizada para indicar o valor da temperatura externa e interna ao galpão no formulário principal. Essa variante não permite o ajuste de valores, somente leitura. O controle *Dknob* foi utilizado para indicar a umidade interna e externa ao galpão no formulário principal. Neste mesmo formulário, o controle *Dboolean* foi utilizado para indicar as lâmpadas acesas e apagadas. O controle

D7Segment foi utilizado para indicar a velocidade do vento interna e externa ao galpão e o *Dledmeter* para indicar a luminosidade interna e externa ao galpão sendo ambos posicionados no formulário principal também.

A tela principal – frmMain.frm

Essa tela é a interface principal com o usuário. Nela está representada a figura de um galpão, com controles para indicação dos valores de temperatura, umidade, luminosidade e velocidade do vento. Esses controles foram agrupados em dois quadros, um para indicação dos valores do ambiente interno ao galpão e outro para indicação dos valores do ambiente externo ao galpão. Na tela principal também foram adicionados controles para representação dos equipamentos presentes no galpão: aquecedor, ventilador, luzes, nebulizador e cortinas.

Associação de controles a *tags* do *Tag Server*

Cada controle do DAQBench possui uma página de propriedades específica (*custom*) acessada com um clique do botão direito do *mouse* sobre o controle. Nessa página de propriedades existem duas abas principais, a *Pointers* e a *Tags*. A aba *Pointers* permite que seja adicionado um ou mais indicadores de valor ao controle e a aba *Tags* permite associar uma *tag* a cada um dos indicadores de valor do controle. Desta forma estabelece-se o relacionamento entre as *tags* providas pelo *Tag Server* e os controles utilizados no projeto. As Figuras 30 e 31 ilustram o processo mencionado aplicado ao controle *Dslide2*, utilizado na representação do termômetro interno ao galpão.

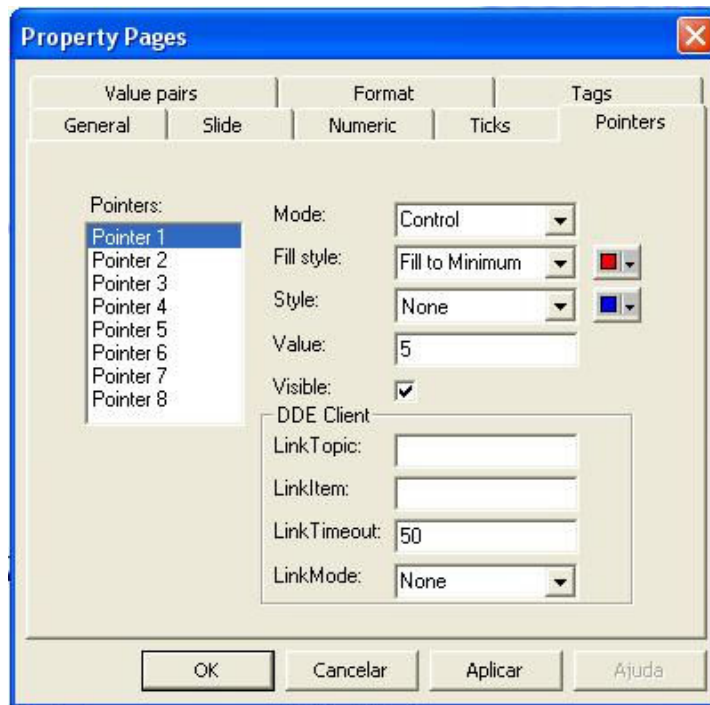


Figura 30: Configuração do indicador de valor do controle DSlide2

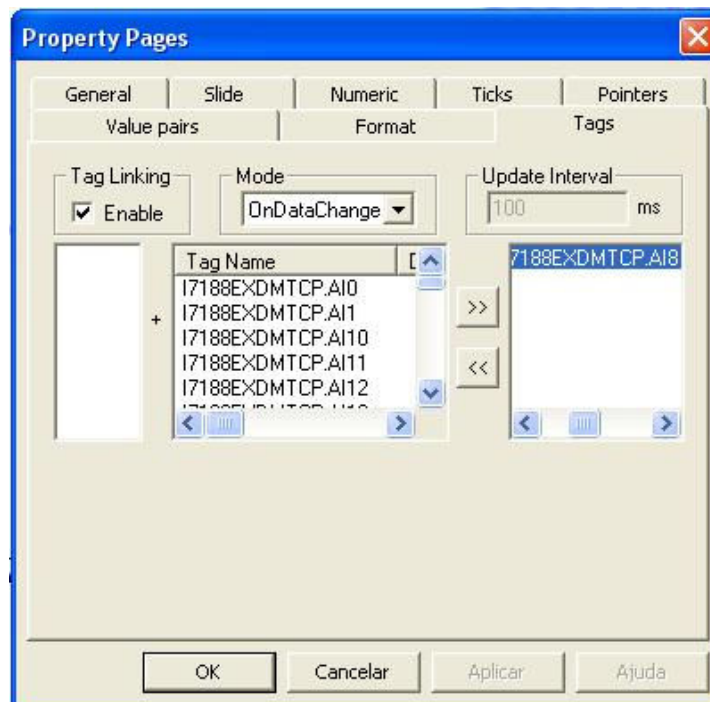


Figura 31: Associação da tag I7188EXDMTCP.AI8 ao controle DSlide2

Esse processo foi repetido em todos os controles associados a grandezas analógicas do sistema, ou seja, umidade, luminosidade e velocidade do vento, além da temperatura. Além da associação do indicador de valor a *tag*, é preciso definir como o *Tag Server* atualiza o valor do controle. Existem duas formas: *OnDataChange*, onde o controle é atualizado quando o valor da *tag* é alterado no *Tag Server* e *Pooling*, onde o controle é atualizado pelo *Tag Server* periodicamente, sem levar em consideração a alteração do valor da *tag*. No desenvolvimento deste trabalho todos os controles foram configurados para serem atualizados quando da alteração do valor da *tag* associada (*OnDataChange*).

Alguns controles utilizados na construção da tela principal não permitem associação direta a uma *tag* do *Tag Server*. Para estes casos o DAQBench disponibiliza um controle chamado *Tag*, que permite a associação a uma *tag* do sistema e assim o acesso a seus valores. Para a representação do aquecedor foi adicionado à interface um controle *Dtank* e para diferenciar o estado ligado e desligado do mesmo alterou-se o valor da propriedade *TankColor*, de azul (desligado) para vermelho (ligado). Para a representação do ventilador foi adicionado um controle *Dpump*, que apesar de não ser específico para o mesmo, possui uma animação que serve para representar o deslocamento das pás de um ventilador. Desta forma, quando o ventilador estiver ligado, as aletas da bomba (representando as pás dos ventiladores) giram e quando o ventilador estiver desligado, elas ficam estáticas.

Para implementar o comportamento do aquecedor (*Dtank*) e do ventilador (*Dpump*) descritos anteriormente utilizou-se um controle *Tag* (chamado *tagAquec* no código), associado à *tag* I7188EXDMTCP.DO0 cujo valor (verdadeiro ou falso) é alterado pela rotina de gerenciamento que foi implementada no módulo mestre. Desta forma, se o valor de *tagAquec* for verdadeiro, o valor da propriedade *TankColor* do controle *Dtank* é alterado para “vermelho” e a propriedade *FanMode* do controle *Dpump* é alterada para *dbStatic*. Se o valor da *tag* I7188EXDMTCP.DO0 for falso, o valor da propriedade *TankColor* do controle *Dtank* é alterado para “azul” e a propriedade *FanMode* do controle *Dpump* é alterada para *dbClockwise*, sinalizando o giro das pás em sentido horário.

Para representação do sistema nebulizador foram adicionados 15 controles *Dpipe* arranjados de forma a representar a tubulação do sistema no teto do galpão. O controle *Dpipe* possui uma propriedade chamada *fill*, que pode assumir o valor verdadeiro ou falso. Se ela

assumir o valor verdadeiro, o controle tem o seu interior preenchido por uma cor diferente de sua estrutura, caso contrário, permanece a cor da estrutura. Para controlar a alteração desta propriedade foi adicionado um componente *Tag* (chamado *tagNeb* no código) associado a *tag* I7188EXDMTCP.DO1 cujo valor (verdadeiro ou falso) é alterado pela rotina de gerenciamento que foi implementada no módulo mestre. Se o valor de *tagNeb* for verdadeiro, o valor da propriedade *fill* de cada controle *Dpipe* torna-se verdadeiro, sinalizando a circulação de água na tubulação. Caso contrário o valor da propriedade *fill* torna-se falso, sinalizando a ausência de água na tubulação do nebulizador.

Para representação das luzes do galpão foram adicionados 6 controles *Dboolean* arranjados de forma a representar lâmpadas posicionadas no teto do galpão. Os controles desse tipo permitem o vínculo direto de uma *tag* ao mesmo e, para todos foi vinculada a *tag* I7188EXDMTCP.DO2 utilizando o mesmo processo para a associação das variáveis analógicas aos controles para indicação de valores, mostrado anteriormente. Desta forma, quando o módulo mestre estabelece a alteração da *tag* I7188EXDMTCP.DO2 (acionando a saída digital DO2 do módulo escravo I7060 vinculada a mesma) os componentes *Dboolean* mudam para a cor amarela, sinalizando o acendimento das lâmpadas, caso contrário, permanecem na cor cinza.

As cortinas do sistema forma representadas por 18 controles *Dslide* posicionados na lateral do galpão. O controle *Dslide* possui um valor máximo e um valor mínimo, definidos em sua página de propriedades. Quando a propriedade *value* do controle *Dslide* assume o valor máximo, a cor interna do controle passa a ser azul e quando assume o valor mínimo a cor interna passa a ser branca. Como o controle *Dslide* é um controle que se destina a apresentação de valores de variáveis analógicas, fez-se uma associação indireta à *tag* I7188EXDMTCP.DO3 através do controle *Tag*. O controle *Tag* adicionado foi chamado *tagCortinas* e associado a *tag* I7188EXDMTCP.DO2, que pode assumir o valor verdadeiro, que significa cortinas fechadas, ou falso, que significa cortinas abertas. Desta forma, se a propriedade *value* do controle *tagCortinas* assume o valor “verdadeiro”, então a propriedade *value* de cada *Dslide* assume o valor máximo configurado, preenchendo todo o seu conteúdo com a cor azul e assim indicando que as cortinas estão fechadas. Caso contrário, se a propriedade *value* do controle *tagCortinas* assume o valor “falso”, então a propriedade *value*

de cada Dslide assume o valor mínimo configurado, preenchendo todo o seu conteúdo com a cor branca e assim indicando que as cortinas estão abertas.

Definição de menus

Além dos controles para monitoração de valores e estado de dispositivos do galpão, o formulário principal do sistema, frmMain.frm, possui um menu para acesso às demais funcionalidades do mesmo. Os itens desse menu são os seguintes:

Receitas: ao clicar nesta opção o usuário tem acesso a janela de configuração dos valores de referência das variáveis. Esses valores são utilizados pelo módulo mestre, no gerenciamento dos recursos do galpão.

Gráficos: nesta opção o usuário poderá monitorar a temperatura e umidade em tempo real e também poderá ter acesso a valores históricos dessas grandezas, exibidos como gráficos de linha. Essa opção permite a monitoração de valores medidos no interior do galpão e também na parte externa ao mesmo.

Alarmes: acessando este item do menu o usuário poderá verificar quais eventos de alarme estão em andamento e também as últimas ocorrências desta natureza.

Relatórios: permite que o usuário consulte os valores de temperatura, umidade, luminosidade e velocidade do vento armazenadas no banco de dados. Seus valores são apresentados de forma tabular na tela, para um determinado intervalo de tempo definido pelo usuário.

Entradas/Saídas: a partir deste item do menu o usuário pode efetuar acionamentos diretamente do sistema de supervisão, sem intervenção do módulo mestre. Esse menu também permite a visualização das demais grandezas do sistema, servindo como uma interface para testes e identificação de problemas no mesmo.

Menu “Receitas”

As grandezas monitoradas pelo sistema (temperatura, umidade, velocidade do vento e luminosidade) permitem a definição de valores de referência para o gerenciamento de alarmes e de dispositivos pelo módulo mestre. Esses valores de referência são definidos nos formulários acessados através do menu Receitas e enviados ao módulo mestre através da infraestrutura de rede. O módulo mestre armazena esses valores em sua EEPROM, mantendo-os ativos até que o usuário informe um novo conjunto de valores, quando então os antigos são substituídos.

O menu Receitas dá acesso a um formulário para definição de valores para cada uma das grandezas mencionadas, sendo estes idênticos em sua forma e operação, mudando-se apenas as *tags* modificadas pela interface. A seguir é apresentada a estrutura do formulário para definição dos valores de referência para temperatura, servindo este como exemplo para elaboração dos demais.

O sistema permite a ligação de até 8 sensores de temperatura do tipo termopar e para cada um destes sensores pode-se definir valores máximos e mínimos. Para cada entrada do módulo escravo I7018, foi colocado no formulário um controle Dslide, numerado conforme a numeração da entrada a ele associada. Seguindo o mesmo procedimento apresentado na associação de controles ao *Tag Server*, no controle Dslide foram ativados dois indicadores de valor, um para a temperatura máxima e outro para a temperatura mínima. Uma vez adicionados os indicadores, vinculou-se cada um deles a uma *tag*, de acordo com o mapeamento elaborado no servidor OPC do módulo mestre. Desta forma, quando o usuário movimenta os indicadores de valor no controle, automaticamente seus valores são alterados no *Tag Server* e na tabela Modbus do módulo mestre.

Uma vez efetuada associação dos controles Dslide ao *Tag Server*, adicionou-se um controle Dboolean no formato de botão liga-desliga e a este foi vinculada a *tag* I7188EXDMTCP.SV-ALARM. Esse é uma *tag* especial pois quando seu valor se torna “verdadeiro” a rotina implementada no módulo mestre salva todos os valores de referência definidos na tabela Modbus do mesmo na memória EEPROM, mantendo-os ativos mesmo em casa de queda de energia.

Menu “Gráficos”

O menu Gráficos dá acesso ao formulário que permite a visualização de gráficos em tempo real e de valores históricos das grandezas temperatura e umidade, selecionados a partir de um menu. Para o desenvolvimento deste formulário foram utilizados dois controles RTTrend e dois controles HistTrend: um RTTrend e um HistTrend para temperatura e um RTTrend e um HistTrend para umidade.

Para a utilização do controle RTTrend é necessário a vinculação do mesmo à *tag* que se deseja visualizar. Este processo é semelhante ao demonstrado para o controle Dslider. Porém, ao invés de indicadores de valor tem-se linhas de plotagem, identificadas como *Plot*, como pode ser visto na Figura 32.

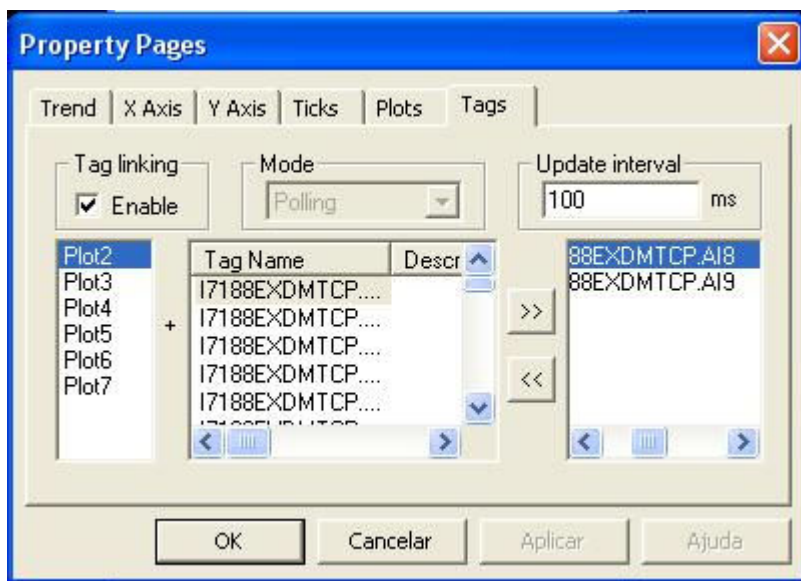


Figura 32: Associação do componente RTTrend ao Tag Server

No desenvolvimento deste trabalho, considerou-se a monitoração da temperatura externa e interna ao galpão, representadas, respectivamente, pelas *tags* I7188EXDMTCP.AI8 e I7188EXDMTCP.AI9. Estas duas *tags* foram associadas às linhas de plotagem *Plot0* e *Plot1*, respectivamente, do controle RTTrend chamado *RTTrendTemp*.

De forma semelhante, a umidade interna e externa ao galpão (*tags* I7188EXDMTCP.AI0 e I7188EXDMTCP.AI1 respectivamente) foram associadas às linhas de plotagem *Plot0* e *Plot1* do componente RTTrend chamado *RTTrendUmid*.

Para reconstrução de gráficos de tendência através do controle HistTrend, utilizou-se a ferramenta de configuração disponível na própria interface do controle. Essa ferramenta permite a seleção das *tags* de interesse bem como o período (data e hora, inicial e final) considerado para recuperação dos dados. No caso da temperatura, as linhas de plotagem *Plot0* e *Plot1* do controle HistTrend chamado *HistTrendTemp* foram vinculadas, respectivamente, às *tags* I7188EXDMTCP.AI8 e I7188EXDMTCP.AI9 que representam, respectivamente, a temperatura interna e externa ao galpão. Para a umidade as linhas de plotagem *Plot0* e *Plot1* do controle HistTrend chamado *HistTrendUmid* foram vinculadas, respectivamente, às *tags* I7188EXDMTCP.AI0 e I7188EXDMTCP.AI1 que representam, respectivamente, a umidade interna e externa ao galpão. A Figura 33 ilustra o processo de vinculação do controle HistTrend.

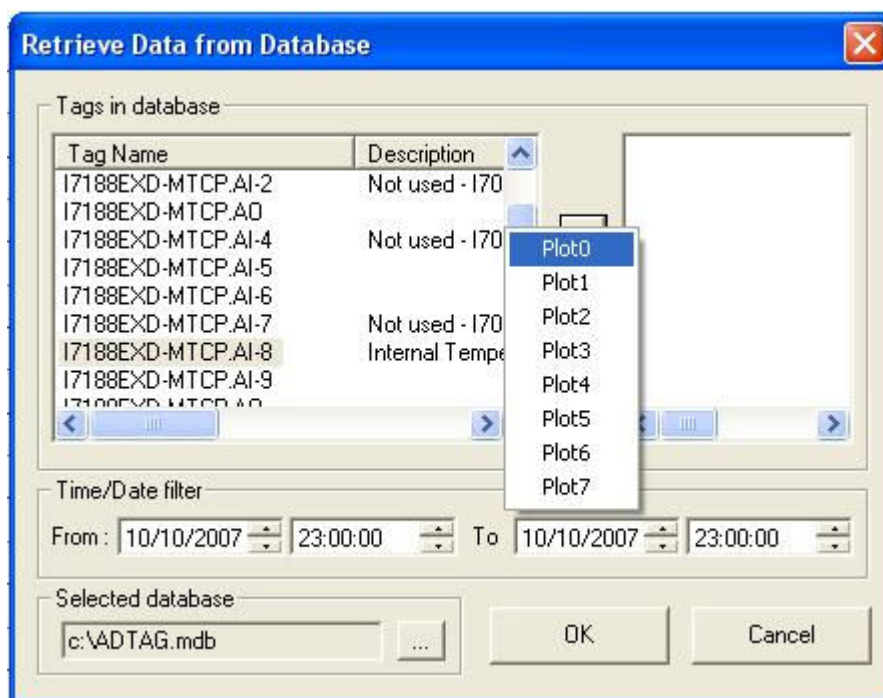


Figura 33: Associação de *tags* no componente HistTrend

Menu “Alarmes”

O menu Alarmes permite que o usuário verifique quais *tags* estão com seus valores fora do intervalo formado por seus valores de referência, fazendo com que o *Tag Server* sinalize e registre um evento em sua base de dados. Para a construção deste formulário

utilizou-se o controle AlarmDisplay, com a propriedade *AutoStart* definida como verdadeira, afim de que o controle automaticamente se conecte ao *Tag Server* assim que o sistema é inicializado.

Porém, para que controle AlarmDisplay possa mostrar os eventos ocorridos é necessário que as condições para que os mesmos sejam identificados sejam definidas no *Tag Server*. Para tanto, seleciona-se as *tags* para monitoramento de eventos e configura-se seus valores de alarme conforme mostra a Figura 34.

Alarm(Analog)						
Value						
	Alarm value	Priority	Ack option	Comment		
☐ LoLo	0	1	Auto ack on normal			
☒ Lo	30	1	Auto ack on normal			
☒ Hi	35	1	Auto ack on normal			
☐ HiHi	0	1	Auto ack on normal			
Value deadband: 0						
Deviation						
	Deviation(%)	Target	Deadband	Priority	Ack option	Comment
☐ Minor	0	0	0 %	1	Auto ack on normal	
☐ Major	0			1	Auto ack on normal	
Rate of change						
	Rate of change	Priority	Ack option	Comment		
☐ Rate of change	0 % per minute	1	Auto ack on normal			
OK Cancel						

Figura 34: Configuração de alarmes no *Tag Server*

Existem três tipos de alterações na *tag* que podem disparar um evento: a alteração de valor, a porcentagem de desvio em relação a um valor de referencia e a velocidade em que o desvio ocorre, cada uma encontrada na caixa *Value*, *Deviation* e *Rate of chang*,

respectivamente. No desenvolvimento deste trabalho os eventos foram gerados considerando a alteração de seus valores conforme a caixa *Value*. Além do mais, optou-se pelo recurso *Auto ack on normal*, que significa que o próprio *Tag Server* se encarrega de retirar automaticamente do controle AlarmDisplay o evento quando a variável volta a seu valor normal. As *tags* cujos eventos forma configurados no *Tag Server* e assim monitoradas no controle AlarmDisplay forma as associadas à temperatura interna (I7188EXDMTCP.AI9), umidade interna (I7188EXDMTCP.AI0), luminosidade interna (I7188EXDMTCP.AI2) e velocidade do vento no interior do galpão (I7188EXDMTCP.AI4).

Menu “Relatórios”

O menu “Relatórios” dá acesso ao formulário que permite a visualização de valores de *tags* e alarmes, apresentados de forma tabular a partir da recuperação dos mesmos na base de dados do sistema. Para o desenvolvimento deste formulário foram utilizados os controles AlarmReport e DataReport, sendo o primeiro aplicado à consulta e apresentação dos registros de alarmes ocorridos e o segundo para consulta e apresentação de valores de *tags*.

Na janela de configuração do controle DataReport, o quadro *Data presentation* permite que seja definida a forma como os dados serão atualizados no controle. No desenvolvimento deste trabalho foi selecionada opção “*show data in regular interval*”, utilizando o valor de 1 minuto entre cada atualização, uma vez que as grandezas do sistema não variam com tanta velocidade. Para o controle AlarmReport não foi necessária nenhuma configuração específica.

Menu “Entradas/Saídas”

O menu “Entradas/Saídas” dá acesso ao formulário que permite a visualização de valores das *tags* associadas a todas as entradas e saídas do sistema. Para o desenvolvimento deste formulário foram utilizados 4 controles Dboolean configurados como sinalizadores para vinculação com as *tags* associadas às entradas digitais do módulo escravo I7060. As 4 saídas digitais deste mesmo módulo também foram representadas por controles Dboolean, porém configurados como botões do tipo liga-desliga. Para a representação das entradas do módulo I7018 foram adicionados 8 controles Dslide configurados como termômetros, uma vez que são conectados termopares neste módulo. As 8 entradas analógicas do módulo I7017 foram

representadas por controles Dknob configurados como mostradores analógicos e a saída analógica do módulo I7021 também foi representada por um controle Dknob, porém no formato de botão giratório. Todos esses controles foram vinculados às *tags* associadas as entradas e saídas dos módulos mencionados utilizando-se o processo indicado pelas Figuras 30 e 31.

3.7.3. Comunicação entre o sistema de supervisão e o módulo mestre

A comunicação entre o sistema de supervisão e o módulo mestre foi feita através de uma rede padrão IEEE 802.11b, onde foi implementado o protocolo Modbus/TCP. A rede Ethernet IEEE 802.11b pode ter uma arquitetura *adhoc* ou *infrastructure*, sendo uma rede *adhoc* caracterizada por permitir que qualquer dispositivo *wireless* se comunique diretamente com outro, sem nenhuma intervenção ou dependência de outro equipamento. Essa arquitetura normalmente é utilizada em redes temporárias, onde se estabelece uma comunicação rápida entre um dispositivo e outro e logo em seguida a rede é desfeita. Numa rede *infrastructure*, existe um dispositivo responsável pela centralização e controle do tráfego de dados por toda rede *wireless*. Esse dispositivo é o *Access Point* (AP). Essas redes são permanentes e permitem a aplicação de recursos de gerenciamento e segurança de dados.

No desenvolvimento deste trabalho, o AP NWH660 foi conectado ao *notebook* para formação da base para coleta de dados. O conversor T316 foi conectado ao módulo mestre, compondo assim uma estação da rede *wireless* formada.

A opção pela arquitetura de rede *infrastructure* foi motivada por questões de segurança de dados. Apesar de ser uma rede com previsão de instalação em locais retirados, nada impede que a mesma seja detectada e invadida, permitindo até que dispositivos sejam acionados indevidamente. Para dificultar essa ação, optou-se pela inserção do *Access Point* NWH660, onde foi habilitada a criptografia WEP (*Wired Equivalent Privacy*) para proteção de dados e o filtro de MAC (*Media Access Control*), permitindo que apenas os endereços MAC das estações cadastradas possam se conectar na rede. Além do mais, a opção do AP *Enable SSID Broadcast* também foi desabilitada, impedindo que o AP informe o nome da rede *wireless* (SSID) a qualquer dispositivo que a detecte, tornando-a invisível.

3.7.4. Testes para validação do protótipo

Os testes para validação do protótipo foram divididos em duas partes. A primeira avaliou a integração do *software* e *hardware* do sistema, considerando essencialmente a funcionalidade do mesmo. Os testes de funcionalidade foram feitos em laboratório, considerando 3 grandes módulos funcionais: monitoração, acionamento local e acionamento remoto.

A segunda parte dos testes foi feita em campo, visando a avaliação da rede Ethernet *wireless* adotada. O desempenho da rede *wireless* é muito dependente do local onde a mesma é instalada, por isso a necessidade da realização de testes fora do laboratório para validação da mesma.

Testes funcionais

Monitoração

Este módulo é o responsável pela monitoração dos sensores utilizados no sistema. Desta forma, foram realizados testes de funcionamento para as entradas analógicas, representando a temperatura, umidade, velocidade do vento e luminosidade. Para este teste utilizou-se a bancada para geração de sinais analógicas e uma fonte de corrente contínua de 9 VDC. A saída da fonte foi conectada à bancada e suas saídas conectadas às entradas do módulo I7017. Foi feita uma ligação paralela a partir de cada saída da bancada, ligando o mesmo a um multímetro, afim de que fosse conhecida tensão que está chegando à cada entrada do módulo. O objetivo foi verificar se o valor mostrado no *display* do multímetro era o mesmo apresentado na janela de monitoração do sistema de supervisão.

Acionamento remoto

Este módulo é responsável pelo acionamento de todas as saídas envolvidas no sistema. Cada saída foi ligada e desligada a fim de se verificar seu funcionamento através do menu “Entradas/Saídas” do sistema de supervisão. A ação de acionamento deve ser verificada localmente, observando-se o comportamento das saídas. Para verificação das saídas digitais

serão utilizados os LEDs da bancada de testes. Espera-se que os mesmos sejam acesos assim que esta saída seja acionada no sistema de supervisão. Para verificação da saída analógica, um multímetro foi conectado na saída do módulo I7021. Espera-se que o mesmo apresente em seu *display* o mesmo valor especificado no sistema de supervisão.

Acionamento local

Este módulo é responsável pelo acionamento automático das saídas envolvidas no sistema, em função do valor das entradas monitoradas e dos valores de referência configuradas pelo sistema de supervisão. Foram utilizados dois termopares tipo J e a bancada para simulação de sinais analógicos para simulação da temperatura e umidade interna ao galpão. Na medida em que a resistência de cada um dos potenciômetros é variada, espera-se a ocorrência de acionamentos, conforme definido na rotina de gerenciamento implementada no módulo mestre. Para que este teste fosse totalmente isolado, o conversor T316 foi desligado logo após a definição dos valores de referência.

Teste de campo para avaliação da rede Ethernet 802.11b

Os testes de campo foram realizados na granja Moretto, na cidade de Tuiuti, situada a aproximadamente 103 km da capital paulista, na região de Campinas.

Para avaliação da rede Ethernet IEEE 802.11b foi feita uma sondagem no local, que consiste na avaliação da qualidade da rede em pontos estratégicos do local onde se deseja implanta-la. Para a realização da sondagem, primeiramente faz-se um levantamento na área para implementação da rede, buscando a identificação de barreiras físicas e a localização das estações de rede e do AP. Como os módulos mestres serão instalados nos galpões, estes constituem a localização das estações de rede. Como o sistema de supervisão é uma ferramenta para gerenciamento e monitoração da granja, o mesmo deve ser instalado na sede administrativa, definindo assim a localização do AP. Verificou-se no local a presença de árvores de grande porte localizadas entre a sede e o Galpão 1 e também silos na lateral de cada galpão. Também foram medidas as distâncias entre os pontos relevantes da área avaliada. A Figura 35 mostra o levantamento feito.

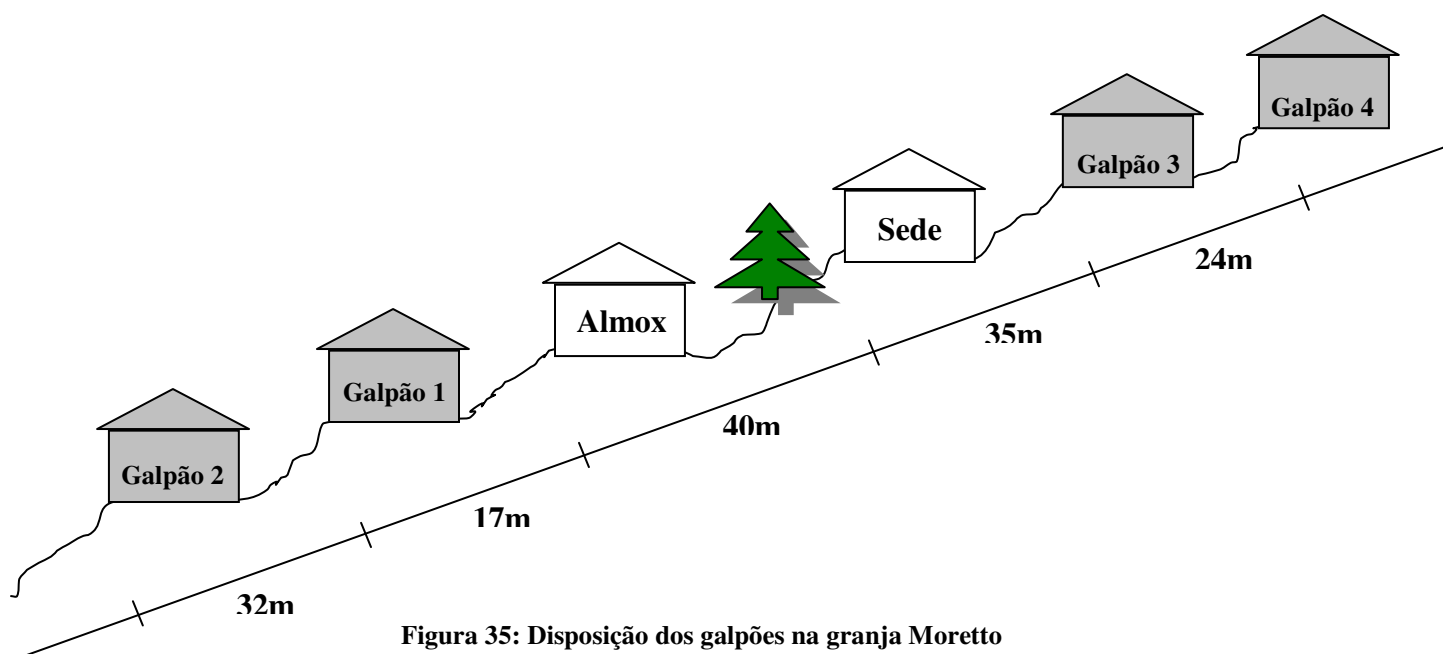


Figura 35: Disposição dos galpões na granja Moretto

Cada um dos galpões possui um pequeno depósito em sua entrada, onde foi considerada a instalação do módulo mestre e do conversor T316, conforme pode ser visto na Figura 36.



Figura 36: Galpão para a criação de frangos da Granja Moretto

Entretanto, considerou-se que o T316 ficaria com sua antena posicionada do lado de fora do depósito, afim de que fossem minimizadas as atenuações de sinal provocadas pelas paredes do mesmo. Desta forma, para realização dos testes, posicionou-se o módulo mestre juntamente com o T316 na entrada do depósito de cada galpão da propriedade.

A instalação do sistema de supervisão na sede também considerou que o AP estaria posicionado do lado de fora da mesma, também para minimizar as atenuações. A Figura 37 mostra o posicionamento do AP na sede da granja.

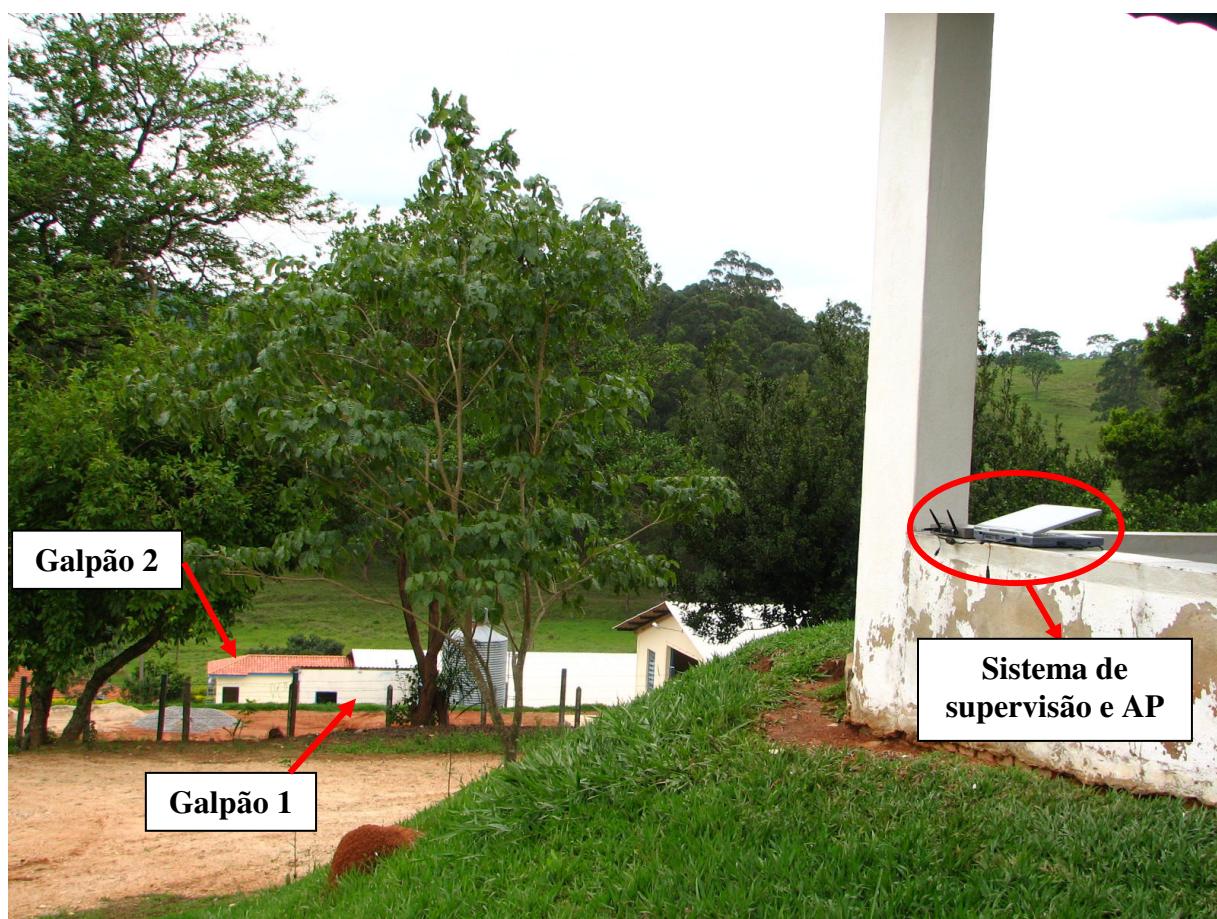


Figura 37: Posicionamento do sistema de supervisão e AP na sede da granja para realização da sondagem

Uma vez posicionado o AP e conversor Ethernet T316, passou-se a realizar as medições utilizando-se o aplicativo de configuração do conversor T316. Esse aplicativo é instalado no próprio T316 e pode ser acessado digitando-se o endereço IP do T316 no *browser* do *notebook* conectado ao AP. A página principal desse aplicativo mostra diversas

informações sobre a rede *wireless* a qual o T316 pertence, sendo três delas importantes para a avaliação da mesma: “*Current transmission rate*”, “*Current communications quality*” e “*Signal strength*”.

A “*Current transmission rate*” indica a taxa de transmissão (Mbits / s) obtida naquele instante. Dependendo das condições locais (distância, presença de barreiras permanentes e temporárias, fontes de ruído permanentes e temporárias) essa taxa de transmissão pode variar. A “*Current communications quality*” (%) refere-se a qualidade da comunicação entre os dispositivos e a “*Signal strength*” (%) representa a força do sinal naquele ponto e ambas as medidas são igualmente influenciadas pelas condições locais.

Com o T316 posicionado no depósito de cada galpão, foram feitas 10 medições desses valores, de minuto em minuto. Com os valores obtidos calculou-se a média aritmética de cada um para cada galpão.

4. Resultados e discussão

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos com a realização deste trabalho. Como o principal propósito deste trabalho foi o desenvolvimento de um sistema para supervisão de sensores e dispositivos microprocessados aplicado em ambientes protegidos, entende-se como resultados obtidos não somente os relacionados ao desempenho do sistema, mas também todos os procedimentos e métodos utilizados no desenvolvimento do mesmo.

4.1. Integração de Hardware

Para o desenvolvimento do sistema foi necessária a integração e configuração de diversos componentes de *hardware*. Começando pela necessidade de simulação de grandezas analógicas e digitais para representação dos sensores e dispositivos utilizados no controle ambiental de uma granja, desenvolveu-se 3 bancadas para a geração de sinais: uma para geração de até 16 sinais analógicos, uma para simulação de até 16 sinais digitais e uma para simulação de até 16 saídas digitais. Essas bancadas foram muito utilizadas em todo desenvolvimento, para testes de parte ou de todo sistema.

Também foram utilizadas 4 interfaces remotas de aquisição de dados, chamadas neste trabalho de módulos escravos. Em cada módulo foram feitas ligações elétricas relacionadas a infraestrutura do sistema (RS485 e alimentação) e também de sinais, conforme a natureza das entradas ou saídas de cada módulo. Através do utilitário *Dcon Utility* configurou-se características dos sinais elétricos e da rede RS485 para cada módulo, deixando essa funcional.

O módulo mestre (I7188EXD) também foi preparado para a aplicação. Como a mesma previa comunicação Modbus/TCP seu *firmware* foi modificado para uma outra versão contemplando esse recurso. Também foram feitas ligações elétricas relacionadas a infraestrutura do sistema (RS485 e alimentação), bem como para a comunicação com o *notebook*, de onde foram instalados os aplicativos para gerenciamento dos sensores e dispositivos do galpão. A Figura 38 mostra o resultado da integração de hardware.

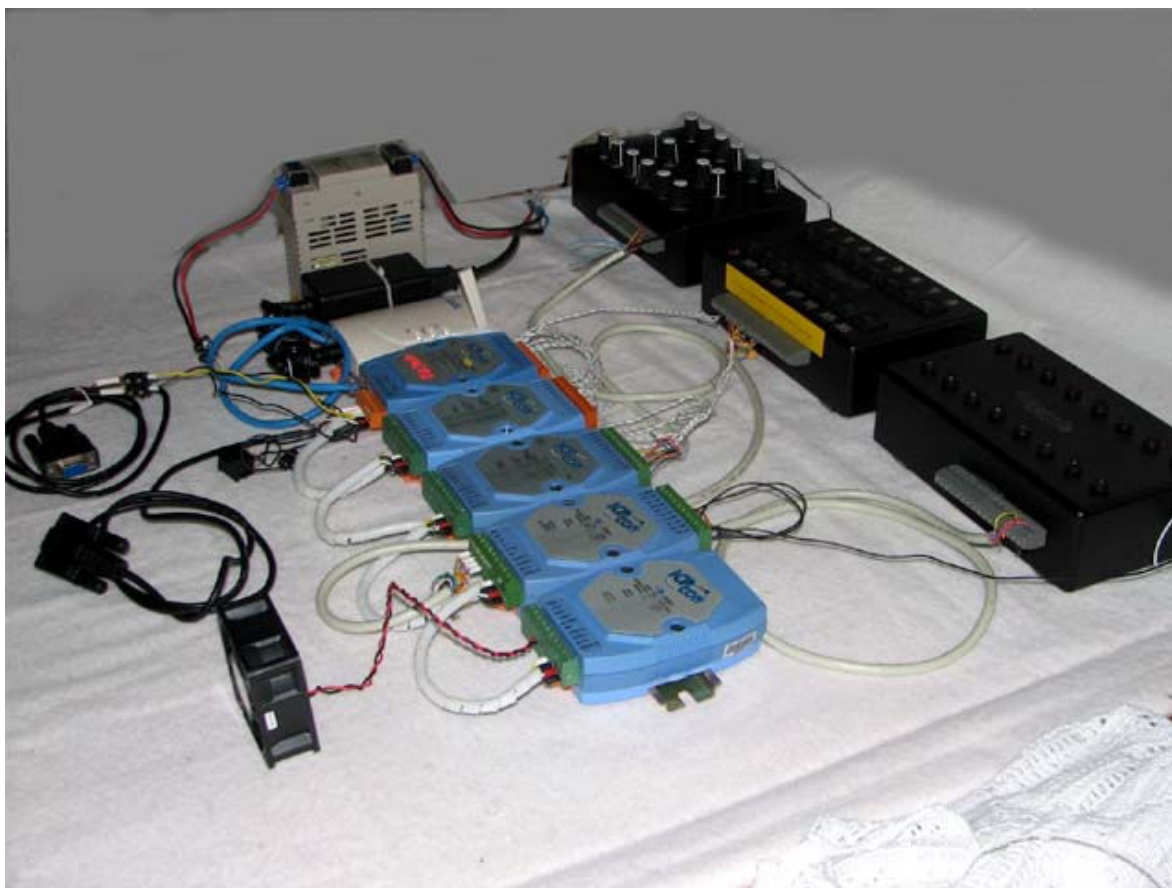


Figura 38: Equipamentos utilizados no trabalho, configurados e integrados

4.2. Integração e configuração da rede Ethernet 802.11b

Os dispositivos utilizados para a formação da rede Ethernet 802.11b foram configurados e instalados para permitir a comunicação entre o sistema de supervisão e o módulo mestre. Foi definida uma arquitetura de rede adequada à aplicação e serviços de rede disponíveis no módulo NWH660 (*Access Point*) foram habilitados ou desabilitados visando tornar a rede mais segura e eficiente.

4.3. Software do módulo mestre

Foi desenvolvido e instalado no módulo mestre um aplicativo para comunicação com os módulos escravos e com o sistema de supervisão. Esse aplicativo manda comandos para os módulos escravos através da rede RS485, utilizando-se o protocolo proprietário do fabricante,

chamado Dcon. Com esses comandos são obtidos valores dos sensores instalados no módulo escravo ou então são feitos acionamentos a dispositivos a eles conectados.

Além disso, o aplicativo responde aos comandos Modbus/TCP enviados pelo sistema de supervisão através da infraestrutura Ethernet instalada. Essencialmente os comandos enviados são para leitura e escrita de valores da tabela Modbus implementada no módulo. Também foi implementado no módulo uma rotina para acionamentos de dispositivos considerados na aplicação. Essa rotina usa como referência valores passados pelo sistema de supervisão e o aplicativo desenvolvido ainda permite que os mesmos sejam salvos na memória EEPROM do módulo, tornando-os recuperáveis em caso de queda de energia. A Figura 39 apresenta o fluxograma simplificado deste software.

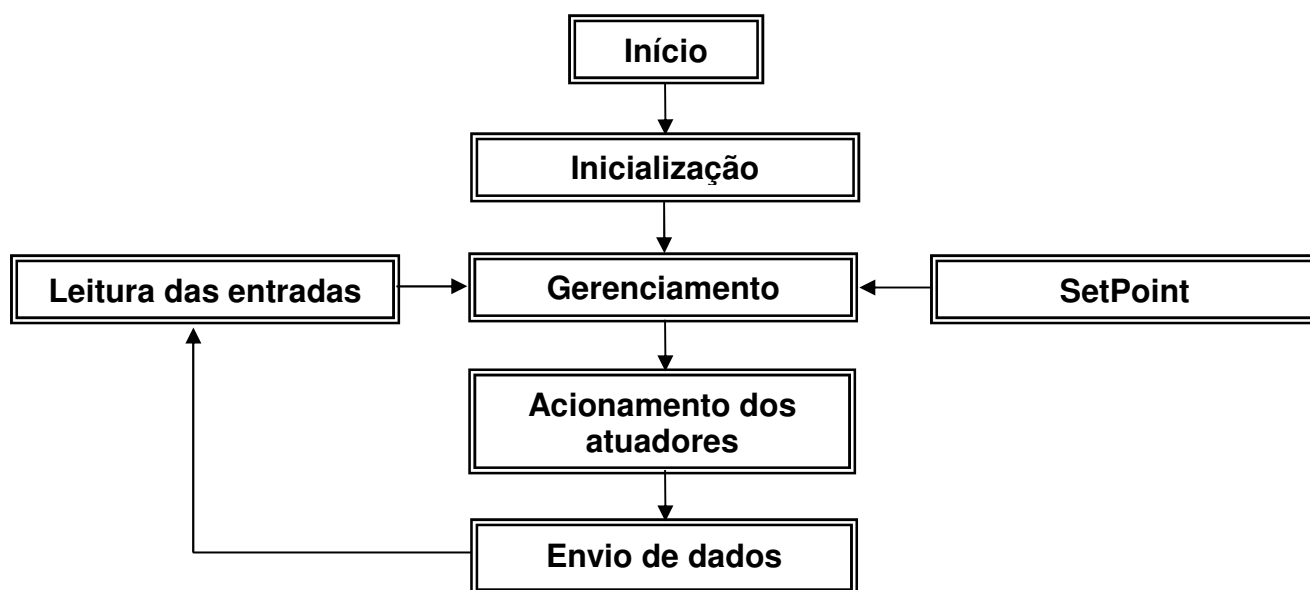


Figura 39: Fluxograma simplificado do aplicativo desenvolvido para o módulo mestre.

4.4. Integração de Software

Para o desenvolvimento do software de supervisão foi utilizada a interface OPC, o que levou a integração do servidor OPC fornecido pelo fabricante (NAPOPC) do módulo mestre ao cliente OPC fornecido pelo fabricante do DAQBench (*Tag Server*), utilizado para o desenvolvimento do sistema de supervisão da plataforma Microsoft Visual Basic.

No servidor OPC foi configurada a interface de comunicação com o módulo mestre definindo-se seu endereço IP e porta Ethernet para comunicação. Feito isso foram adicionadas e configuradas as *tags* do sistema, conforme tabela Modbus implementada no módulo mestre. Uma vez configurado o servidor OPC, fez-se a conexão do cliente OPC *Tag Server* ao mesmo, utilizando-se sua interface gráfica, o *Tag Utility*. Nesta foi criada um novo grupo de *tags*, o qual foi vinculado ao servidor NAPOPC. Para este novo grupo foram importadas todas as *tags* mapeadas anteriormente no servidor NAPOPC. A partir deste instante, os controles DAQBench utilizados no desenvolvimento do sistema de supervisão na plataforma Microsoft Visual Basic puderam ser vinculados indiretamente aos valores da tabela Modbus implementada no módulo mestre.

4.5. Software de supervisão

O software de supervisão foi desenvolvido na plataforma Microsoft Visual Basic, utilizando-se o pacote de componentes *ActiveX* chamado DAQBench. Nos controles estruturais do Visual Basic foram adicionados os controles do DAQBench apropriados para a função da aplicação. A maior parte dos controles DAQBench foi vinculada direta ou indiretamente à tabela Modbus do módulo mestre, utilizando-se a integração OPC descrita anteriormente. No arranjo destes controles na tela inicial bem como na escolha dos mesmos buscou-se obter uma representação dos processos e elementos existentes nos galpões de criação. Além da tela principal, foram também criadas janelas adicionais contendo funcionalidade específica, conforme apresentado a seguir.

Tela principal: contém a representação do galpão, indicando seus principais elementos e mostrando os valores das grandezas e também o estado dos dispositivos considerados no desenvolvimento deste trabalho. Também apresenta um menu para acesso dos demais recursos do aplicativo, listados na sequência, conforme pode ser visto na Figura 40.

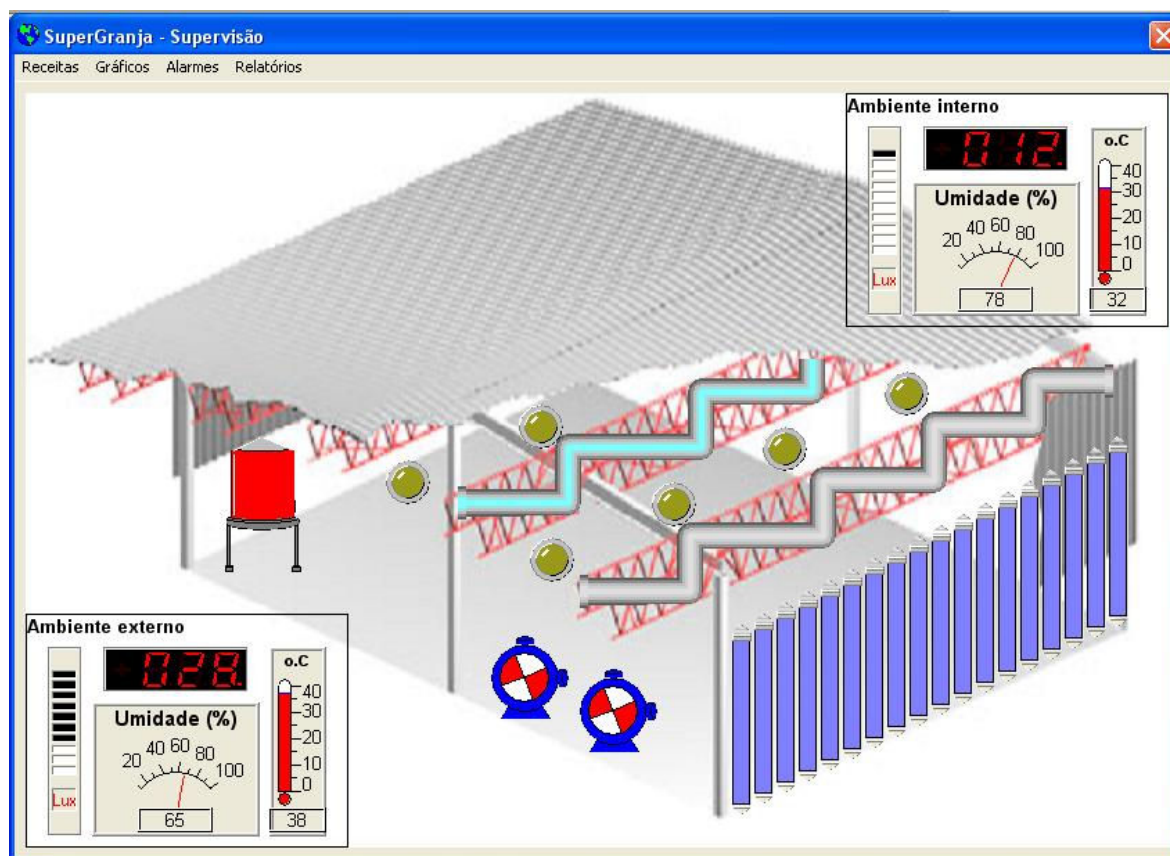


Figura 40: Tela principal do sistema de supervisão.

Os dois quadros apresentados na Figura 40 contêm os indicadores dos valores da temperatura, umidade, luminosidade e velocidade do vento, medidos interna e externamente ao galpão.

Menu “Receitas”: permite que o usuário configure os valores de referência para cada uma das grandezas consideradas no trabalho. Uma vez configurados os valores, o sistema de supervisão atualiza a tabela Modbus do módulo mestre e os salva na memória EEPROM do mesmo. A Figura 41 mostra a tela acessada através do menu “Receitas”.

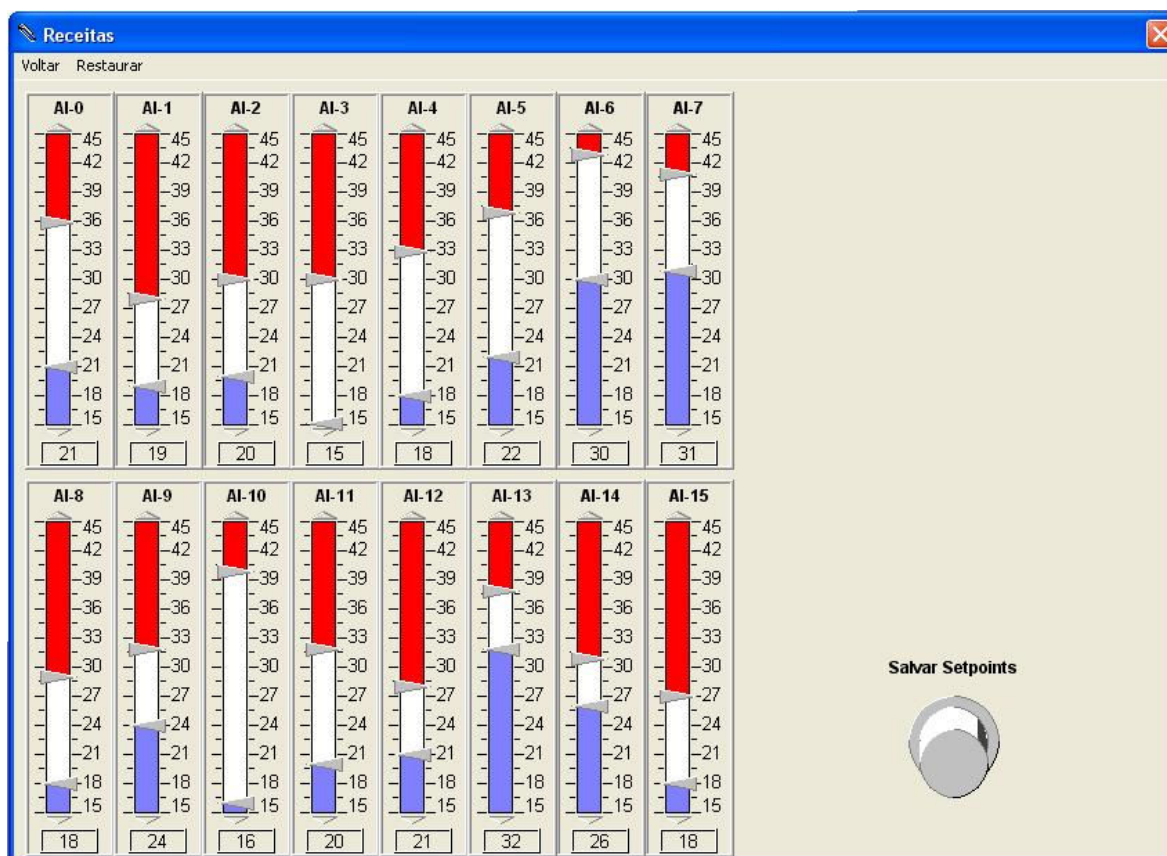


Figura 41: Tela para configuração dos valores de referência.

A barra azul mostrada nos controles da Figura 41 refere-se a temperatura de referência mínima e a vermelha refere-se a máxima. Seus valores são alterados mediante movimentação dos cursores deslizantes que definem o tamanho das mesmas. Uma vez definidos os valores, o botão “Salvar Setpoints” deve ser pressionado.

Menu “Gráficos”: permite que o usuário monitore em tempo real os valores de temperatura e umidade, tanto interna quanto externamente ao galpão. Também permite que dados dessas grandezas armazenados no banco de dados sejam recuperados e apresentados de forma gráfica. A Figura 42 mostra a tela acessada através do menu “Gráficos”.

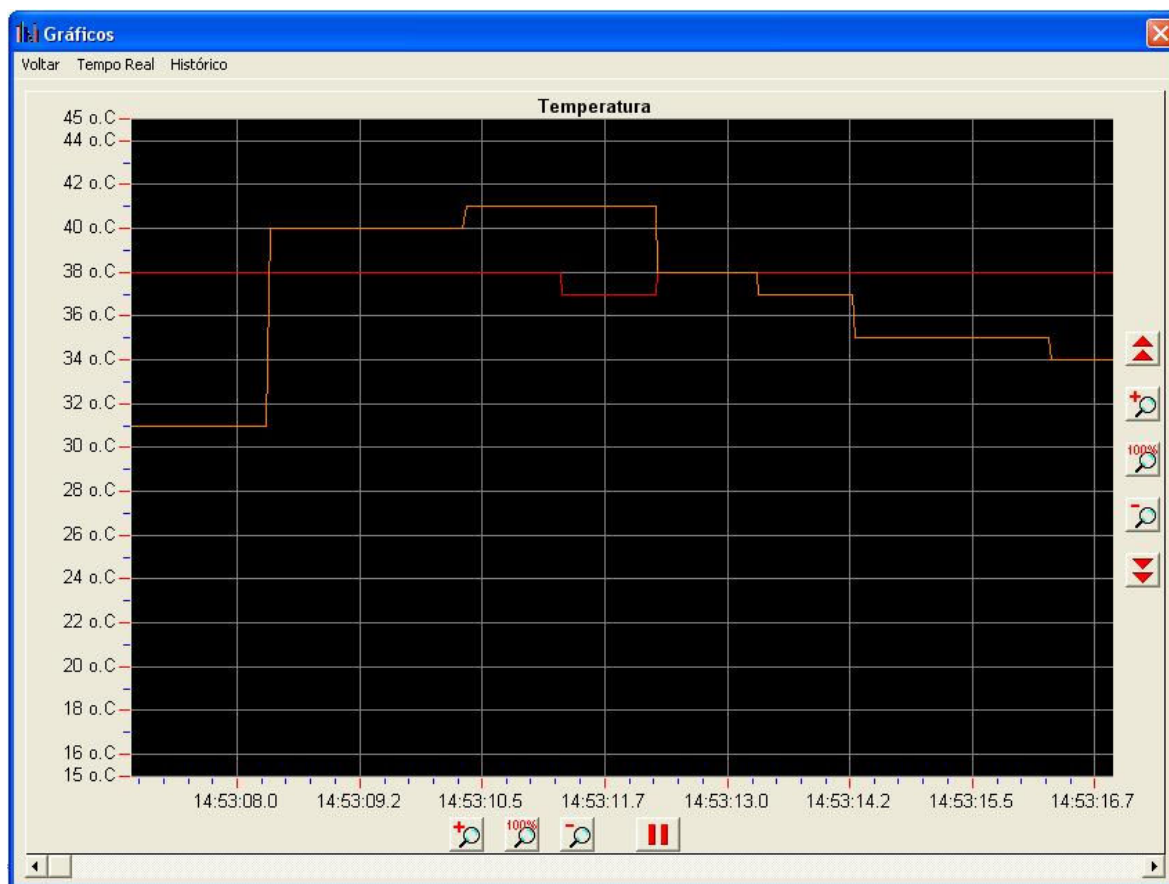
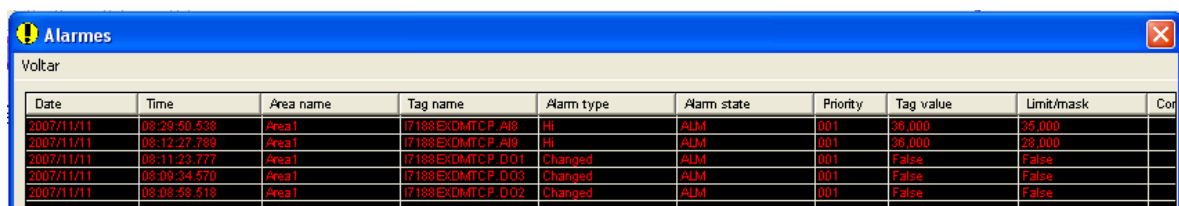


Figura 42: Tela acessada a partir do menu "Gráficos".

Menu “Alarmes”: dá acesso ao usuário a um quadro para monitoração das *tags* que encontram-se fora dos limites estabelecidos. As variáveis são adicionadas e removidas no quadro automaticamente pelo *Tag Server*, na medida que retornam a seus valores normais. A Figura 43 mostra parte da tela acessada através do menu “Alarmes”.



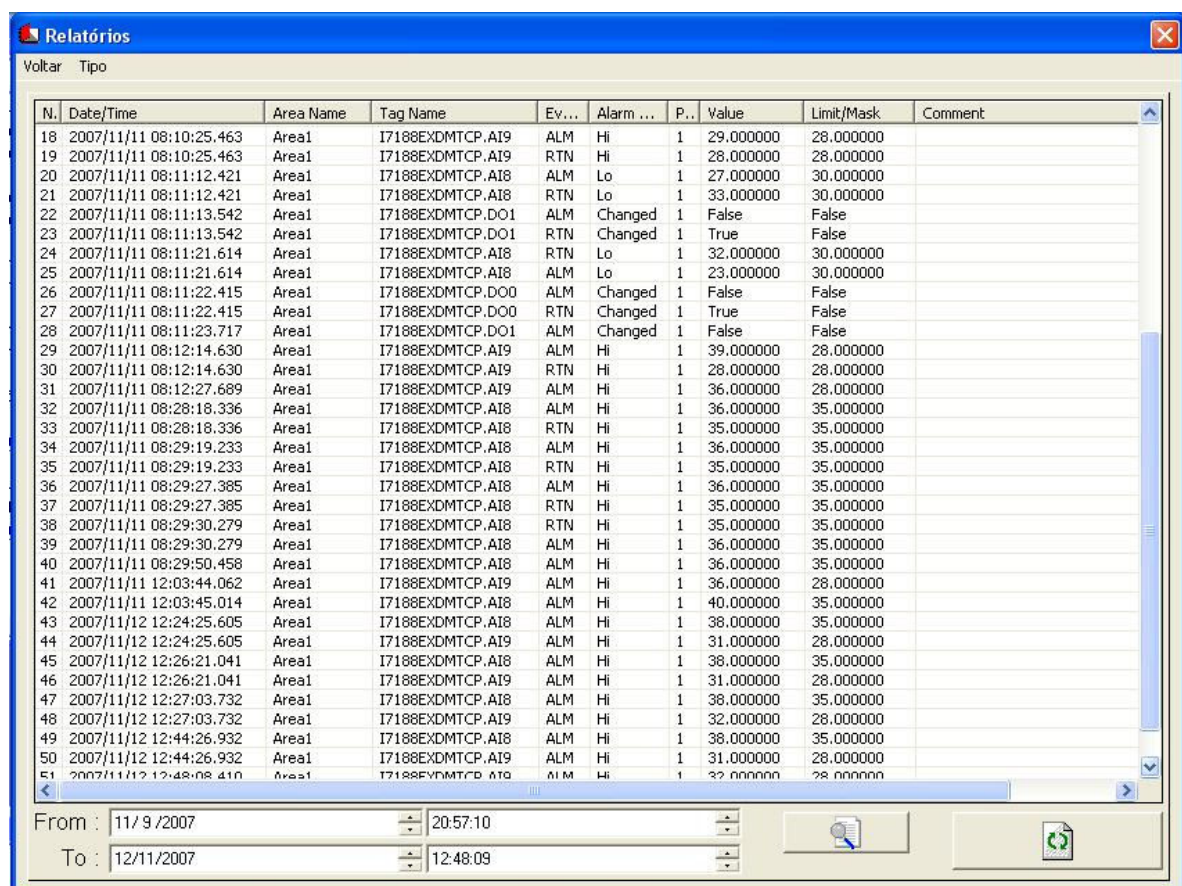
Alarmes

Voltar

Date	Time	Area name	Tag name	Alarm type	Alarm state	Priority	Tag value	Limit/mask	Cor
2007/11/11	08:29:50.538	Area1	I7188EXDMTCP.AI8	Hi	ALM	001	36.000	36.000	
2007/11/11	08:12:27.789	Area1	I7188EXDMTCP.AI9	Hi	ALM	001	36.000	28.000	
2007/11/11	08:11:23.777	Area1	I7188EXDMTCP.D01	Changed	ALM	001	False	False	
2007/11/11	08:09:34.570	Area1	I7188EXDMTCP.D03	Changed	ALM	001	False	False	
2007/11/11	08:08:58.518	Area1	I7188EXDMTCP.D02	Changed	ALM	001	False	False	

Figura 43: Parte da tela acessada através do menu "Alarmes", mostrando o quadro de tags alteradas.

Menu “Relatórios”: permite que o usuário consulte os eventos de alarmes e os valores de tags dentro de um determinado período especificado pelo mesmo. Os resultado da consulta ao banco de dados é mostrado na tela na forma de tabela, conforme pode ser verificado na Figura 44.



Relatórios

Voltar Tipo

N.	Date/Time	Area Name	Tag Name	Ev...	Alarm ...	P..	Value	Limit/Mask	Comment
18	2007/11/11 08:10:25.463	Area1	I7188EXDMTCP.AI9	ALM	Hi	1	29.000000	28.000000	
19	2007/11/11 08:10:25.463	Area1	I7188EXDMTCP.AI9	RTN	Hi	1	28.000000	28.000000	
20	2007/11/11 08:11:12.421	Area1	I7188EXDMTCP.AI8	ALM	Lo	1	27.000000	30.000000	
21	2007/11/11 08:11:12.421	Area1	I7188EXDMTCP.AI8	RTN	Lo	1	33.000000	30.000000	
22	2007/11/11 08:11:13.542	Area1	I7188EXDMTCP.D01	ALM	Changed	1	False	False	
23	2007/11/11 08:11:13.542	Area1	I7188EXDMTCP.D01	RTN	Changed	1	True	False	
24	2007/11/11 08:11:21.614	Area1	I7188EXDMTCP.AI8	RTN	Lo	1	32.000000	30.000000	
25	2007/11/11 08:11:21.614	Area1	I7188EXDMTCP.AI8	ALM	Lo	1	23.000000	30.000000	
26	2007/11/11 08:11:22.415	Area1	I7188EXDMTCP.D00	ALM	Changed	1	False	False	
27	2007/11/11 08:11:22.415	Area1	I7188EXDMTCP.D00	RTN	Changed	1	True	False	
28	2007/11/11 08:11:23.717	Area1	I7188EXDMTCP.D01	ALM	Changed	1	False	False	
29	2007/11/11 08:12:14.630	Area1	I7188EXDMTCP.AI9	ALM	Hi	1	39.000000	28.000000	
30	2007/11/11 08:12:14.630	Area1	I7188EXDMTCP.AI9	RTN	Hi	1	28.000000	28.000000	
31	2007/11/11 08:12:27.689	Area1	I7188EXDMTCP.AI9	ALM	Hi	1	36.000000	28.000000	
32	2007/11/11 08:28:18.336	Area1	I7188EXDMTCP.AI8	ALM	Hi	1	36.000000	35.000000	
33	2007/11/11 08:28:18.336	Area1	I7188EXDMTCP.AI8	RTN	Hi	1	35.000000	35.000000	
34	2007/11/11 08:29:19.233	Area1	I7188EXDMTCP.AI8	ALM	Hi	1	36.000000	35.000000	
35	2007/11/11 08:29:19.233	Area1	I7188EXDMTCP.AI8	RTN	Hi	1	35.000000	35.000000	
36	2007/11/11 08:29:27.385	Area1	I7188EXDMTCP.AI8	ALM	Hi	1	36.000000	35.000000	
37	2007/11/11 08:29:27.385	Area1	I7188EXDMTCP.AI8	RTN	Hi	1	35.000000	35.000000	
38	2007/11/11 08:29:30.279	Area1	I7188EXDMTCP.AI8	RTN	Hi	1	35.000000	35.000000	
39	2007/11/11 08:29:30.279	Area1	I7188EXDMTCP.AI8	ALM	Hi	1	36.000000	35.000000	
40	2007/11/11 08:29:50.458	Area1	I7188EXDMTCP.AI8	ALM	Hi	1	36.000000	35.000000	
41	2007/11/11 12:03:44.062	Area1	I7188EXDMTCP.AI9	ALM	Hi	1	36.000000	28.000000	
42	2007/11/11 12:03:45.014	Area1	I7188EXDMTCP.AI8	ALM	Hi	1	40.000000	35.000000	
43	2007/11/12 12:24:25.605	Area1	I7188EXDMTCP.AI8	ALM	Hi	1	38.000000	35.000000	
44	2007/11/12 12:24:25.605	Area1	I7188EXDMTCP.AI9	ALM	Hi	1	31.000000	28.000000	
45	2007/11/12 12:26:21.041	Area1	I7188EXDMTCP.AI8	ALM	Hi	1	38.000000	35.000000	
46	2007/11/12 12:26:21.041	Area1	I7188EXDMTCP.AI9	ALM	Hi	1	31.000000	28.000000	
47	2007/11/12 12:27:03.732	Area1	I7188EXDMTCP.AI8	ALM	Hi	1	38.000000	35.000000	
48	2007/11/12 12:27:03.732	Area1	I7188EXDMTCP.AI9	ALM	Hi	1	32.000000	28.000000	
49	2007/11/12 12:44:26.932	Area1	I7188EXDMTCP.AI8	ALM	Hi	1	38.000000	35.000000	
50	2007/11/12 12:44:26.932	Area1	I7188EXDMTCP.AI9	ALM	Hi	1	31.000000	28.000000	
51	2007/11/12 12:48:08.410	Area1	I7188EXDMTCP.AI9	ALM	Hi	1	32.000000	28.000000	

From : 11/9/2007 20:57:10 To : 12/11/2007 12:48:09

Figura 44: Tela do menu "Relatórios" mostrando dados de eventos de alarme.

O usuário pode selecionar tipo de relatório (dados ou eventos de alarme) a partir do menu “Tipo”. Ele também pode restringir a pesquisa e a apresentação das informações conforme o intervalo de tempo definido de tempo definido pelos campos “From” e “To”.

Menu “Entradas/Saídas”: neste item de menu o usuário pode efetuar acionamentos diretamente do sistema de supervisão, sem intervenção do módulo mestre. Esse menu também permite a visualização das demais grandezas do sistema, servindo como uma interface para testes e identificação de problemas no mesmo. A Figura 45 mostra a tela acessada através desse menu.

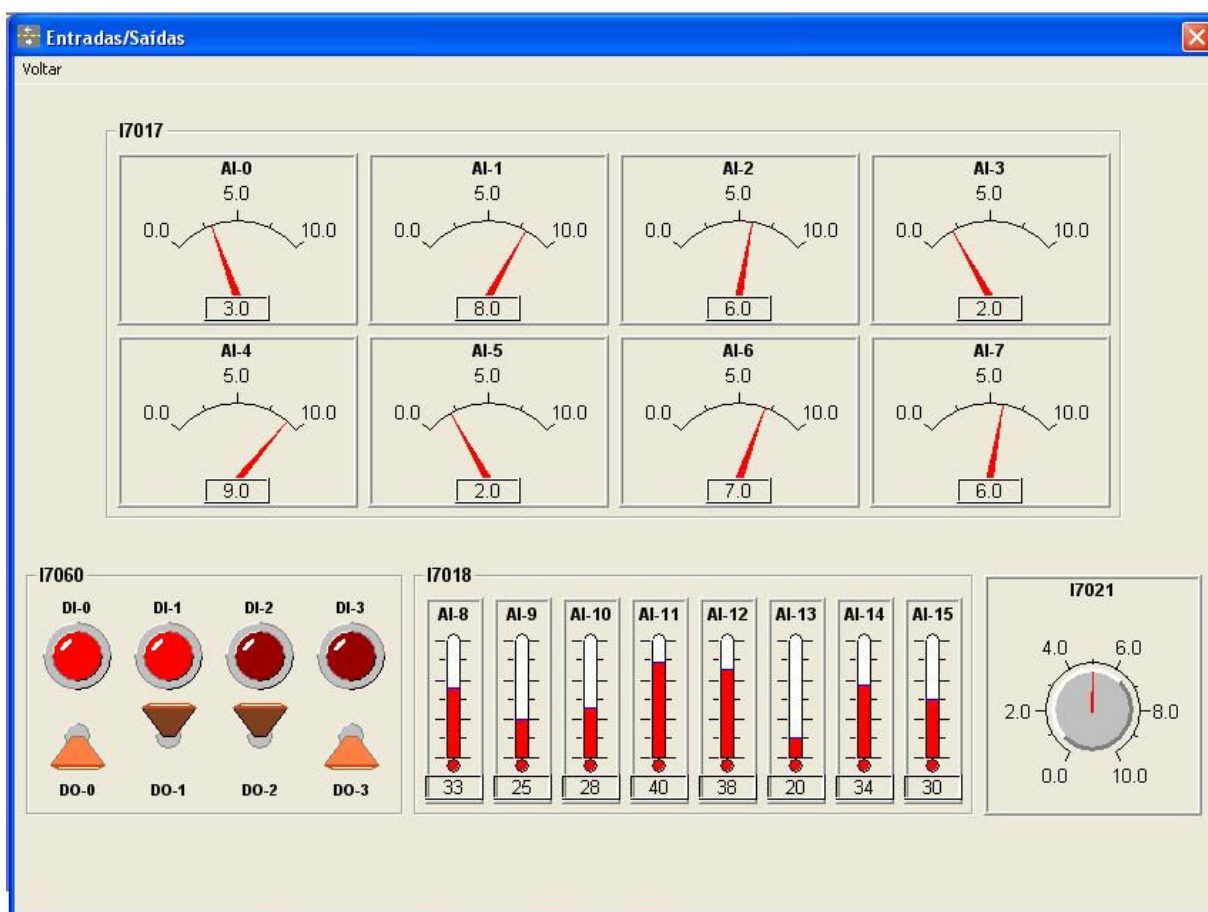


Figura 45: Tela acessada através do menu "Entradas/Saídas".

4.6. Resultados dos testes do protótipo

4.6.1. Testes funcionais

Monitoração

Neste teste pode-se verificar a resposta do sistema como um todo, variando-se os sinais analógicos conectados aos módulos I7017 e I7018. Na medida em que os potenciômetros da bancada de sinais analógicos foram variados, os valores mostrados na tela principal do sistema de supervisão também foram, acompanhando os valores. O mesmo aconteceu com o aquecimento da junta de medição dos termopares tipo J, conectados ao módulo I7018. Seus indicadores na tela principal do sistema acompanharam o aquecimento.

Acionamento remoto

A partir da janela “Entradas/Saídas” fez-se o acionamento dos controles associados às saídas digitais do módulo I7060, verificando-se que o LED da bancada associado à saída acendia e apagava conforme o acionamento. Para teste da saída analógica do módulo I7021, ajustou-se o valor do potenciômetro representado na mesma janela e pode-se verificar que o multímetro conectado a saída digital do módulo indicava o mesmo valor.

Acionamento local

A partir do aquecimento dos termopares e do acionamento dos potenciômetros da bancada verificou-se o acionamento das saídas digitais do módulo I7060 através do acendimento dos LEDs da bancada digital, controladas pelo módulo mestre. Com isso verificou-se o funcionamento da rotina de gerenciamento instalada no módulo mestre.

4.6.2. Testes de campo com a rede Ethernet 802.11b

Conforme descrito no capítulo anterior, foi feita uma sondagem do sinal de rádio da rede Ethernet IEEE 802.11b instalada em campo, num local com potencial para a utilização do sistema. Os resultados desse procedimento encontram-se na Tabela 1:

Tabela 1: Resultado da sondagem de campo

Local	Força do sinal (%)	Qualidade da comunicação atual (%)	Taxa de transmissão atual (Mbits/s)
Galpão 1	36	37	11
Galpão 2	Não Avaliado	Não Avaliado	Não Avaliado
Galpão 3	60	59	11
Galpão 4	51	46	11

Para a medição do sinal do Galpão 1, o T316 foi colocado a 77 metros do NWH660, o que é uma distância bastante próxima do alcance previsto na documentação do primeiro equipamento. Além do mais, o valor apresentado pelo fabricante considera condição de visada absoluta entre as antenas, o que não foi respeitado nesse caso, uma vez que existiam árvores entre as mesmas. Isso ajuda a explicar a razão pela qual a força e a qualidade do sinal apresentaram valores bem menores do que nos demais pontos de medição. Infelizmente, o Galpão 2 estava em obras no dia do ensaio, impossibilitando a realização de medidas no local.

Nos Galpões 3 e 4, além das distâncias entre os mesmos e a sede administrativa serem menores (35 e 54 metros, respectivamente), não haviam barreiras físicas significativas, o que contribuiu para que a qualidade e a força dos sinais fossem melhores.

Entretanto, apesar dos índices avaliados apontarem para a viabilidade da comunicação de dados no local, é necessário ressaltar que as antenas utilizadas para o teste não são as mais adequadas. A antena utilizada no T316, além de ser omnidirecional (o que significa menos potência, porém em todas as direções), é fixa. Dessa forma não é possível a substituição da mesma por uma outra antena com características mais adequadas para a aplicação, como uma antena direcional, que permite a emissão de mais potência num ângulo de espalhamento menor.

Já a antena do NWH660 é omnidirecional, o que é interessante para este caso, uma vez que permite a comunicação com os galpões que estão acima e abaixo da sede administrativa.

Porém ela é pequena, e foi utilizada conectada diretamente ao AP, sendo que o ideal seria a utilização de uma antena maior (com maior ganho) e que fosse instalada num local diferente do NWH660, como no teto da sede ou no alto de um poste.

Em seu trabalho, Silva (2004) monitora o comportamento de porcos em diferentes estágios de criação (gestação, maternidade, creche e crescimento) em função do micro-clima de cada baia do galpão. Nele a autora reporta a dificuldade encontrada na implantação de uma rede de comunicação sem fio para transmissão dos dados coletados nos galpões de criação de suínos para o computador central, feita inicialmente através de rádio frequência (RF) instalando-se um rádio-modem em cada porta RS232 disponível nos dispositivos de aquisição de dados. A dificuldade na transmissão dos dados levou a autora a optar pela substituição da rede RF por uma RS485 cabeada, baseada em conversores RS232/RS485 com endereçamentos desenvolvidos especialmente para este fim. Este caso ilustra a importância do mapeamento dos sinais de radiofrequência através do processo de sondagem do local, afim de que se detecte a viabilidade de implantação da mesma.

5. Conclusões

Após a realização deste trabalho pode-se chegar às seguintes conclusões:

- Tanto os testes funcionais quanto os testes de comunicação mostraram a viabilidade do sistema, apesar das oportunidades de melhoria na infraestrutura de comunicação utilizada.
- Os aplicativos desenvolvidos mostraram-se adequados para o propósito do sistema, implementando as funcionalidades especificadas para o mesmo.
- As ferramentas de software utilizadas mostraram-se bastante flexíveis, estáveis e de fácil aplicação, motivando o uso das mesmas no desenvolvimento de outras soluções.
- A interface OPC utilizada mostrou-se bastante intuitiva, o que contribui para o rápido desenvolvimento de aplicações distribuídas, que podem ser largamente utilizadas em aplicações agrícolas.
- Os equipamentos utilizados, além da estabilidade eletrônica e resistência mecânica, baseiam-se em ferramentas de desenvolvimento de aplicativos consagradas no mercado e não proprietárias, o que confere ao programador liberdade na escolha dos equipamentos e fornecedores.
- Assim como a interface OPC, a utilização de redes IEEE 802.11b mostrou-se estável, flexível e de fácil instalação, simplificando a integração de dados em aplicações agrícolas, que normalmente abrangem grandes áreas geográficas.

6. Sugestões para trabalhos futuros

Durante o desenvolvimento deste trabalho pode-se verificar algumas oportunidades para a elaboração de novos trabalhos e pesquisas, apresentadas abaixo:

- **Estudo de algoritmos de controle aplicados à criação animal:** o controle integrado dos acionamentos dos dispositivos utilizados para proporcionar conforto térmico aos animais é tecnicamente complexo e dependente de especialistas na criação dos mesmos. Um trabalho conjunto entre o especialista na criação dos animais e o especialista em ferramentas de controle pode agregar grande valor científico à engenharia agrícola.
- **Integração com a internet:** o estudo de ferramentas de desenvolvimento voltadas para a internet e o comportamento da aplicação neste ambiente também pode ser objeto de estudo de um outro trabalho.
- **Estudo para dimensionamento e posicionamento de sensores nos galpões:** a instrumentação do galpão é uma parte vital para o sucesso de um sistema de controle e monitoração. Por isso o conhecimento do comportamento da grandeza física de interesse, a quantidade de sensores para uma boa representação da mesma no ambiente e a posição destes no interior do galpão também é uma oportunidade de pesquisa.

7. Referências Bibliográficas

ABREU,V.M.N; ABREU,P.G.de. **Diagnóstico Bioclimático para Produção de Aves na Mesorregião Centro Sul Baiano**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 7p.(Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 352), 2003 (SERIADO).

BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais - conforto animal**. Viçosa: Editora UFV, 1997. 246 p.

BANDEIRA FILHO, José Jefferson. **Sistema de Interconexão de equipamentos eletro/eletrônicos para zootecnia de precisão**. 2003. 46 f. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BARNWELL, R.; ROSSI, A. Maximização da Performance em Períodos Quentes.**Avicultura Industrial**, São Paulo, n. 11, ano 94, ed. 1107, p. 72-80, nov.2003.

BELLAVER, C. **Segurança alimentar e controle de qualidade no uso de ingredientes para alimentação dos suínos. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA. Disponível em:**

http://www.conferencia.uncnet.br/pork/seg/pal/anais01p2_bellaver_pt.pdf. Acesso em 04/11/2006.

CANSADO, Jacinto Carlos Ascêncio. **Agrilogic – Sistema para experimentação de controle climático de casas de vegetação**. 2003. 118 f. Dissertação (Mestrado)- Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, Universidade de São Paulo, São Paulo.

CASTAÑEDA-MIRANDA, R. et al (2006). Fuzzy Greenhouse Climate Control System based on a Field Programmable Gate Array. **Biosystems Engineering**, **94** (2), 165-177

CHERMONT, MARLON G et al. Automação predial aplicada a estufas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA. Londrina, 2005. **SBI Agro 2005**. Londrina, p. 9.

COX, S.W.R. **Farm Electronics**. Oxford: BSP Professional Books, 1988. 156 p.

FONTES, I. R.; CAGNON, J. A.; RODRIGUES, J. M. Sistema de supervisão e controle para casas de vegetação empregando rede wireless de sensores. In: AGRENER 2004, 5, 2004, Campinas. **5º Encontro de Energia no Meio Rural e Geração Distribuída**. Campinas. Anais. 2004. p. 48

GUSTIN, P. C. Programa de Qualidade Total para Maximizar a Eficiência do Incubatório nas Condições Brasileiras. In: **Manejo de Matrizes**, Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 1999. p.165-195.

HOLROYD, P. **Tendências do mercado de carne no novo milênio (Tendency of meat market for the new milenium)**. Campinas: *Proceedings APINCO*, May 2000. p. 93-109.

MOURA, D. J. Ambiência na Produção de Aves de Corte. In: Silva, I.J.O. (Org.). **Ambiência na Produção de Aves em Clima Tropical**. 1 ed. Jaboticabal: SBEA, 2001. v.2. p. 75-149.

NÄAS, I. A.; FIALHO, F. B. Zootecnia de precisão (Precision Animal Production). In: Silva, I. J. O (Org.). **Ambiência na produção de leite em clima quente**. 1 ed. Piracicaba, FEALQ, 1998, v.1 , p. 1-9.

NÄÄS, I.A.; MIRAGLIOTTA, M.Y.; ARADAS, M,E.C.; SILVA, I. J.O.; BARACHO, M.S. Controle e Sistematização em Ambientes de Produção. In: Silva, I. J. O (Org.). **Ambiência na Produção de Aves em Clima Tropical**. 1 ed. Jaboticabal: SBEA, 2001, v. 2, p. 165-200.

ROSSI, P.R. Sistemas de climatização de instalações avícolas. In: **Simpósio Internacional sobre Ambiência e Sistemas de Produção Avícola**, 1998, Concórdia-SC. Anais...Concórdia: Embrapa CNPA. 1998, p. 1-6.

SERÔDIO, C. M. J.; MONTEIRO, J. L.; COUTO, C. A. C. An integrated network for agricultural management applications. In: **Proceedings of the 1998 IEEE Internacional Symposium on Industrial Electronics**. Pretoria, South África. v.2, p. 679-683.

SERÔDIO, C. M. J. et al. Embedded Java in agricultural control systems. In: **Industrial Electronics Society, 1999. IECON 99 Proceedings. The 25th Annual Conference of the IEEE**. San Jose, CA, USA., 1999. v.2, p. 716-721.

SILVA, Késia Oliveira da. **Viabilidade do uso da rastreabilidade eletrônica na produção de suínos**. 2004. 152 f. Tese (Doutorado)- Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

STIPANICEV, D.; MARASOVIC, J. Networked embedded greenhouse monitoring and control. In: **Control Applications, 2003. CCA 2003. Proccedings of 2003 IEEE Coference**. Istambul. v.2, p. 1350-1355.

TEETER R. G.; BELAY, T. Broiler water balance and thermoneutral and high ambient temperature exposure. **Poultry Sci.** Champaign, v. 72, n.1, p. 116-124, jan. 1993.

TINÔCO, I. F.F. Ambiência e instalações para avicultura industrial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, e Encontro Nacional de Técnicos, Pesquisadores e Educadores de Construções Rurais, 3, 1998, Poços de caldas, MG. **Anais**. Lavras:UFLA/SBEA, 1998, p. 1-86.

SILVA, A.; NÄÄS I. A. Equipamentos para aquecimento e refrigeração. In: **Produção de frangos de corte**. 1^a ed. Campinas. **Facta**, 2004. cap 5, p. 85-94.

VÁRALLY, L. et al. **Computer controlled system in the agricultural greenhouses**. Debrecen: Debrecen University. Agricultural Center. 1996.

WANG, N.; ZHANG, N.; WANG, M. (2006). Wireless sensors in agriculture and food industry – Recent development and future perspective. **Computers and Electronics in Agriculture**, 50, 1–14