

ANTONIO JOSÉ STEIDLE NETO

AVALIAÇÃO DO SISTEMA 1-WIRE™ PARA AQUISIÇÃO DE DADOS DE
TEMPERATURA EM INSTALAÇÕES AGRÍCOLAS

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2003

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S818a
2003

Steidle Neto, Antonio José, 1976
Avaliação do sistema 1-wireTM para aquisição de dados
de temperatura em instalações agrícolas / Antonio José
Steidle Neto. - Viçosa : UFV, 2003
110p. : il.

Orientador: Fernando da Costa Baêta
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa

1.Construções rurais - Temperatura - Monitoramento.
2. Detectores - Processamento de dados. 3. Detectores -
Calibração. 4. Medidas eletrônicas - Processamento de
dados. 5. Sistemas de coleta automática de dados. 6.
SISDAT (Programa de computador). I. Universidade
Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 19.ed. 631.3

CDD 20.ed. 631.3

ANTONIO JOSÉ STEIDLE NETO

AVALIAÇÃO DO SISTEMA 1-WIRE™ PARA AQUISIÇÃO DE DADOS DE
TEMPERATURA EM INSTALAÇÕES AGRÍCOLAS

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

Aprovada em: 18 de fevereiro de 2003.

Prof. Sérgio Zolnier
(Conselheiro)

Prof. José Helvecio Martins
(Conselheiro)

Prof. Paulo Marcos de Barros Monteiro

Prof^a. Cecília de Fátima Souza

Prof. Fernando da Costa Baêta
(Orientador)

"Se você está percorrendo um caminho, comprometa-se com ele. Mesmo que precise dar passos incertos, mesmo que saiba que pode fazer melhor o que está fazendo. Se você aceitar suas possibilidades no presente, com toda certeza vai melhorar no futuro. Mas, se negar suas limitações, jamais se verá livre delas.

Enfrente o caminho com coragem, não tenha medo da crítica dos outros. E, sobretudo, não se deixe paralisar por sua própria crítica..."

Paulo Coelho

Agradecimentos

À Deus, por despertar em mim, a cada dia, a coragem e a perseverança para transpor os obstáculos.

Aos meus pais Antonio José Steidle Filho e Teresinha Isabel de Figueiredo, pelo amor e educação ao longo da minha vida.

Aos meus irmãos Rodrigo, Dennys e Marcos Vinícius, pelo carinho e amizade.

À minha noiva Daniela de Carvalho Lopes, pela compreensão, ternura e ajuda essencial em todos os momentos.

À minha família, pelas demonstrações sinceras de apreço.

Ao amigo José Roberto Russo, pelas inesquecíveis lições de vida.

À Universidade Federal de Viçosa, por propiciar uma formação digna.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Fernando da Costa Baêta, pela orientação e por acreditar em meu potencial.

Ao professor Sérgio Zolnier, pela paciência, empenho e dedicação.

Ao professor José Helvecio Martins, pelas sugestões e pelo auxílio imprescindível.

Ao professor Paulo Marcos de Barros Monteiro, pelo apoio incondicional e pelas contribuições.

Ao professor Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá, pelos ensinamentos e por tantas provas de amizade e compreensão.

A professora Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, pelo carinho e pela motivação.

Ao professor Manuel Martinez (UNIFEI), pelo comprometimento científico.

Ao amigo Carlos Alberto Teixeira, pelo companheirismo e pela sinceridade.

Aos amigos da Engenharia Agrícola, pela convivência harmoniosa.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola, pela colaboração indispensável.

A todos que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho.

Biografia

ANTONIO JOSÉ STEIDLE NETO, filho de Antonio José Steidle Filho e Teresinha Isabel de Figueiredo, nasceu em São Paulo, SP, em 27 de janeiro de 1976.

Em março de 2001, concluiu o curso de graduação em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

Em abril de 2001, iniciou o curso de pós-graduação em Engenharia Agrícola, em nível de Mestrado, na área de Construções Rurais e Ambiente, na Universidade Federal de Viçosa, MG, submetendo-se à defesa de tese em fevereiro de 2003.

Índice

	Página
Lista de Figuras	viii
Lista de Equações	xii
Lista de Tabelas	xiii
Resumo	xv
Abstract	xvii
1 - Introdução	1
2 - Objetivos	4
3 - Revisão de Literatura	5
3.1 - A temperatura e o ambiente nas instalações agrícolas	5
3.2 - Sensores de temperatura	9
3.2.1 - Sensores de contato	11
3.2.1.1 - Termômetros de líquido em vidro	11
3.2.1.2 - Termômetros bimetálicos	12
3.2.1.3 - Termopares	13
3.2.1.4 - Detectores de Temperatura por Resistência (RTD's)	13
3.2.1.5 - Termistores	14
3.2.1.6 - Semicondutores	15
3.2.2 - Sensores sem contato	16
3.2.2.1 - Sensores de radiação	16
3.3 - Sistema 1-wire™	18
3.3.1 - Comunicação (transmissão de dados)	19
3.3.2 - Alimentação	21
3.3.2.1 - Alimentação parasita	21

3.3.2.2 - Alimentação externa	23
3.3.3 - Topologias das redes 1-wire™	23
3.3.3.1 - Topologia linear	23
3.3.3.2 - Topologia ramificada	24
3.3.3.3 - Topologia estrela	24
3.3.4 - Parâmetros que podem comprometer o desempenho da rede 1-wire™	25
3.3.4.1 - Taxa morta	25
3.3.4.2 - Características dos condutores	26
3.3.5 - Adaptador universal DS90C03 - 009	29
3.3.6 - Sensor de temperatura DS18B20	30
3.3.6.1 - Componentes básicos	31
3.3.6.2 - Alimentação	33
3.3.6.3 - Alarme	34
3.3.6.4 - Seqüência de transmissão de dados	35
4 - Materiais e Métodos	42
4.1 - Desenvolvimento do programa computacional	42
4.1.1 - Apresentação	43
4.1.2 - Principal	43
4.1.3 - Configurações do sistema	44
4.1.4 - Cadastro dos sensores	45
4.1.5 - Gráfico	46
4.1.6 - Informações sobre o programa	46
4.1.7 - Componentes não visuais	46
4.2 - Avaliação da exatidão dos sensores de temperatura DS18B20 (calibração)	47
4.3 - Avaliação do comportamento da transmissão de dados de temperatura	52

4.3.1 - Material experimental e justificativas	52
4.3.2 - Capacitâncias dos condutores	54
4.3.2.1 - Medição das capacitâncias dos condutores	55
4.3.3 - Avaliações práticas e teóricas da transmissão de dados	57
5 - Resultados e Discussão	61
5.1 - Apresentação do programa computacional (SISDAT 1.0)	61
5.2 - Validação do programa computacional	67
5.3 - Calibração dos sensores de temperatura DS1820	67
5.4 - Capacitâncias dos condutores	70
5.5 - Avaliações práticas e teóricas da transmissão de dados de temperatura	72
6 - Resumo e Conclusões	94
7 - Recomendações de Critérios para Operação de Sistemas 1-Wire™ com Sensores DS1820	98
7.1 - Conexões nos terminais (pinos) do sensor DS1820	98
7.2 - Alimentação dos sensores DS1820	98
7.3 - Seleção dos condutores	98
7.4 - Ramificações no sistema 1-wire™	99
8 - Sugestões de Trabalhos Futuros	100
9 - Literatura Citada	101
10 - Apêndice	104

Lista de Figuras

Figura	Título	Página
1	- Níveis lógicos convencionais CMOS/TTL do protocolo de comunicação do sistema 1-wire™	20
2	- Seqüência de comunicação típica no sistema 1-wire™	21
3	- Circuito de alimentação parasita do sistema 1-wire™	22
4	- Topologia linear da rede 1-wire™	23
5	- Topologia ramificada da rede 1-wire™	24
6	- Topologia estrela da rede 1-wire™	24
7	- Circuito equivalente ao sistema 1-wire™ com um dispositivo 1-wire™ conectado ao mestre (computador) por meio de dois condutores	27
8	- Gráfico da transição do nível lógico zero para o nível lógico um no sistema 1-wire™	28
9	- Adaptador universal DS9097U-009	29
10	- Sensor de temperatura DS1820 com encapsulamento PR35	31
11	- Diagrama de blocos do sensor DS1820	32
12	- Esquema de ligação do sensor DS1820 com alimentação parasita	33
13	- Esquema de ligação do sensor DS1820 com alimentação externa	34
14	- Fluxograma dos comandos relacionados à ROM utilizados no protocolo de comunicação para acessar os sensores DS1820 conectados na rede 1-wire™	38
15	- Fluxograma dos comandos relacionados à memória volátil utilizados no protocolo de comunicação para acessar os sensores DS1820 conectados na rede 1-wire™	41
16	- Câmara climatizada modelo 347-CD	48
17	- Matriz de contato com os 20 sensores DS1820	49
18	- Circuito de regulação da tensão montado junto à matriz de contato	49
19	- Termômetro de mercúrio em vidro com certificado de padronização	50

20	-	Condutores empregados na avaliação da transmissão de dados de temperatura no sistema 1-wire™	53
21	-	Esquema elementar da ponte de schering para medição das capacitâncias	56
22	-	Equipamento empregado nas avaliações práticas	59
23	-	Tela de apresentação do SISDAT	61
24	-	Tela principal do SISDAT	62
25	-	Tela de configurações do SISDAT	63
26	-	Tela de cadastro dos sensores no SISDAT	65
27	-	Tela que exibe o gráfico no SISDAT	66
28	-	Tela com informações sobre o SISDAT	66
29	-	Gráficos que relacionam as temperaturas medidas pelo termômetro padrão com as medidas pelos sensores 3 e 18 (sem ajuste e com ajuste)	69
30	-	Gráfico da condição ideal de transição entre níveis lógicos	72
31	-	Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações práticas para o cabo telefônico CCI com 150, 125, 100 e 80m de comprimento e 1 sensor DS1820	73
32	-	Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações teóricas para o cabo telefônico CCI com 150, 125, 100 e 80m de comprimento e 1 sensor DS1820	73
33	-	Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações práticas para o cabo telefônico CCI com 100m de comprimento e 1, 10 e 20 sensores DS1820	75
34	-	Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações teóricas para o cabo telefônico CCI com 100m de comprimento e 1, 10 e 20 sensores DS1820	75
35	-	Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações práticas para o cabo telefônico trançado com 141, 125, 100 e 80m de comprimento e 1 sensor DS1820	77
36	-	Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações teóricas para o cabo telefônico trançado com 141, 125, 100 e 80m de comprimento e 1 sensor DS1820	77
37	-	Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações práticas para o cabo telefônico trançado com 100m de comprimento e 1, 10 e 20 sensores DS1820	79

38	- Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações teóricas para o cabo telefônico trançado com 100m de comprimento e 1, 10 e 20 sensores DS1820	79
39	- Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações práticas para o cabo telefônico paralelo com 140, 125, 100 e 80m de comprimento e 1 sensor DS1820	81
40	- Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações teóricas para o cabo telefônico paralelo com 140, 125, 100 e 80m de comprimento e 1 sensor DS1820	81
41	- Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações práticas para o cabo telefônico paralelo com 100m de comprimento e 1, 10 e 20 sensores DS1820	83
42	- Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações teóricas para o cabo telefônico paralelo com 100m de comprimento e 1, 10 e 20 sensores DS1820	83
43	- Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações práticas para o cordão trançado com 100, 80 e 60m de comprimento e 1 sensor DS1820	85
44	- Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações teóricas para o cordão trançado com 100, 80 e 60m de comprimento e 1 sensor DS1820	85
45	- Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações práticas para o cordão trançado com 60m de comprimento e 1, 10 e 20 sensores DS1820	87
46	- Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações teóricas para o cordão trançado com 60m de comprimento e 1, 10 e 20 sensores DS1820	87
47	- Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações práticas para o cabo coaxial blindado com 34, 30 e 25m de comprimento e 1 sensor DS1820	89
48	- Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações teóricas para o cabo coaxial blindado com 34, 30 e 25m de comprimento e 1 sensor DS1820	89
49	- Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações práticas para o cabo coaxial blindado com 25m de comprimento e 1, 10 e 20 sensores DS1820	91
50	- Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações teóricas para o cabo coaxial blindado com 25m de comprimento e 1, 10 e 20 sensores DS1820	91

1A	- Gráficos que relacionam as temperaturas medidas pelo termômetro padrão com as medidas pelos sensores 1, 2 e 4 (sem ajuste e com ajuste)	105
2A	- Gráficos que relacionam as temperaturas medidas pelo termômetro padrão com as medidas pelos sensores 5, 6 e 7 (sem ajuste e com ajuste)	106
3A	- Gráficos que relacionam as temperaturas medidas pelo termômetro padrão com as medidas pelos sensores 8, 9 e 10 (sem ajuste e com ajuste)	107
4A	- Gráficos que relacionam as temperaturas medidas pelo termômetro padrão com as medidas pelos sensores 11, 12 e 13 (sem ajuste e com ajuste)	108
5A	- Gráficos que relacionam as temperaturas medidas pelo termômetro padrão com as medidas pelos sensores 14, 15 e 16 (sem ajuste e com ajuste)	109
6A	- Gráficos que relacionam as temperaturas medidas pelo termômetro padrão com as medidas pelos sensores 17, 19 e 20 (sem ajuste e com ajuste)	110

Lista de Equações

Equação	Título	Página
1	- Índice de Temperatura e Umidade (ITU)	7
2	- Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU)	7
3	- Carga Térmica Radiante (CTR)	8
4	- Temperatura Radiante Média (TRM)	8
5	- Equação da análise de regressão linear utilizada para a obtenção das equações de ajuste dos sensores DS1820	52
6	- Equação para o cálculo das capacitâncias dos condutores	57
7	- Modelo teórico que descreve a transição do nível lógico zero para o nível lógico um	59

Lista de Tabelas

Tabela	Título	Página
1	- Descrição dos três terminais do sensor DS1820	31
2	- Parâmetros das equações de ajuste com os desvios padrão associados e coeficientes de correlação ajustados (R^2_{aj})	68
3	- Valores obtidos por meio da ponte de schering (C_N , R_3 , R_4 e $tg\delta$), além dos valores de capacitância (C_X) para cada um dos 5 tipos de condutores com os respectivos desvios padrão	71
4	- Tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um no sistema 1-wire TM empregando o cabo telefônico CCI com 1 sensor DS1820	74
5	- Tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um no sistema 1-wire TM empregando o cabo telefônico CCI com 100 metros de comprimento	76
6	- Tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um no sistema 1-wire TM empregando o cabo telefônico trançado com 1 sensor DS1820	78
7	- Tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um no sistema 1-wire TM empregando o cabo telefônico trançado com 100 metros de comprimento	80
8	- Tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um no sistema 1-wire TM empregando o cabo telefônico paralelo com 1 sensor DS1820	82
9	- Tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um no sistema 1-wire TM empregando o cabo telefônico paralelo com 100 metros de comprimento	84
10	- Tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um no sistema 1-wire TM empregando o cordão trançado com 1 sensor DS1820	86
11	- Tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um no sistema 1-wire TM empregando o cordão trançado com 60 metros de comprimento	88
12	- Tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um no sistema 1-wire TM empregando o cabo coaxial blindado com 1 sensor DS1820	90
13	- Tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um no sistema 1-wire TM empregando o cabo coaxial blindado com 25 metros de comprimento	92

- 14 - Comprimentos máximos, em metros, determinados nas avaliações práticas do comportamento da transmissão de dados de temperatura no sistema 1-wire™, em função do tipo de condutores e do número de sensores DS1820 92

Resumo

STEIDLE NETO, Antonio José, M. S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2003. **Avaliação do sistema 1-wire™ para aquisição de dados de temperatura em instalações agrícolas.** Orientador: Fernando da Costa Baêta. Conselheiros: Sérgio Zolnier e José Helvecio Martins.

A carência de sistemas de monitoramento automático eficientes, de alta exatidão e de baixo custo, que atendam às exigências das instalações agrícolas, no que se refere à transmissão de dados a longas distâncias, com número de sensores suficiente, motivou a realização deste trabalho. Avaliou-se o sistema 1-wire™ para aquisição de dados de temperatura visando sua aplicação no monitoramento automático de ambientes em instalações agrícolas. Este sistema de aquisição de dados foi avaliado no que se refere tanto à exatidão dos sensores de temperatura DS1820 da série 1-wire™ (calibração) quanto ao comportamento da transmissão de dados de temperatura em função do tipo e comprimento dos condutores e do número de sensores de temperatura DS1820. Para o gerenciamento do sistema 1-wire™ foi desenvolvido um programa computacional com base em um protocolo de comunicação específico. Este programa, denominado **SISDAT (SIS**tema de Aquisição de **DA**dos de **TE**mperatura), foi implementado em linguagem C++, utilizando-se a plataforma de programação C++ Builder 5.0. Com base nos resultados das avaliações do comportamento da transmissão de dados de temperatura no sistema 1-wire™, os condutores estudados foram classificados, em ordem de preferência, com os respectivos comprimentos máximos, da seguinte maneira: cabo telefônico CCI 2 x 0,20mm² (150m), cabo telefônico trançado FI 2 x 0,24mm² (141m), cabo telefônico paralelo especial FI 2 x 0,28mm² (140m), cordão trançado 2 x 1mm² (100m) e cabo coaxial blindado 0,20mm² (34m). Com relação aos efeitos do número de sensores DS1820, pôde-se concluir que, o aumento do número de sensores no sistema 1-wire™ causa a necessidade de reduções nos comprimentos máximos dos condutores, a fim de que não ocorram interrupções na transmissão de dados. O

sistema 1-wire™ para aquisição de dados de temperatura mostrou ser um sistema de monitoramento automático confiável, versátil, de alta exatidão e de baixo custo comparado aos demais sistemas de aquisição de dados presentes no mercado.

Palavras-chave: Sistema de Aquisição de Dados, Sistema 1-Wire™, Sensores de Temperatura DS1820, Instalações Agrícolas.

Abstract

STEIDLE NETO, Antonio José, M. S., Universidade Federal de Viçosa, February of 2003. **Evaluation of the 1-wire™ system for temperature data acquisition in agricultural buildings.** Advisor: Fernando da Costa Baêta. Committee Members: Sérgio Zolnier and José Helvecio Martins.

The need of efficient, accurate and low cost automatic monitoring systems, suitable for long distance, for agricultural buildings, was the motivation for this research. In this work, the 1-wire™ system for temperature data acquisition was evaluated, seeking its application in the automatic monitoring of the agricultural buildings environment. The system was evaluated considering the sensors DS1820's accuracy and the data transmission's behavior for five conductor types, evaluating its length and the number of sensors DS1820. In order to acquire data using the 1-wire™ system, a software was developed based on a specific communication protocol. This software, denoted **SISDAT**, was written in C++ language, using the programming platform C++ Builder 5.0. Sequentially, the best results were obtained with telephone cable CCI 2 x 0,20mm² (150m), twisted telephone cable FI 2 x 0,24mm² (141m), special parallel telephone cable FI 2 x 0,28mm² (140m), twisted electrical cable 2 x 1mm² (100m) and shielded coaxial cable 0,20mm² (34m). Considering the effects of the number of sensors DS1820, it was concluded that, the increase of the number of sensors in the 1-wire™ system, causes the need of reductions in the maximum conductor's length, so that don't happen interruptions in the data transmission. In general, it was concluded that the 1-wire™ system for temperature data acquisition was reliable, versatile, accurate and of low cost, when compared to the usual data acquisition systems.

Keywords: Data Acquisition System, 1-Wire™ System, Temperature Sensors DS1820, Agricultural Buildings.

1 - Introdução

Com a globalização da economia, o setor agrícola brasileiro, para se tornar competitivo no mercado mundial e, desta maneira, promover o amplo atendimento das exigências cada vez mais crescentes dos consumidores, intensificou o processo de modernização da produção. A extraordinária evolução nas áreas de genética, nutrição, manejo e sanidade, constatada nas últimas décadas, transformou o setor num verdadeiro complexo econômico, refletido por grandes unidades industriais de produção e processamento de produtos de origem animal e vegetal. Entretanto, ao aumento do crescimento das fronteiras mercadológicas e ao progresso científico verificado neste setor, contrapõe-se a pouca atenção dispensada, até recentemente, às instalações agrícolas.

Com o processo de modernização, o setor agrícola passou a buscar, nas instalações, as possibilidades de melhoria do desempenho produtivo dos animais e vegetais, conjugado à redução dos custos de produção, como forma de manter a competitividade e atender a demanda de mercado.

O ambiente criado no interior da instalação agrícola, ao qual as espécies de interesse são submetidas, sejam elas animais ou vegetais, constitui um dos principais responsáveis pelo sucesso ou fracasso do empreendimento agrícola. Segundo CURTIS (1983), este ambiente pode ser definido como a soma de variáveis físicas, químicas, biológicas e climáticas circundantes. As variáveis climáticas, como as demais variáveis mencionadas, atuam e interagem influenciando o desempenho das espécies. Dentre estas, a temperatura do ar apresenta papel relevante pois pode comprometer ou favorecer o crescimento e o desenvolvimento em função das exigências de cada espécie.

Na tentativa de prevenir os possíveis prejuízos causados por adversidades climáticas locais e controlar a temperatura do ar no interior das instalações agrícolas, o monitoramento automático assume caráter primordial.

A principal aplicação do monitoramento automático, em instalações agrícolas, consiste na possibilidade de controle por meio de atuadores como ventiladores, exaustores, nebulizadores, painéis de resfriamento evaporativo,

dentre outros, que são acionados em resposta a determinadas condições, promovendo intervenções específicas no interior destas instalações. De acordo com DALLY et al. (1993), o monitoramento automático por meio de sistemas de aquisição de dados tem gerado significativos avanços no controle de ambientes em instalações agrícolas, pois permite rapidez, confiabilidade e menor risco de erros quando comparado ao monitoramento manual, contribuindo para a tomada rápida de decisões.

Os principais entraves ao monitoramento automático em instalações agrícolas destinadas à produção de animais e vegetais, em escala industrial, são os grandes comprimentos destas instalações, as distâncias entre elas (principalmente em relação às de produção de animais, devido ao aspecto sanitário) e os altos custos dos sistemas de aquisição de dados.

Os sistemas de monitoramento automático que não são adequadamente calibrados podem se constituir em grandes fontes de erro, registrando e armazenando informações inexatas, ou seja, que não correspondem à realidade. Com isto, podem ser geradas conclusões errôneas a respeito de um determinado ambiente de produção e, conseqüentemente, tomadas decisões inapropriadas.

A necessidade de sistemas de monitoramento automático confiáveis, versáteis e de baixo custo, que atendam às exigências das instalações agrícolas, com vistas a otimizar o processo produtivo, é evidente. Desta forma, é desejável um sistema que possibilite a transmissão de dados a grandes distâncias, utilizando um número de sensores suficiente para um monitoramento adequado, com nível de exatidão apropriado à finalidade a que se destina e de custo relativamente baixo, comparado com sistemas tradicionais de aquisição de dados.

Neste sentido, um sistema que tem se mostrado promissor é o descrito por MONTEIRO (2002), o qual desenvolveu um sistema de controle inteligente para aeração de grãos armazenados, com base na tecnologia 1-wireTM desenvolvida pela Dallas Semiconductor, utilizando sensores de temperatura DS1820 da série 1-wireTM. Os resultados obtidos nos ensaios realizados em um protótipo de silo confirmaram a eficiência e a simplicidade deste sistema. Contudo, não foram abordadas pelo autor questões referentes à exatidão dos sensores de temperatura

DS1820 da série 1-wire™ e ao comportamento da transmissão de dados de temperatura no sistema 1-wire™ em função do tipo e comprimento dos condutores e do número de sensores DS1820. Tais questões são parâmetros importantes para aplicação desta tecnologia em instalações agrícolas.

2 - Objetivos

Este trabalho foi realizado com o objetivo principal de avaliar o sistema 1-wire™ para aquisição de dados de temperatura, visando sua aplicação em instalações agrícolas. Especificamente, esta avaliação constou das seguintes etapas:

- 1) Desenvolvimento de um programa computacional capaz de gerenciar o sistema 1-wire™, procedendo a aquisição de dados de temperatura;
- 2) Avaliação da exatidão dos sensores de temperatura DS1820 da série 1-wire™ com base em termômetro padrão de mercúrio em vidro;
- 3) Avaliação do comportamento da transmissão de dados de temperatura no sistema 1-wire™ em função do tipo e comprimento dos condutores e do número de sensores de temperatura DS1820.

3 - Revisão de Literatura

3.1 - A temperatura e o ambiente nas instalações agrícolas

Uma grandeza física é definida com o objetivo de caracterizar uma propriedade da matéria de forma quantitativa, isto é, atribuindo um valor numérico. Para se quantificar de maneira objetiva o aquecimento da matéria, foi necessário definir uma grandeza física que permitisse avaliar a energia interna de um corpo, ou seja, a energia que um corpo possui na forma de agitação molecular. A essa grandeza denominou-se de temperatura termodinâmica ou simplesmente temperatura (MICHALSKY et al., 1991).

A importância da temperatura advém da sua influência, em grande parte, nos processos físicos, químicos e biológicos. Alguns processos biológicos em vegetais e animais, por exemplo, ocorrem com mais eficiência dentro de faixas limitadas de temperatura. Desta maneira, a medição da temperatura é fundamental para a tomada de decisão em quase todos os ramos do conhecimento humano.

Os vegetais são incapazes de manter suas células à temperatura constante, ou seja, não possuem mecanismos de termorregulação. No entanto, apresentam maior tolerância às variações de temperatura ambiente do que os animais homeotermos, mas também têm o seu desempenho produtivo condicionado a valores de temperatura mínimos e máximos.

OMETTO (1981) afirma que a temperatura limite mínima, suportada por determinada espécie vegetal, pode provocar a paralisação do processo de auto-produção de alimento (fotossíntese), além de condicionar o metabolismo a um valor mínimo vital. Acima desse limite, o vegetal utiliza a temperatura ambiente nos processos metabólicos. Desta maneira, a temperatura ambiente condiciona a aceleração dos processos vitais a partir de uma temperatura mínima até a considerada ótima, com decréscimo na atividade vegetal em temperaturas superiores a este valor ótimo até o limite máximo. Quando a temperatura ambiente atinge um valor elevado, a evapotranspiração aumenta a uma taxa superior à

captação e transporte de água do sistema radicular até às folhas. Nesta condição, o vegetal fecha os estômatos a fim de evitar perdas de água para o meio, com conseqüente queda na atividade fotossintética.

Os vegetais apresentam respostas distintas às condições estressantes impostas por baixas ou altas temperaturas. Dentre as respostas mais comumente verificadas em vegetais, devido ao estresse provocado por altas temperaturas, podem ser citadas a mudança no ângulo das folhas, que diminui a absorção e aumenta a reflexão da radiação; redução na área foliar, com conseqüente alongamento e estreitamento das folhas; e queda das folhas.

A temperatura do ar é uma das principais variáveis de entrada para a determinação de índices estabelecidos para predizer o conforto ou desconforto dos animais em relação às condições ambientais. O ambiente térmico animal engloba os efeitos combinados da temperatura do ar, umidade relativa, radiação e velocidade do ar. Estes efeitos podem ser traduzidos em termos da temperatura efetiva.

Assim como os vegetais, os animais homeotermos exigem condições ambientais específicas do meio em que habitam. Assim sendo, a temperatura efetiva pode comprometer a função vital mais importante para estes animais, que é a manutenção da própria homeotermia.

Para que o desempenho dos animais não seja prejudicado, sempre é possível estabelecer uma faixa ótima para a temperatura efetiva, na qual os animais possam se desenvolver e manifestar todo o seu potencial produtivo. Nesta faixa, denominada zona de conforto térmico, os mecanismos orgânicos de controle da temperatura corporal interna dos animais atuam de forma que não sejam necessárias compensações fisiológicas drásticas. Estes mecanismos orgânicos de controle agem em detrimento da produção dos animais que, ao invés de empregar os nutrientes para a síntese, os utilizam para produzir ou dissipar calor. Na zona de conforto térmico, a taxa metabólica é normal e a homeotermia é mantida com o menor consumo energético. Fora da zona de conforto térmico ocorre decréscimo no desempenho produtivo e na resistência do organismo dos animais.

Segundo YOUSEF (1985), a zona de conforto térmico ou termoneutra varia de acordo com a espécie e dentro da mesma espécie de animal, podendo ser modificada em função da constituição genética, idade, sexo, tamanho corporal, peso, dieta, estado fisiológico, exposição prévia ao calor (aclimatação), variação da temperatura ambiente, dentre outros.

Nos Estados Unidos e no Brasil, o índice térmico ambiental mais utilizado é o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), desenvolvido por THOM (1959), que engloba os efeitos combinados da temperatura e da umidade relativa do ar.

$$ITU = 0,72 \cdot (t_{bs} + t_{bu}) + 40,6 \quad (1)$$

em que

ITU - Índice de Temperatura e Umidade, adimensional;

t_{bs} - temperatura de bulbo seco do ar, °C;

t_{bu} - temperatura de bulbo úmido do ar, °C.

O Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), proposto por BUFFINGTON et al. (1981) para bovinos de leite, e confirmado por OLIVEIRA e ESMAY (1981) para aves de corte, foi considerado um índice capaz de melhor prever o conforto térmico dos animais comparado ao ITU, pois contempla, além da temperatura e umidade relativa do ar, os efeitos da radiação e da velocidade do ar. Este índice se baseia na equação do ITU, sendo que a temperatura do ar é substituída pela temperatura de globo negro.

$$ITGU = 0,81 \cdot t_{gn} + UR(0,99 \cdot t_{gn} - 14,3) + 46,3 \quad (2)$$

em que

ITGU - Índice de Temperatura de Globo e Umidade, adimensional;

t_{gn} - temperatura de globo negro, °C;

A temperatura de globo negro é medida empregando-se um sensor de temperatura posicionado no centro de uma esfera oca de cobre, com 15cm de diâmetro e 0,5mm de espessura, pintada externamente na cor preta fosca.

Além dos índices mencionados anteriormente, a Carga Térmica Radiante (CTR) também é um parâmetro importante para auxiliar na compreensão do ambiente térmico dos animais. Em regime permanente, a carga térmica radiante expressa a radiação total interceptada por um corpo (globo negro), proveniente de toda a sua circunvizinhança. De acordo com ESMAY (1969), a carga térmica radiante pode ser determinada por meio da equação de Stefan-Boltzmann:

$$CTR = \sigma \cdot (TRM)^4 \quad (3)$$

em que

CTR - Carga Térmica Radiante, $W.m^{-2}$;

σ - constante de Stefan-Boltzmann, $5,67 \times 10^{-8} W.m^{-2}.K^{-4}$;

TRM - Temperatura Radiante Média, K.

Conforme BOND e KELLY (1955), a Temperatura Radiante Média (TRM) corresponde à temperatura de uma circunvizinhança, considerada uniformemente negra de modo a eliminar a componente reflexiva, com a qual o corpo (globo negro) troca a mesma quantidade de energia que tem o ambiente considerado. A temperatura radiante média pode ser determinada por meio da seguinte equação:

$$TRM = 100 \cdot \sqrt[4]{2,51 \cdot \sqrt{v} \cdot (t_{gn} - t_{ar}) + \left(\frac{t_{gn}}{100}\right)^4} \quad (4)$$

em que

TRM - Temperatura Radiante Média, K;

v - velocidade do ar, $m.s^{-1}$;

t_{gn} - temperatura de globo negro, K;

t_{ar} - temperatura do ar (bulbo seco), K.

A umidade relativa do ar, presente nos índices citados, também é uma variável climática importante. É possível determinar a umidade relativa empregando-se dois sensores de temperatura do ar convenientemente posicionados em um suporte, sendo que um deles deverá ter o elemento sensível envolvido por um tecido de algodão embebido em água destilada (termômetro de bulbo molhado) constituindo, desta maneira, um psicrômetro. A partir dos valores de temperatura medidos pelos dois sensores e empregando-se as relações psicrométricas do ar obtém-se a umidade relativa.

3.2 - Sensores de temperatura

Sensores são dispositivos que, sob a ação de grandezas físicas, produzem saídas analógicas ou digitais. Estas saídas são proporcionais ao valor da grandeza física que está sendo medida (TAYLOR, 1997).

Embora o corpo humano possa sentir e reagir de maneiras distintas às variações de temperatura, o mesmo não consegue inferir com precisão, por si mesmo, qual a temperatura correspondente. Assim, de acordo com MCGHEE et al. (1999), os sensores de temperatura possibilitam aos seres humanos perceber com maior exatidão e precisão as relações de calor entre os corpos e o ambiente circundante.

O tipo de sensor de temperatura e a tecnologia empregada na sua fabricação conferem ao mesmo características estáticas e dinâmicas. Segundo GÖPEL et al. (1989), as principais características a serem identificadas na seleção de sensores de temperatura, em função da aplicação desejada, são faixa de medição, exatidão, precisão, resolução, estabilidade e tempo de resposta.

A faixa de medição ou operação refere-se aos valores compreendidos entre os valores de temperatura mínimo e máximo, detectáveis pelo sensor. A exatidão de um sensor de temperatura corresponde ao grau de proximidade entre o valor

medido e o verdadeiro (padrão). A precisão de uma medida está relacionada à menor mudança possível na indicação da temperatura medida. GRAY (1977) afirma que alta precisão não implica, necessariamente, em alta exatidão. Entretanto, alta exatidão requer usualmente alta precisão.

GÖPEL et al. (1989) afirma que a resolução é a menor variação no valor da medida que interfere no parâmetro de saída (sinal). Por exemplo, se um sensor de temperatura gera uma variação ΔV no sinal de saída em resposta a uma mudança ΔT na temperatura, então, a resolução máxima corresponde à mínima variação de temperatura capaz de promover uma alteração detectável na saída. Já a estabilidade refere-se à manutenção da calibração do sensor de temperatura ao longo do tempo.

O tempo de resposta é uma característica dinâmica dos sensores diretamente relacionada à transferência de calor, em regime transiente, entre os sensores e o ambiente (SIMPSON et al., 1991). Este tempo corresponde ao período necessário para que o sensor de temperatura indique um novo valor real, medido imediatamente depois de ser submetido a uma temperatura diferente da anterior. DeFELICE (1998) relata que, em um sensor de temperatura, o tempo de resposta depende das propriedades térmicas do sensor (material, dimensões, dentre outras) e das condições circundantes (velocidade do ar, grau de variação da temperatura, proteção do sensor, dentre outras). O conhecimento da magnitude deste atraso é importante para se entender as limitações particulares do sensor.

Outro parâmetro importante a ser considerado, quando da seleção de sensores de temperatura, é o custo de investimento. Quanto maiores forem as exigências da aplicação em termos de exatidão e precisão, normalmente o custo de investimento será maior.

Os fenômenos básicos que regem o princípio de funcionamento dos sensores de temperatura são:

- a) Expansão ou contração térmica;
- b) Termoeletricidade;

- c) Resistência elétrica;
- d) Radiação.

Os sensores de temperatura podem ser classificados em **sensores de contato** ou **sensores remotos** (SENSORS MAG, 2002a). Os sensores de contato englobam os sensores de temperatura que requerem contato físico com a substância ou objeto cuja temperatura se deseja medir. Esta substância ou objeto pode ser sólido, líquido ou gasoso. Por outro lado, os sensores de temperatura classificados como remotos são capazes de medir a temperatura interceptando parte da energia eletromagnética emitida por uma substância ou objeto e detectando sua intensidade. Esta tecnologia pode ser aplicada somente a sólidos e líquidos.

3.2.1 - Sensores de contato

Os sensores de contato se baseiam no princípio da transferência de calor por condução e convecção. Quando se mede a temperatura de uma substância ou objeto com o qual o sensor está em contato assume-se que ambos estão em equilíbrio térmico, ou seja, que não existe fluxo de calor entre eles (TEMPERATURES.COM, 2002).

Os tipos básicos de sensores de contato são os termômetros de líquido em vidro, termômetros bimetálicos, termopares, detectores de temperatura com base na variação da resistividade elétrica (RTD's e termistores) e semicondutores.

3.2.1.1 - Termômetros de líquido em vidro

Nos termômetros de líquido em vidro, o bulbo é o reservatório para o líquido do qual se deriva um tubo capilar com escala graduada. Com o aumento de volume do líquido, em função do acréscimo de temperatura (expansão térmica), este penetra no capilar elevando-se, cuja altura atingida pelo líquido corresponde, se adequadamente calibrado, à temperatura do meio onde se encontra. Quando a

temperatura diminui, o líquido se contrai, indicando uma temperatura menor. O líquido que preenche o reservatório do termômetro é normalmente o mercúrio com temperatura de trabalho entre 0°C e 50°C. Entretanto, outros líquidos podem ser utilizados (álcool, tolueno e pentano). O tempo de resposta do termômetro de líquido em vidro é alto, e sua exatidão pode ser afetada pela alteração da pressão e do volume do bulbo com o passar do tempo (SENSORSMAG, 2002a).

Quando a temperatura é medida com um termômetro de líquido em vidro, é importante manter o instrumento protegido da radiação. É impossível medir a temperatura com exatidão em condições de incidência direta de radiação sobre o termômetro, porque a energia transferida ao líquido por esta fonte resulta em uma medida de temperatura maior que a real (EXPLORES, 2002).

3.2.1.2 - Termômetros bimetálicos

De acordo com SIMPSON et al. (1991), os termômetros bimetálicos se baseiam no princípio da expansão térmica diferencial de duas tiras metálicas unidas com coeficientes de dilatação térmica diferentes. A tira metálica resultante, sob a ação da variação da temperatura, sofre uma flexão em função da dilatação distinta dos metais. Estes termômetros são calibrados possibilitando a realização de medidas de temperatura. Os metais geralmente empregados na fabricação de termômetros bimetálicos são o bronze, para baixas temperaturas, e as ligas de níquel, para altas temperaturas, ambos com elevados coeficientes de dilatação térmica. Normalmente são utilizados na faixa de temperatura entre -60°C e 600°C e apresentam tempo de resposta relativamente maior que os outros sensores de temperatura, devido aos requerimentos de proteção (SENSORSMAG, 2002a).

Em geral, os termômetros bimetálicos não são tão exatos quanto os termômetros de líquido em vidro.

3.2.1.3 - Termopares

De acordo com SENSORMAG (2002a), um termopar é constituído pela junção de dois metais dissimilares. A seleção de metais ou ligas para a construção de uma junção depende da faixa de temperatura que se deseja medir e resulta em uma relação entre tensão e temperatura que pode ser determinada. A tensão de saída do termopar é gerada ao longo do seu comprimento à medida em que o mesmo é sensibilizado pela variação de temperatura. Esta tensão é resultante da diferença entre as energias termoelétricas dos metais selecionados.

As vantagens dos termopares incluem suas amplas faixas de operação, resistência a impactos e vibrações, além de baixo tempo de resposta.

Uma das desvantagens dos termopares é que toda medida de temperatura requer que duas temperaturas sejam medidas, uma na junção de trabalho (junção quente) e outra na junção de referência, próxima do sistema que registra as tensões de saída dos termopares (junção fria). Outra desvantagem refere-se à baixa sensibilidade dos termopares, devido a tensão de saída ser da ordem de microvolts (SENSORMAG, 2002b).

3.2.1.4 - Detectores de Temperatura por Resistência (RTD's)

Os RTD's são sensores que operam com base no princípio de que a resistividade elétrica de metais condutores varia com a temperatura. Alguns metais apresentam variação de resistência bastante previsível para uma determinada faixa de temperatura. A platina é o metal mais empregado no processo de fabricação dos RTD's por apresentar uma variação quase linear com a temperatura, resistência a oxidação e estabilidade por um longo período de tempo. Outros materiais como o níquel, cobre e tungstênio também podem ser empregados. A não linearidade dos RTD's é observada somente para valores extremos de temperatura (THERMOMETRICS, 2002).

Conforme a ASTM (American Society for Testing Materials), citada por THERMOMETRICS (2002), os RTD's são capazes de medir temperaturas na faixa de -200°C a 650°C.

As vantagens dos RTD's são a alta exatidão, linearidade, maior estabilidade elétrica e sinal de saída muito mais alto comparado ao dos termopares.

As desvantagens dos RTD's são a alta sensibilidade a impactos e vibrações e tempo de resposta elevado. Outra desvantagem, segundo a NATIONAL SEMICONDUCTOR'S (1998), está relacionada ao fato de que a tensão requerida para energizar o sensor pode aumentar a sua temperatura, gerando auto-aquecimento e afetando a exatidão da medida. Quando a aplicação exige longos comprimentos não se recomenda a utilização dos RTD's, pois a resistência do elemento sensível soma-se à da linha de transmissão, podendo resultar em medidas incorretas (SENSORS MAG, 2002a).

3.2.1.5 - Termistores

Os termistores são sensores que se baseiam no princípio de que a resistividade elétrica de metais semicondutores varia com a temperatura. Nestes sensores a resistividade elétrica se caracteriza por variações muito mais acentuadas com a temperatura que a dos RTD's. Desta maneira, a alta sensibilidade à temperatura faz com que os termistores sejam indicados para aplicações que exijam alta exatidão e resolução (SENSORS MAG, 2002a).

A maioria dos termistores são fabricados a partir de óxidos metálicos cujas resistências decrescem com o aumento da temperatura, possuindo, portanto, coeficientes de temperatura negativos (NTC). Existem, também, termistores com coeficientes de temperatura positivos (PTC), ou seja, termistores cuja resistência cresce à medida em que a temperatura aumenta. Os termistores podem ter vários tamanhos e formas, e tendem a se tornar mais estáveis à medida que são utilizados (SIMPSON et al., 1991).

Além da alta sensibilidade, os termistores são física e quimicamente estáveis, apresentando tempo de resposta baixo e alto sinal de saída (SIMPSON et al., 1991).

As desvantagens dos termistores incluem o fato de que são dispositivos frágeis, com faixa de temperatura restrita, comportamento não linear e de fácil descalibração quando submetidos a altas temperaturas. Os termistores, principalmente os de dimensões reduzidas, são mais sensíveis ao auto-aquecimento que os RTD's (SENSORS MAG, 2002c).

3.2.1.6 - Semicondutores

Os sensores de temperatura, fabricados a partir de semicondutores, na forma de circuitos integrados são capazes de medir a temperatura empregando um circuito oscilador de alta precisão, convertendo os sinais analógicos em digitais e transferindo-os por meio de condutores, segundo um protocolo de comunicação específico, até a um microcontrolador ou computador (PEARCY et al., 1989).

De acordo com a NATIONAL SEMICONDUCTOR'S (1998), os sensores de temperatura produzidos com semicondutores, na forma de circuitos integrados, diferem dos outros sensores de temperatura basicamente por duas razões. A primeira refere-se à faixa de operação que permite que estes sensores possam medir temperaturas entre -55°C e 150°C . Alguns destes sensores, devido a restrições no custo, operam em faixas mais limitadas. A outra razão está relacionada à funcionalidade. Um sensor fabricado com silício na forma de circuito integrado pode ter anexados circuitos de processamento de sinais. Não são necessários circuitos de linearização ou junção de referência e, a menos que a aplicação exija requerimentos extremamente específicos, não é necessário o emprego de conversores ou circuitos capazes de transformar as saídas analógicas em digitais porque estas funções já estão incluídas na maioria dos circuitos integrados.

Características como estabilidade por longos períodos, alto sinal de saída e acentuado nível de exatidão fazem dos sensores de temperatura produzidos com

semicondutores dispositivos convenientes para aplicações que envolvam monitoramento e controle (TEMPERATURES.COM, 2002).

3.2.2 - Sensores remotos

Os sensores remotos são recomendados quando as medidas de temperatura necessitam ser realizadas de maneira rápida e sem contato físico. De acordo com SENSORS MAG (2002a), os sensores remotos podem ser empregados em aplicações nas quais a substância ou objeto, do qual se deseja medir a temperatura, apresenta dimensões reduzidas, possui alta temperatura, encontra-se em movimento, em ambientes contaminados ou em ambientes explosivos.

3.2.2.1 - Sensores de radiação

Os sensores de radiação operam com base no princípio de que a intensidade da radiação eletromagnética, geralmente infravermelha, emitida por um corpo aumenta ou diminui proporcionalmente à sua temperatura. A emissividade é o termo empregado para quantificar as características da radiação emitida por diferentes corpos. Sensores de radiação permitem o ajuste da emissividade, usualmente entre 0,1 e 1,0, possibilitando medidas exatas de temperatura (SENSORLAND.COM, 2002).

A radiação emitida por um corpo alcança o sensor por meio de um sistema ótico, que focaliza a energia em um ou mais detectores fotossensíveis. O detector, então, converte a radiação em um sinal elétrico, que por sua vez é convertido em um valor de temperatura com base na equação de calibração do sensor e na emissividade ajustada (SENSORLAND.COM, 2002).

Conforme SENSORS MAG (2002c), erros podem ser gerados nas medidas de temperatura realizadas com sensores de radiação devido a vários motivos. O primeiro deles é que quando o corpo não preenche todo o campo de visão do detector, o valor medido pode ser maior ou menor do que realmente é. Outro

motivo é a absorção de radiação entre o corpo e o detector. A absorção induz a erros por várias razões, por exemplo, alguns gases invisíveis como o vapor d'água e o dióxido de carbono são fortemente absorvidos pela radiação infravermelha em determinados comprimentos de onda.

A faixa de operação típica dos sensores de radiação é de -50°C a 3000°C (SENSORS MAG, 2002a).

3.3 - Sistema 1-wire™

O sistema 1-wire™ é uma rede de transmissão de dados, também conhecida como MicroLAN™, que possibilita a comunicação digital entre um computador, atuando como mestre, e dispositivos da série 1-wire™ tais como sensores, adaptadores, dentre outros, atuando como escravos. Esta rede de transmissão de dados, de baixo custo, se baseia na tecnologia 1-wire™ desenvolvida pela empresa Dallas Semiconductor.

Por mestre, entende-se o elemento capaz de controlar e gerenciar a transmissão de dados. Por escravo, entende-se o dispositivo endereçado e gerenciado pelo mestre.

De acordo com AWREY (1997), o sistema 1-wire™ é constituído por três elementos: um computador com um programa de controle e gerenciamento das atividades, seguindo um protocolo específico de comunicação, dois ou três condutores (meio físico de comunicação) e dispositivos remotos da série 1-wire™.

Na rede 1-wire™ de transmissão de dados um único mestre pode ser conectado a múltiplos escravos em diversos tipos de topologias. Esta arquitetura confere ao sistema 1-wire™ versatilidade e simplicidade.

O sistema 1-wire™ apresenta um controle rígido porque nenhum dispositivo 1-wire™ conectado à rede pode estabelecer comunicação se não houver uma requisição do mestre, e nenhuma comunicação é permitida entre os escravos (DALLAS SEMICONDUCTOR, 2001a).

Uma condição prévia para o funcionamento de qualquer rede de transmissão de dados que empregue diversos dispositivos semelhantes é a existência de endereços ou códigos para a identificação de todos os dispositivos que compõem esta rede. Segundo a DALLAS SEMICONDUCTOR (2002b), todo dispositivo 1-wire™ possui um código de identificação único de 64 bits que é gravado à laser no processo de fabricação em um *chip* de memória ROM (*Read Only Memory*) existente no interior de cada dispositivo. O código de identificação é constituído por 64 bits seqüenciais sendo que os 8 primeiros bits representam a família à qual o dispositivo pertence, os 48 bits seguintes correspondem ao

número serial único e individual que endereça o dispositivo e, os últimos 8 bits se referem a um código de verificação de redundância cíclica relacionado aos 56 bits iniciais e indica a existência ou não de erro(s). Os códigos de identificação dos dispositivos 1-wire™ podem ser obtidos por meio do programa de domínio público WINDIAG disponibilizado pela Dallas Semiconductor via INTERNET. Além do código de identificação, os dispositivos da série 1-wire™ contêm um circuito interno de proteção contra descargas eletrostáticas capaz de resistir a ±10kV em contato com o corpo humano.

3.3.1 - Comunicação (transmissão de dados)

Originalmente, o protocolo do sistema 1-wire™ para transmissão de dados foi desenvolvido para a comunicação entre dispositivos 1-wire™ localizados próximos uns dos outros em redes de comprimento reduzido. Os usuários da tecnologia 1-wire™, depois de um breve período do lançamento desta no mercado, começaram a empregá-la em aplicações que exigiam redes de grandes comprimentos, com um número de dispositivos cada vez maior e mais distantes do mestre. Os dispositivos 1-wire™ foram evoluindo a fim de atender às exigências das aplicações; dispositivos com novas características de protocolo, passíveis de serem conectados em grandes números em uma única rede, além de mecanismos que permitem transferências de dados mais seguras mesmo em situações extremas (DALLAS SEMICONDUCTOR, 2002c).

O protocolo de comunicação do sistema 1-wire™ utiliza níveis lógicos convencionais CMOS/TTL (*Complementary Metal Oxide Silicon / Transistor Transistor Logic*), no qual o nível lógico zero é representado por uma tensão máxima de 0,8V e o nível lógico um por uma tensão mínima de 2,2V (Figura 1). As operações são executadas especificamente na faixa de tensão, em corrente contínua, de 2,8 a 6,0V (DALLAS SEMICONDUCTOR, 2001a). Tanto o mestre como os escravos são configurados como transceptores (transmissores-receptores) permitindo que os dados fluam, de maneira seqüencial, em ambas as direções, porém em apenas uma direção a cada vez (*half-duplex*).

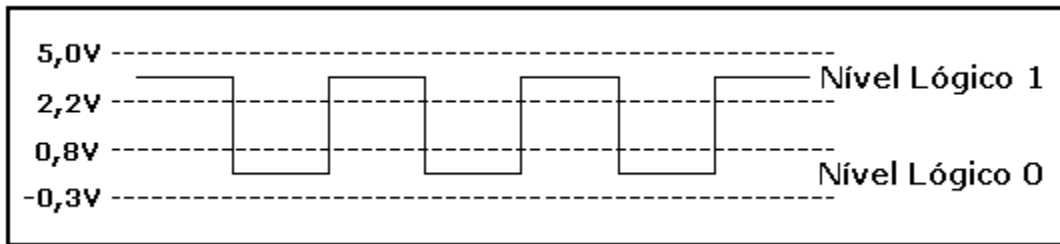


Figura 1 - Níveis lógicos convencionais CMOS/TTL do protocolo de comunicação do sistema 1-wireTM.

A transmissão de dados no sistema 1-wireTM é síncrona, ou seja, cada um dos pulsos digitais que compõem o protocolo de comunicação, transmitidos na forma binária, são caracterizados por intervalos de tempo distintos. Esta transmissão sincronizada de dados é possível devido à existência de circuitos temporizadores internos nos dispositivos 1-wireTM capazes de gerar pulsos digitais predefinidos no protocolo de comunicação 1-wireTM. Assim sendo, para escrever o um lógico em um dispositivo 1-wireTM, o mestre leva a linha de dados para baixo e a mantém por um período de tempo de 15µs ou menos. Já para escrever o zero lógico, o mestre repete o mesmo procedimento, porém mantém a linha de dados em baixa por, no mínimo, 60µs (DALLAS SEMICONDUCTOR, 2002b).

O sistema 1-wireTM utiliza um circuito equivalente a um resistor de 1500Ω (resistor de polarização) para controlar a corrente na linha de dados e, desta maneira, elevar a tensão a fim de promover a transição do nível lógico zero para o nível lógico um. Além deste, outro circuito com um transistor de polarização MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*), comandado pelo mestre, é responsável pela transição do nível lógico um para o nível lógico zero.

No momento em que tem início uma seqüência de comunicação, o mestre leva a linha de dados para o nível lógico zero mantendo-a neste por um período de 480µs ou mais. Todos os dispositivos 1-wireTM presentes na rede reconhecem esta operação. Os escravos respondem ao mestre emitindo pulsos de presença. Em seguida, o mestre acessa o código de identificação de um determinado escravo, envia comandos específicos de memória requeridos por este, e executa a transferência de dados. O mestre controla essa transferência de dados e examina a resposta do escravo (DALLAS SEMICONDUCTOR, 2002c). Na Figura 2 são

apresentados os pulsos digitais do início de uma seqüência de comunicação típica no sistema 1-wire™.

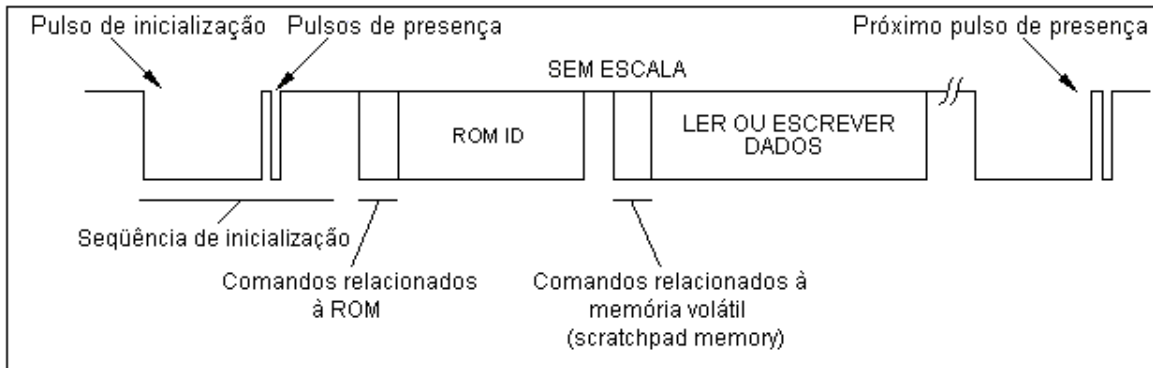


Figura 2 - Seqüência de comunicação típica no sistema 1-wire™.

3.3.2 - Alimentação

Segundo AWTRAY (1997), os dados são transferidos dos sensores para o computador, normalmente, por meio de condutores, sendo que dentre estes existem condutores específicos para comunicação, suprimento de energia e aterramento. Por definição, o sistema 1-wire™ possui apenas um único condutor no qual são conectados todos os dispositivos da série 1-wire™, já que, por convenção, o condutor de referência ou aterramento não é considerado. O sistema 1-wire™ pode ser alimentado de duas maneiras: alimentação parasita ou alimentação externa.

3.3.2.1 - Alimentação parasita

Considerando o circuito da Figura 3, sempre que a linha de dados é levada para o nível lógico um pelo resistor de polarização comandado pelo mestre, o diodo retificador de meia onda é polarizado diretamente e carrega o capacitor de 800pF, ambos existentes no interior de cada escravo 1-wire™. Quando a linha de dados cai a um nível de tensão inferior a do capacitor, o diodo retificador de meia onda é inversamente polarizado, isolando a carga no capacitor. A carga

armazenada no capacitor, então, constitui-se na fonte de energia responsável por alimentar o escravo durante os intervalos de tempo em que a linha de dados estiver em nível lógico zero. A quantidade de carga consumida durante estes intervalos de tempo é proporcional ao tempo em que a linha de dados permanece em baixa. O capacitor é recarregado quando a linha de dados retorna ao nível lógico um, no instante em que a tensão atinge o limiar de 2,8V, capaz de polarizar diretamente o diodo retificador de meia onda. Este conceito de obter energia a partir da linha de dados é denominado de alimentação parasita (DALLAS SEMICONDUCTOR, 2001a).

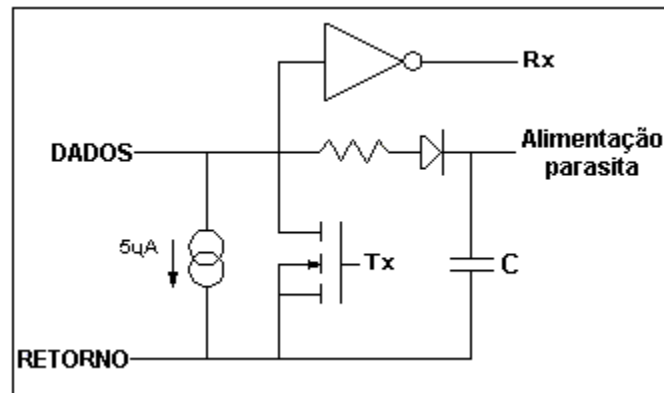


Figura 3 - Circuito de alimentação parasita do sistema 1-wire™.

Portanto, quando a alimentação parasita é empregada são necessários somente dois condutores (condutor de dados e de aterramento).

De acordo com a DALLAS SEMICONDUCTOR (2002c), problemas de interrupção na transmissão de dados podem ocorrer em redes 1-wire™ com extensos comprimentos quando a corrente fornecida pelo mestre não for suficiente para manter a tensão de operação dos escravos. Este problema pode ser agravado quando uma longa seqüência de bits zero é gerada pelo mestre, fazendo com que a linha de dados permaneça por um longo período de tempo em nível lógico zero, não sendo possível recarregar os escravos. À medida em que a tensão de operação interna dos escravos diminui, sua capacidade de responder ao mestre se torna reduzida. Assim, quando a tensão atinge um nível crítico, a comunicação na rede 1-wire™ é interrompida.

3.3.2.2 - Alimentação externa

Os dispositivos 1-wire™ obtém energia para operar a partir de uma fonte de alimentação externa regulada de 5V_{cc} que pode ser posicionada de maneira remota em relação ao mestre e mais próxima dos escravos. A desvantagem deste tipo de alimentação é a necessidade de um condutor específico para esta finalidade, além de fontes de alimentação externas. Entretanto, ao se optar pela alimentação externa, um número de escravos maior pode ser conectado na rede 1-wire™.

3.3.3 - Topologias das redes 1-wire™

As redes 1-wire™ podem ser estruturadas de maneiras distintas no que se refere à topologia, ou seja, a localização dos dispositivos 1-wire™ ao longo dos condutores e ao número e comprimento das ramificações. Assim sendo, a DALLAS SEMICONDUCTOR (2002c) estabeleceu uma classificação de acordo com a distribuição dos escravos ao longo do comprimento dos condutores que incluem as redes 1-wire™ mais típicas.

3.3.3.1 - Topologia linear

A topologia linear abrange as redes 1-wire™ estruturadas em uma única linha que tem início no mestre e se estende até o último escravo conectado à rede (Figura 4). Nesta topologia são admitidas ramificações desde que não sejam expressivas, ou seja, ramificações de comprimento inferior a 3 metros.

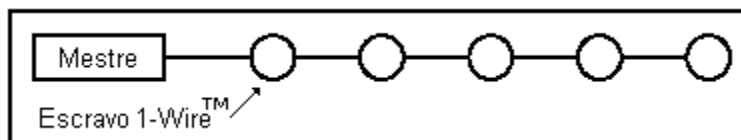


Figura 4 - Topologia linear da rede 1-wire™.

3.3.3.2 - Topologia ramificada

Na topologia ramificada, as redes 1-wireTM são constituídas de uma linha principal iniciada no mestre que se estende até o último escravo conectado à rede. Os demais dispositivos 1-wireTM são conectados à linha principal por meio de ramificações de comprimento superior a 3 metros (Figura 5).

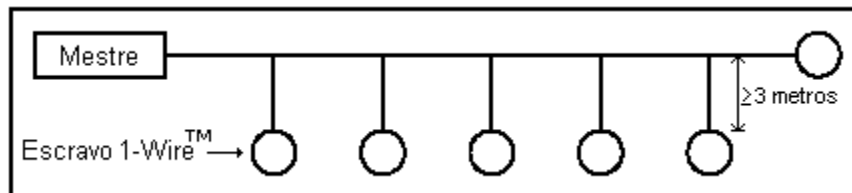


Figura 5 - Topologia ramificada da rede 1-wireTM.

Cada ramificação conectada na linha principal da rede 1-wireTM gera uma impedância no ponto de conexão que pode causar problemas nos outros dispositivos 1-wireTM conectados à rede.

3.3.3.3 - Topologia estrela

Diferentemente das anteriores, na topologia estrela as redes 1-wireTM são divididas bem próximo à conexão com o mestre e se estendem por meio de ramificações múltiplas de diversos comprimentos contendo escravos ao longo ou ao final destas (Figura 6).

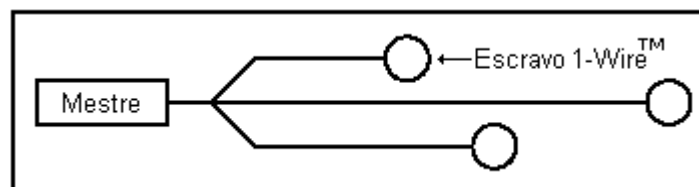


Figura 6 - Topologia estrela da rede 1-wireTM.

A confiabilidade das redes 1-wireTM, estruturadas conforme a topologia estrela, é baixa. A junção de várias ramificações representa para o mestre um

valor de impedância bem mais alto que o real, podendo causar problemas devido a reflexões. A solução é a utilização de dispositivos de chaveamento eletrônicos, comandados pelo mestre, fazendo com que cada ramificação seja ativada de maneira independente. Existem dispositivos de chaveamento desenvolvidos especialmente para redes 1-wire™, como o DS2409. A topologia estrela para redes 1-wire™ não chaveadas não é recomendada.

Quando diferentes topologias são mescladas, torna-se bem mais difícil determinar as limitações efetivas das redes 1-wire™.

Teoricamente, nenhuma rede 1-wire™ deve ter comprimento maior que 750m. Para distâncias iguais ou maiores que este valor o protocolo de comunicação 1-wire™ poderá falhar devido, principalmente, ao tempo de resposta dos condutores. Na prática, outros fatores, como as características elétricas dos condutores limitam o comprimento das redes 1-wire™ em valores bem menores que 750m (DALLAS SEMICONDUCTOR, 2002c).

3.3.4 - Parâmetros que podem comprometer o desempenho da rede 1-wire™

3.3.4.1 - Taxa morta

A taxa morta, segundo a DALLAS SEMICONDUCTOR (2001a), corresponde à taxa na qual a linha de dados da rede 1-wire™ é levada do nível lógico um para o nível lógico zero. Devido ao tempo de resposta rápido e à baixa impedância do transistor de polarização, o tempo do sinal será da ordem de microssegundos. Se a transição ocorrer em um tempo menor que o necessário para atravessar os condutores da rede 1-wire™, as reflexões na linha de dados podem causar interrupção na comunicação.

Para redes 1-wire™ com mais de 100m de comprimento, recomenda-se uma taxa morta de 1,1V/μs. Isto garante a transição do nível lógico um para o zero em, aproximadamente, 4μs alcançando o limite de 0,8V para o nível lógico zero. Como os transistores existentes no interior dos dispositivos 1-wire™ mantêm a

linha de dados em nível lógico zero somente depois que o mestre a leva para baixo, eles normalmente não apresentam problemas com a taxa morta. A exceção ocorre quando o pulso de presença é gerado em resposta ao pulso de reinicialização, porque a taxa morta do pulso de presença de um escravo 1-wire™ é descontrolada. Taxas mortas também ocorrem quando um novo dispositivo da série 1-wire™ é conectado à rede sem uma reinicialização prévia do sistema (DALLAS SEMICONDUCTOR, 2001a).

3.3.4.2 - Características dos condutores

Os condutores que interligam o computador e os dispositivos 1-wire™ são os principais responsáveis pelo decréscimo no desempenho do sistema 1-wire™. A seleção dos condutores para serem empregados na rede 1-wire™ é muito simples desde que as distâncias sejam pequenas (menores que 30m) e que o número de dispositivos 1-wire™ seja reduzido. Porém, para distâncias maiores, os efeitos relacionados às propriedades físicas e elétricas dos condutores se acentuam, gerando a necessidade de uma seleção mais criteriosa (DALLAS SEMICONDUCTOR, 2002a).

Os condutores apresentam propriedades distintas de resistência, indutância e capacitância, conferidas em função da geometria, comprimento e espaçamento dos condutores, além do material isolante ao redor deles. Especificamente, a resistência dos condutores reduz os ruídos na linha de dados nos instantes em que a mesma estiver em nível lógico zero (valores máximos de 100Ω). A indutância, no entanto, é capaz de gerar variações na tensão que podem causar erros nos dados transmitidos, até mesmo nos dispositivos 1-wire™ mais próximos do mestre (DALLAS SEMICONDUCTOR, 2002a).

De acordo com a DALLAS SEMICONDUCTOR (2002a), dentre as características elétricas mencionadas, a capacitância é a que causa os maiores problemas na transmissão de dados no sistema 1-wire™. A capacitância na rede 1-wire™ aumenta com o acréscimo de dispositivos 1-wire™ e ou com a capacitância dos condutores. A capacitância dos condutores, a qual pode variar de

30pF/m até 100pF/m, cresce com o aumento do comprimento dos mesmos. O incremento da capacitância na rede 1-wire™ faz com que o tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um aumente.

Cada dispositivo 1-wire™, segundo a DALLAS SEMICONDUCTOR (2001a), apresenta características inerentes relacionadas à capacitância de entrada (C_{entra}), à corrente de descarga (I_{desc}), ao circuito de alimentação parasita (D_i , R_i , C_{carga}) e à corrente de operação (I_{op}), sendo esta última igual a $10\mu A$ durante a comunicação (Figura 7). A capacitância de entrada de cada dispositivo 1-wire™ (30pF) contribui para o acréscimo da carga capacitiva na rede 1-wire™. Contudo, os 800pF de capacitância da alimentação parasita apenas existem em níveis de tensão acima de 2,8V. Portanto, a capacitância do circuito de alimentação parasita pode ser omitida porque não necessita ser considerada, já que a rede está operando no limiar dos 2,2V para o nível lógico um.

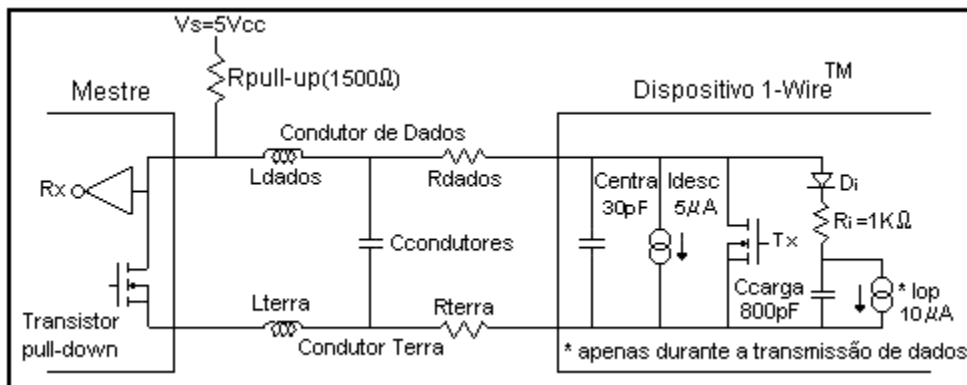


Figura 7 - Circuito equivalente ao sistema 1-wire™ com um dispositivo 1-wire™ conectado ao mestre (computador) por meio de dois condutores.

Se o produto entre a capacitância total (incluindo a capacitância de entrada dos dispositivos 1-wire™ e a dos condutores) e o valor do resistor de polarização (*pull-up*) resultar em uma Constante de Tempo (RC) que exceda o intervalo de tempo definido pelo protocolo de comunicação 1-wire™ para um determinado bit, a comunicação é interrompida. Por essa razão, condutores que não estejam sendo usados não devem ser aterrados. O aterramento pode incrementar a capacitância de maneira significativa, dificultando, ou até mesmo impossibilitando,

a elevação da linha de dados para o nível lógico um, e provocando, conseqüentemente, erros nos dados transmitidos (DALLAS SEMICONDUCTOR, 2002a).

O tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um pode ser melhorado reduzindo o valor do resistor de polarização, diminuindo o número de dispositivos 1-wireTM conectados na rede ou utilizando condutores de baixa capacitância por metro. O valor do resistor de polarização, contudo, não deve ser menor que 1500Ω. A redução deste valor incrementa a tensão relacionada ao nível lógico zero, reduzindo a imunidade da rede a ruídos (DALLAS SEMICONDUCTOR, 2001a).

A partir do instante no qual a linha de dados for liberada pelo mestre ou escravo(s), a mesma começará a ser levada em direção ao nível lógico um a uma taxa determinada pela constante de tempo da rede 1-wireTM. Uma primeira rampa será gerada com início em, aproximadamente, 0V e término em $0,8V \pm 0,1V$. Quando esta tensão for excedida, o circuito do resistor de polarização intensificará a transição promovendo uma segunda rampa, mais íngreme que a primeira, com término na tensão de alimentação. Contudo, se a rede 1-wireTM estiver muito carregada, uma terceira rampa será criada, com declive similar ao da primeira, para que a tensão de alimentação seja atingida (DALLAS SEMICONDUCTOR, 2001a). A forma de onda da transição do nível lógico zero para o nível lógico um será formada, então, por três segmentos distintos, conforme mostrado na Figura 8.

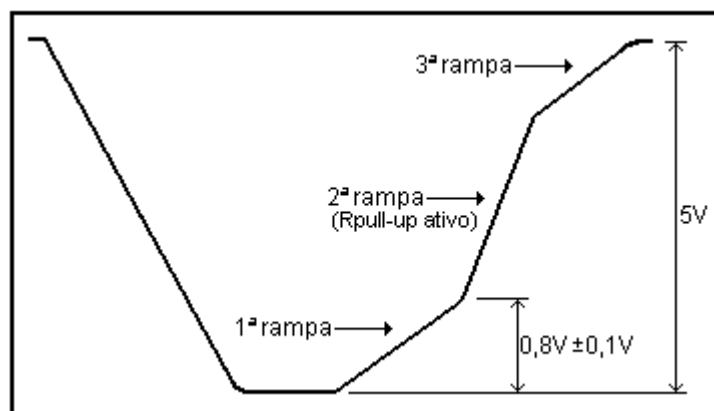


Figura 8 - Gráfico da transição do nível lógico zero para o nível lógico um no sistema 1-wireTM.

3.3.5 - Adaptador universal DS9097U - 009

O adaptador universal DS9097U-009 (Figura 9) é um dispositivo da série 1-wire™ capaz de promover a interface entre o computador e os condutores que interligam os dispositivos 1-wire™. Este adaptador apresenta uma entrada DB-9 para conexão na porta serial do computador (detalhe à direita) e uma entrada RJ-11 para os condutores da rede 1-wire™ (detalhe à esquerda). A alimentação do DS9097U-009 deriva da fonte interna do computador a partir da porta serial.



Figura 9 - Adaptador universal DS9097U-009.

O DS9097U-009 se baseia no circuito integrado DS2480B, inserido no interior do adaptador, a fim de realizar a conversão da porta serial do computador para a rede 1-wire™. O DS2480B contém um transistor de polarização (MOSFET) para o controle da taxa morta e um circuito equivalente a um resistor de 1500Ω (resistor de polarização). Este circuito integrado foi projetado para operar de maneira eficiente em redes 1-wire™ com grandes comprimentos a um custo equivalente ao de redes 1-wire™ médias e pequenas, gerando sinais que possibilitem um desempenho máximo. Além do DS2480B, este adaptador contém o *chip* DS2502 onde se encontra gravado o código de identificação deste dispositivo (DALLAS SEMICONDUCTOR, 2002c).

A taxa de transferência de dados padrão suportada pelo DS9097U-009 é de 9.600 bits/s. Entretanto, sob o controle de um programa computacional de

gerenciamento do sistema 1-wire™, taxas de transferência superiores podem ser utilizadas (19.200, 57.600 e 115.200 bits/s).

3.3.6 - Sensor de temperatura DS1820

O sensor de temperatura DS1820 é um dispositivo da série 1-wire™ capaz de medir a temperatura do meio no qual está inserido, fornecendo valores digitais de 9 bits para cada temperatura medida. O tempo de conversão da temperatura na forma digital é de, aproximadamente, 200µs. A faixa de medição do sensor DS1820 varia de -55°C a +125°C com resolução de 0,1°C e exatidão de ±0,5°C nas temperaturas compreendidas entre 0°C e 70°C (DALLAS SEMICONDUCTOR, 2001b).

Cada sensor DS1820 contém um código de identificação único de 64 bits gravado à laser na memória ROM (*Read Only Memory*). Por meio deste código é possível identificar cada sensor DS1820 conectado à rede 1-wire™, indicando ao mestre a família à qual pertence o sensor (o código da família do DS1820 é **10h**), o número serial individual e a existência ou não de erros nas informações anteriores (DALLAS SEMICONDUCTOR, 2001b). Desta forma, múltiplos sensores DS1820 podem ser conectados em uma mesma rede 1-wire™, possibilitando a aquisição de dados de temperatura em locais diferentes de maneira simultânea.

Dentre as aplicações possíveis, podem ser mencionados o monitoramento e o controle de ambientes e de processos industriais, além de outros sistemas termicamente sensíveis.

Os sensores DS1820 com encapsulamento PR35 de três terminais são os mais empregados na maioria das aplicações (Figura 10). A Tabela 1 apresenta a descrição de cada um dos três terminais (pinos).

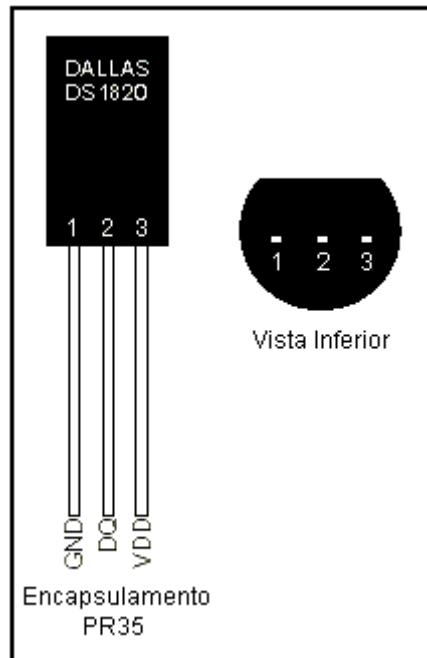


Figura 10 - Sensor de temperatura DS1820 com encapsulamento PR35.

Tabela 1 - Descrição dos três terminais do sensor DS1820

Pinos PR35	Símbolo	Descrição
1	GND	Pino de referência (aterramento)
2	DQ	Pino de entrada/saída de dados
3	VDD	Pino de alimentação

3.3.6.1 - Componentes básicos

O diagrama de blocos mostrado na Figura 11 apresenta os componentes básicos de um sensor DS1820. Cada sensor possui três componentes principais:

- 1) Memória ROM (*Read Only Memory*) com código de identificação de 64 bits;
- 2) Sensor de temperatura;
- 3) Limites de temperatura superior e inferior (TH e TL) gravados em memória não volátil.

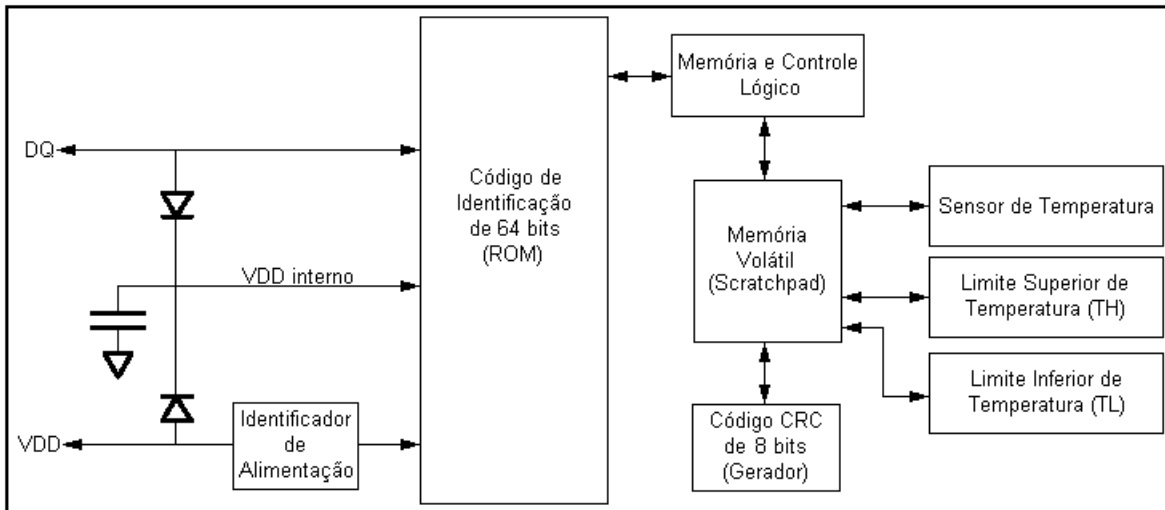


Figura 11 - Diagrama de blocos do sensor DS1820.

Segundo a DALLAS SEMICONDUCTOR (2001b), a comunicação entre o computador (mestre) e os sensores DS1820 é realizada por meio de uma interface 1-wire™ via porta serial. Esta comunicação tem início quando o mestre executa um dos cinco comandos relacionados à memória ROM (*Read ROM*, *Match ROM*, *Skip ROM*, *Search ROM* ou *Alarm Search*). Estes comandos operam com base no código de identificação de 64 bits de um sensor específico. No caso de existirem dois ou mais sensores DS1820 na rede 1-wire™, estes comandos indicam ao mestre o número de sensores presentes. Depois da seqüência de comandos relacionados à memória ROM ter sido executada com sucesso, os comandos de controle e memória do sensor se tornam acessíveis. Assim sendo, o mestre pode executar um dos seis comandos relacionados à memória volátil (*Write Scratchpad*, *Read Scratchpad*, *Copy Scratchpad*, *Convert T*, *Recall E²* ou *Read Power Supply*).

Um dos comandos de controle é o responsável por ativar o procedimento para a realização das medidas de temperatura pelo sensor DS1820. O resultado obtido ao término deste procedimento é armazenado em uma memória volátil (*scratchpad memory*), com capacidade limitada, existente no interior do sensor DS1820. Este resultado (valor da temperatura medida) pode ser lido por meio do comando *Read Scratchpad*. Os limites de temperatura superior e inferior (TH e TL) são armazenados por meio de outro comando relacionado à memória volátil e o

acesso a estes registradores é realizado utilizando a memória volátil (DALLAS SEMICONDUCTOR, 2001b).

3.3.6.2 - Alimentação

A alimentação necessária para que os sensores DS1820 possam operar de acordo com o protocolo de comunicação 1-wire™ pode ser derivada da própria linha de dados (alimentação parasita) ou por meio de uma fonte de alimentação externa regulada de 5V_{cc}.

Ao se optar pela alimentação parasita (Figura 12), o pino de alimentação (VDD) do sensor DS1820 deverá ser aterrado, podendo ser unido ao pino de referência (GND). De acordo com a DALLAS SEMICONDUCTOR (2001b), um possível problema da alimentação parasita está relacionado ao procedimento de conversão de temperatura pelo sensor DS1820. Para que o sensor possa converter a temperatura com exatidão é necessário garantir um nível de tensão suficiente durante este procedimento. Este problema se agrava no caso de existirem muitos sensores DS1820 conectados à rede 1-wire™ realizando, simultaneamente, a conversão de temperatura.

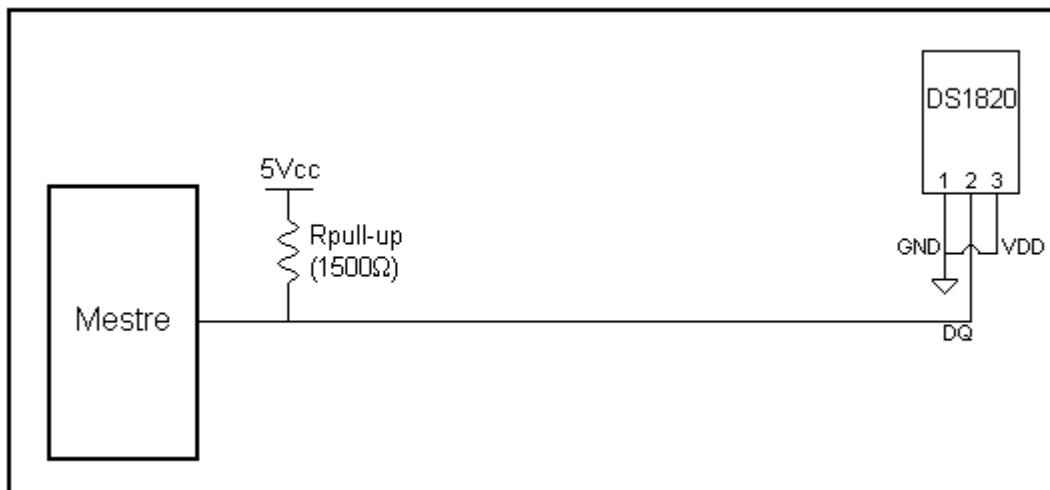


Figura 12 - Esquema de ligação do sensor DS1820 com alimentação parasita.

Em redes 1-wire™ com suprimento de energia via fonte de alimentação externa conectada ao pino VDD do sensor (Figura 13), o mestre não precisa manter a linha de dados operando em nível lógico um durante os períodos de conversão de temperatura. Assim sendo, é possível a transmissão de outros dados durante esta conversão.

A DALLAS SEMICONDUCTOR (2001b) não recomenda a alimentação parasita para aplicações onde as temperaturas a serem medidas são superiores a 100°C, pois os valores de corrente característicos destas temperaturas são muito elevados, fazendo com que a comunicação seja interrompida.

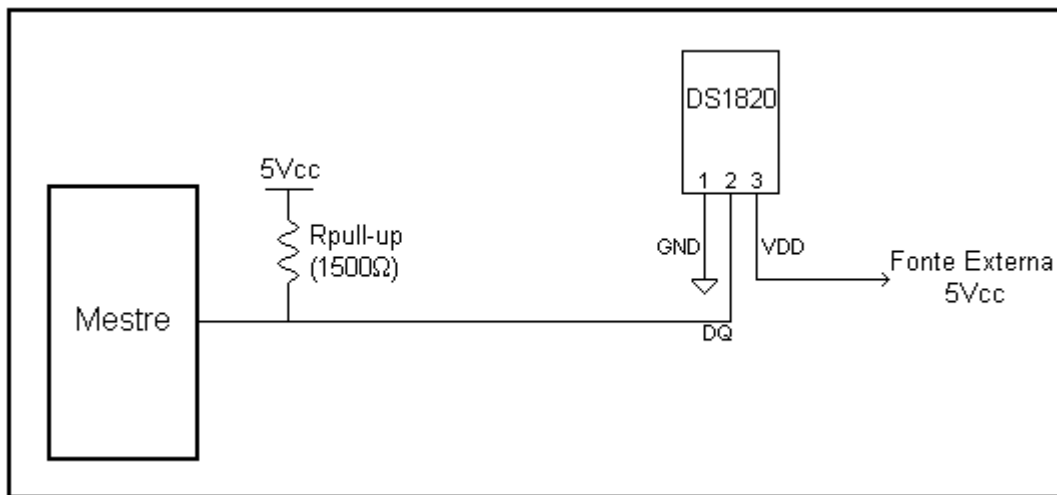


Figura 13 - Esquema de ligação do sensor DS1820 com alimentação externa.

3.3.6.3 - Alarme

Depois que o sensor DS1820 realiza a conversão de temperatura, o valor obtido é comparado com os valores limites de temperatura superior e inferior (TH e TL). Se a temperatura medida for maior que TH ou menor que TL, um sinal de alarme é ativado no interior do sensor DS1820. Este sinal de alarme é atualizado a cada medida de temperatura. Assim que o sinal de alarme for ativado, o sensor DS1820 responderá ao comando *Alarm Search*. Isto permite que diversos DS1820's sejam conectados em paralelo e realizem, simultaneamente, medidas de temperatura. Se, em algum ponto, a temperatura exceder os limites TH ou TL,

o sinal de alarme de um ou mais sensores DS1820 poderá ser identificado imediatamente pelo mestre, sem afetar os sensores que estão medindo temperaturas dentro dos limites (DALLAS SEMICONDUCTOR, 2001b).

3.3.6.4 - Seqüência de transmissão de dados

O sensor de temperatura DS1820 requer protocolos específicos para garantir a integridade dos dados transmitidos. O protocolo de comunicação do sistema 1-wire™ consiste em sinalizações de diversos tipos: pulso de inicialização, pulso de presença, escrever 0, escrever 1, ler 0 e ler 1. Todos estes sinais, com exceção do pulso de presença, são executados pelo mestre. Segundo a DALLAS SEMICONDUCTOR (2001b), o protocolo de comunicação para acessar os sensores DS1820 conectados na rede 1-wire™ consta de:

- Inicialização;
- Comandos relacionados à ROM;
- Comandos relacionados à memória volátil;
- Transferência de dados.

Inicialização

Toda comunicação na rede 1-wire™ começa com um procedimento de inicialização. A seqüência de inicialização consiste de um pulso de inicialização transmitido pelo mestre com duração mínima de 480µs seguido de um ou mais pulsos de presença transmitidos por um ou mais escravos. Os pulsos de presença permitem ao mestre reconhecer se os sensores DS1820 estão realmente conectados à rede 1-wire™ e se estão prontos para operar.

Comandos relacionados à ROM

Uma vez que o mestre detecta um ou mais pulsos de presença, ele pode acessar qualquer um dos escravos presentes enviando um dos cinco comandos relacionados à ROM. Todos estes comandos possuem 8 bits e estão listados a seguir (referentes ao fluxograma da Figura 14).

a) Comando *Read ROM* [33h]

O comando *Read ROM* permite ao mestre ler o código de 8 bits que identifica a família, o número serial único de 48 bits e o código de verificação de redundância cíclica de 8 bits do sensor DS1820. Este comando deverá ser executado somente quando existir apenas um sensor de temperatura DS1820 conectado à rede 1-wire™, caso contrário, ocorrerá uma colisão de dados quando todos os sensores tentarem transmitir seu código de identificação ao mesmo tempo.

b) Comando *Match ROM* [55h]

Este comando, seguido de um código de identificação de 64 bits, permite ao mestre acessar um sensor DS1820 específico em uma rede 1-wire™. Apenas o sensor DS1820 que possuir identificação igual ao código fornecido irá responder aos comandos relacionados à memória volátil. Todos os outros escravos continuarão a esperar por um pulso de reinicialização para que possam operar.

c) Comando *Skip ROM* [CCh]

Este comando diminui o tempo de operação quando um único sensor DS1820 estiver conectado à rede 1-wire™, permitindo ao mestre acessar os comandos relacionados à memória volátil sem a necessidade de fornecer o código de identificação de 64 bits. Se mais de um escravo 1-wire™ estiver conectado a

rede e o comando *Read ROM* seguido do comando *Skip ROM* for executado, ocorrerá colisão de dados caso todos os escravos transmitam simultaneamente.

d) Comando *Search ROM* [F0h]

Quando o sistema 1-wire™ é inicializado, o mestre não conhece o número de escravos que estão conectados à rede 1-wire™ nem seus respectivos códigos de identificação. O comando *Search ROM*, por um procedimento de eliminação, permite ao mestre identificar os códigos de identificação de 64 bits de todos os dispositivos 1-wire™ conectados à rede. O mestre consegue identificar apenas o código de um escravo, em um tempo de 13,16ms, a cada execução do comando *Search ROM*. Assim, o mestre é capaz de identificar 75 dispositivos 1-wire™ diferentes por segundo.

e) Comando *Alarm Search* [ECh]

A lógica de funcionamento deste comando é idêntica à do comando *Search ROM*. Contudo, o sensor DS1820 responderá a este comando apenas se for detectada uma condição de alarme na última temperatura medida. Uma condição de alarme é definida como uma temperatura maior que TH ou menor que TL. A condição de alarme permanece ativa até que a rede 1-wire™ seja reinicializada ou até que outra temperatura seja medida e apresente um valor diferente da condição de alarme.

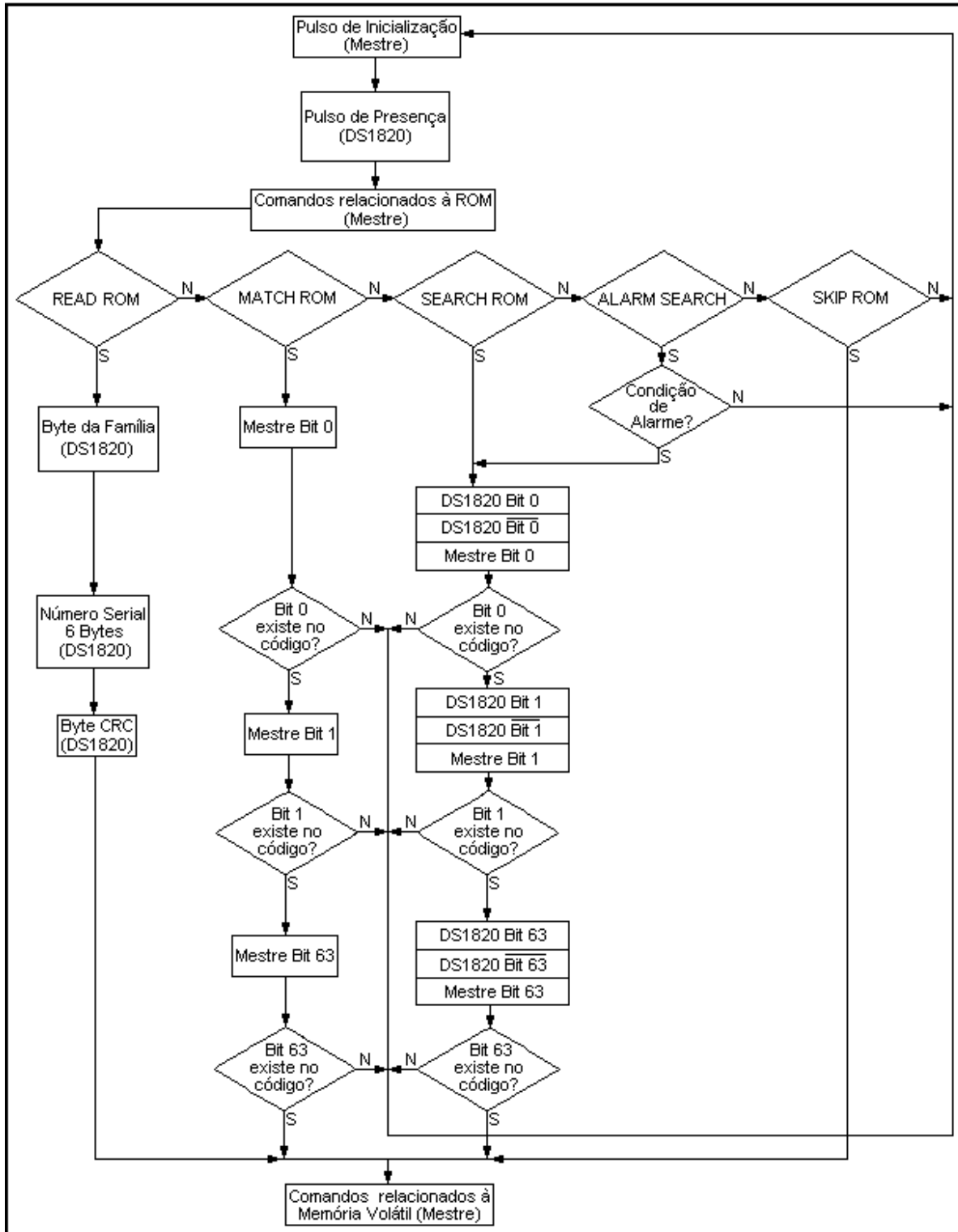


Figura 14 - Fluxograma dos comandos relacionados à ROM utilizados no protocolo de comunicação para acessar os sensores DS1820 conectados na rede 1-wire™.

Comandos relacionados à memória volátil

Os comandos relacionados à memória volátil, descritos a seguir, são apresentados no fluxograma da Figura 15.

a) Comando *Write Scratchpad* [4Eh]

O comando *Write Scratchpad* escreve as informações na memória volátil (*scratchpad memory*) do sensor DS1820.

b) Comando *Read Scratchpad* [BEh]

Este comando lê o conteúdo da memória volátil do sensor DS1820. A leitura é iniciada no byte zero e continua até que o nono byte da memória volátil seja lido. Se todos os bytes não forem lidos, o mestre poderá enviar um pulso de reinicialização, terminando assim, a leitura a qualquer instante.

c) Comando *Copy Scratchpad* [48h]

Este comando copia o conteúdo da memória volátil do sensor DS1820 para a memória E² (memória que pode ser apagada eletricamente), armazenando assim, os bytes das temperaturas limites superior (TH) e inferior (TL) na memória não volátil do sensor. Se a alimentação for parasita, o mestre deverá ativar o resistor de polarização mantendo a linha de dados em nível lógico um por, no mínimo, 10ms, a fim de garantir alimentação durante o procedimento de cópia.

d) Comando *Convert T* [44h]

O comando *Convert T* é o responsável pela conversão de temperatura no sensor DS1820. Depois da conversão ter sido realizada, o sensor DS1820 permanece em estado ocioso. Se a alimentação for parasita, o mestre deverá

ativar o resistor de polarização mantendo a linha de dados em nível lógico um por, no mínimo, 500ms, a fim de garantir alimentação durante o procedimento de conversão. A exatidão na conversão de temperatura será de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ caso a tensão aplicada no pino de alimentação (VDD) do sensor DS1820 seja inferior a $3,4V_{\text{cc}}$.

e) Comando *Recall E²* [B8h]

Este comando acessa os limites de temperatura superior (TH) e inferior (TL) armazenados na memória E^2 do sensor DS1820. Este acesso ocorre automaticamente assim que a tensão é aplicada ao sensor DS1820 e existam dados válidos na memória volátil.

f) Comando *Read Power Supply* [B4h]

Este comando faz com que o sensor DS1820 retorne ao mestre a informação sobre a sua forma de alimentação. Assim sendo, o sensor DS1820 retornará 0 (zero) se a alimentação for parasita e 1 (um) se a alimentação derivar de fonte externa.

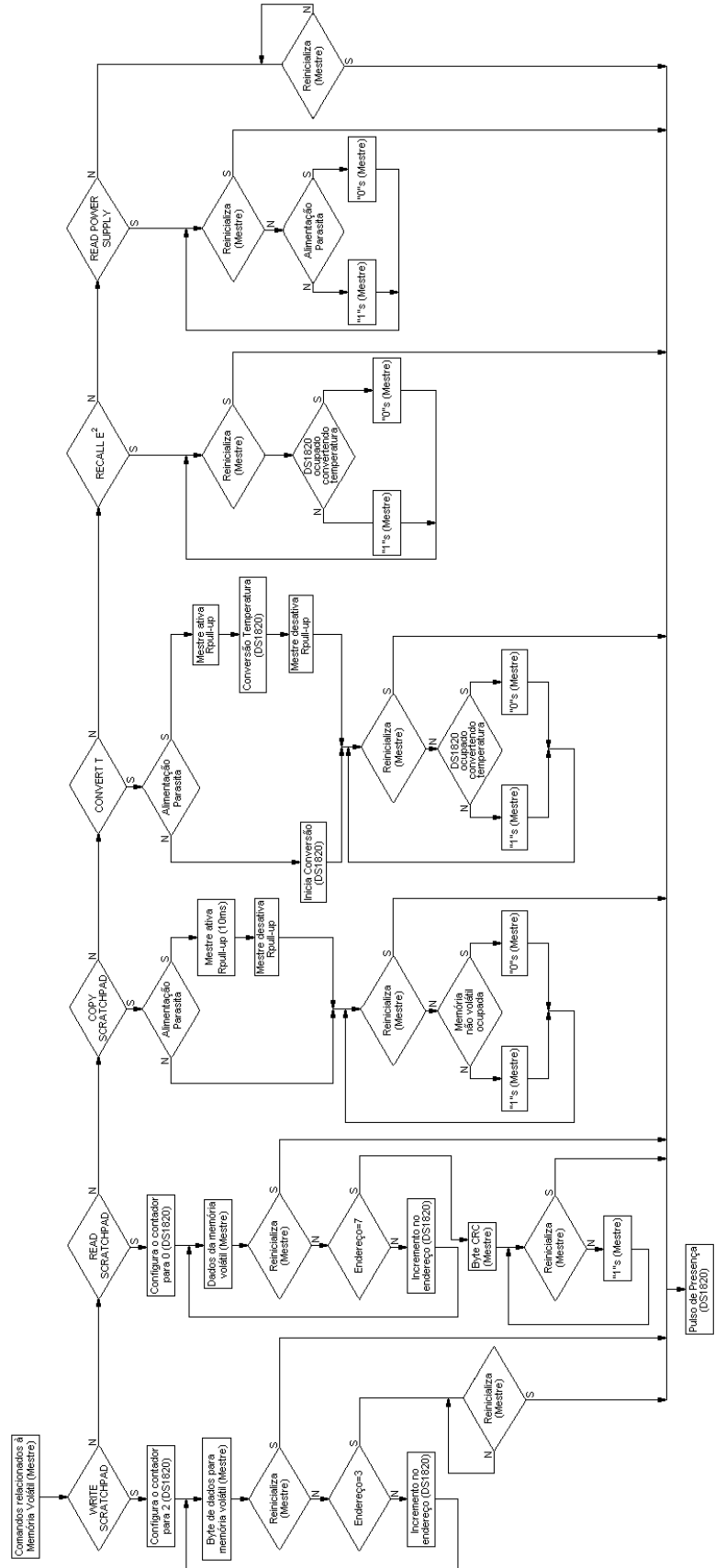


Figura 15 - Fluxograma dos comandos relacionados à memória volátil utilizados no protocolo de comunicação para acessar os sensores DS1820 conectados na rede 1-wire™.

4 - Materiais e Métodos

4.1 - Desenvolvimento do programa computacional

O programa computacional para o gerenciamento do sistema 1-wire™ foi desenvolvido de acordo com o protocolo de comunicação 1-wire™, sendo implementado em linguagem C++, utilizando-se a plataforma de programação C++ *Builder* versão 5.0. A este programa computacional nomeou-se de **SISDAT** (**SIS**tema de **A**quisição de **DA**dos de **TE**mperatura).

Na plataforma C++ *Builder*, a programação é orientada a objetos, ou seja, enfatiza os dados manipulados. Neste tipo de programação, os procedimentos, as funções e toda a conformação do programa dependem de estruturas denominadas classes. As classes armazenam objetos que possuem atributos semelhantes. É possível afirmar que as classes, os objetos e os seus atributos são abstrações do mundo real e por meio deles é possível criar relações de forma hierárquica. Por exemplo, uma classe de sensores pode conter vários objetos como sensores de temperatura, umidade, radiação e outros, cada um destes possuindo atributos específicos como faixa de operação, exatidão, precisão e outros. As vantagens da programação orientada a objetos envolvem a reutilização de códigos existentes de maneira facilitada e flexível, diminuição do tempo de desenvolvimento e minimização do número de procedimentos de verificação e validação.

Os requisitos mínimos para a instalação do SISDAT são um computador 486 ou superior, monitor com resolução de tela de 800 x 600 ou 1024 x 768 pixels e 4MB de memória RAM disponíveis. Nos computadores que possuem aplicativos da *Borland* instalados, a quantidade necessária de memória RAM disponível é menor porque alguns dos arquivos necessários para a execução do SISDAT já estarão presentes.

A estrutura lógica do SISDAT se baseia nos fluxogramas das Figuras 14 e 15.

O SISDAT foi estruturado fisicamente, em seis telas, descritas a seguir:

- 1) Apresentação;
- 2) Principal;
- 3) Configurações do sistema;
- 4) Cadastro dos sensores;
- 5) Gráfico;
- 6) Informações sobre o programa.

Na implementação do SISDAT, empregou-se alguns componentes não visuais existentes na plataforma de programação C++ *Builder*.

4.1.1 - Apresentação

A tela de apresentação do SISDAT, exibida quando o programa é inicializado, é gerenciada por um componente não visual temporizador (*Timer*). Este componente não visual tem por objetivo limitar o tempo de exibição da tela de apresentação, sendo ativado no momento em que o programa é inicializado e desativado após um intervalo de tempo preestabelecido no código do programa. Ao término deste intervalo de tempo, a tela principal é ativada, permitindo ao usuário acessar as demais telas do programa.

4.1.2 - Principal

Na tela principal, o usuário poderá fornecer os dados de entrada necessários para a realização da aquisição dos valores de temperatura. Os dados de entrada são:

- a) Intervalo de amostragem dos dados em minutos;
- b) Número de leituras dos sensores;
- c) Número de medidas a cada leitura dos sensores;
- d) Tipo de alimentação dos sensores (alimentação parasita ou externa).

Depois dos dados de entrada serem fornecidos, o usuário poderá pressionar o botão **Iniciar** para que a aquisição de dados de temperatura seja iniciada. Quando o botão **Iniciar** for pressionado, uma caixa de diálogo é automaticamente apresentada, permitindo ao usuário fornecer o nome de um arquivo com extensão **.DOC**, onde os resultados da aquisição de dados de temperatura serão gravados. Na parte inferior da tela principal, existe uma área destinada à exibição dos valores de temperatura de cada um dos sensores cadastrados, onde o usuário pode acompanhar, em tempo real, os resultados que estão sendo armazenados no arquivo. Nesta área, no início da aquisição de dados, é apresentado um cabeçalho contendo a data e o horário em que a aquisição de dados foi iniciada, os dados de entrada fornecidos pelo usuário e os códigos de identificação dos sensores cadastrados no SISDAT. Caso o usuário inicie a aquisição de dados de temperatura mais de uma vez, sem sair do programa, e deseje que os resultados apresentados nesta área não sejam acumulados, existe a alternativa de pressionar o botão **Limpar Área de Resultados**, fazendo com que o conteúdo existente nesta área seja apagado.

Um gráfico relacionando os valores de temperatura medidos pelos sensores com o tempo de amostragem dos dados pode ser visualizado pressionando o botão **Gráfico**.

O *menu* apresentado nesta tela oferece as opções de sair do programa (**Sair**), visualizar a tela com informações sobre o programa (**Sobre**) e acessar a tela de configurações do sistema (**Configurações**).

4.1.3 - Configurações do sistema

O usuário, nesta tela, pode selecionar as seguintes opções de configuração:

- a) Porta de conexão (COM1, COM2, COM3, COM4 ou LPT1);
- b) Número de bits dos dados (7 ou 8);
- c) Número de bits de parada (1 ou 2);

- d) Taxa de transferência dos dados (9600, 19200, 57600 ou 115200 bits/s);
- e) Paridade (Paridade Par, Paridade Ímpar ou Sem Paridade).

Pressionando o botão **Voltar**, o usuário faz com que o programa retorne à tela principal e, por meio do botão **Cadastrar Sensores**, é possível acessar a tela de cadastro dos sensores.

O *menu* apresentado nesta tela oferece as opções de sair do programa (**Sair**) e visualizar a tela com informações sobre o programa (**Sobre**).

4.1.4 - Cadastro dos sensores

Nesta tela o usuário pode inserir tanto o número de sensores de temperatura que serão utilizados no sistema 1-wire™ quanto os códigos de identificação referentes a cada um deles. A inserção dos códigos de identificação dos sensores no SISDAT poderá ser efetuada diretamente na tabela apresentada na tela ou por meio de arquivo texto (com extensão **.TXT**), acessando a opção existente no *menu* **Fornecer códigos por meio de arquivo texto**. O arquivo deverá conter, em cada linha, os códigos de um único sensor separados por espaço e precedidos por **0x**. Uma mensagem posicionada na parte inferior da tela sugere ao usuário a utilização do programa WINDIAG.EXE para a identificação dos códigos dos sensores a serem cadastrados no SISDAT. O WINDIAG é um programa de domínio público, desenvolvido e disponibilizado via INTERNET pela Dallas Semiconductor, que possibilita aos usuários de seus produtos a leitura dos códigos de identificação de cada dispositivo 1-wire™ e, no caso dos sensores DS1820, exibe o valor instantâneo da temperatura medida por cada sensor em graus Centígrados (°C) e Fahrenheit (°F). Por essa razão, o pacote de instalação do SISDAT inclui o programa WINDIAG.

Depois de ter realizado o cadastro dos sensores, o usuário poderá pressionar o botão **Voltar** e o programa retornará à tela anterior.

Além da opção de fornecer os códigos dos sensores por meio de arquivo texto, o *menu* apresenta ainda as opções de sair do programa (**Sair**) e visualizar a tela contendo informações sobre o programa (**Sobre**).

4.1.5 - Gráfico

Por meio desta tela, o usuário pode visualizar um gráfico que, como mencionado, relaciona as temperaturas medidas pelos sensores com o tempo de amostragem dos dados. Este gráfico poderá ser impresso pressionando o botão **Imprimir**.

O botão **Voltar** faz com que o programa retorne à tela principal e o *menu* apresenta as mesmas opções da tela de configurações do sistema.

4.1.6 - Informações sobre o programa

Esta tela exibe informações sobre o SISDAT tais como a sua versão, os endereços eletrônicos da equipe de desenvolvimento do programa, dentre outras informações adicionais. O botão **Voltar**, ao ser pressionado pelo usuário, faz com que o programa retorne à tela anterior.

4.1.7 - Componentes não visuais

Além das telas descritas anteriormente, foram empregadas caixas de diálogo comuns (caixas padrão do Windows) com funções já implementadas e vinculadas ao SISDAT com um objetivo específico. Estas caixas de diálogo são consideradas componentes não visuais porque se tornam visíveis apenas quando são chamadas a partir de um determinado procedimento, geralmente ativado por um componente visual (botões). O SISDAT utiliza caixas de diálogo comuns para salvar os dados da área de resultados, imprimir gráfico e abrir o arquivo que contém os códigos de identificação dos sensores a serem cadastrados.

4.2 - Avaliação da exatidão dos sensores de temperatura DS1820 (calibração)

A calibração dos sensores de temperatura DS1820 da série 1-wire™ foi realizada no Laboratório de Grãos da Área de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

Com o propósito de calibrar adequadamente os sensores de temperatura DS1820, foi utilizada uma câmara climatizada modelo 347-CD (microprocessada) fabricada pela FANEM (Figura 16), comumente empregada para incubações em geral, pesquisas de fotossíntese e preservação de material de origem animal e vegetal. A faixa de operação efetiva da câmara é de 0°C a 50°C, sendo possível, nesta faixa, o controle total da temperatura no seu interior, com alto grau de exatidão e precisão. Esta câmara climatizada foi construída em chapa de aço tratada e pintada com tinta porcelanizada na cor branca, isolada termicamente com poliuretano expandido de 5cm de espessura, inclusive a porta.

Um painel de controle microprocessado, posicionado na parte frontal superior da câmara, consta de um visor digital associado a teclas que possibilitam ao usuário estabelecer uma determinada temperatura com resolução de 0,1°C, além de permitir o acompanhamento da redução ou do aumento da temperatura real no interior da câmara.

O microprocessador controla a temperatura no interior da câmara por meio de um sistema de aquecimento (resistência elétrica) e de uma unidade de refrigeração acionados em função do sinal transmitido por um sensor de platina ao microprocessador. Este sinal é transmitido continuamente a cada fração de segundo e representa a temperatura instantânea no interior da câmara. Dependendo da temperatura estabelecida pelo usuário no painel de controle, o microprocessador liga ou desliga o aquecimento ou a refrigeração. O interior da câmara é equipado com um sistema de ventilação com a finalidade de promover a circulação do ar e, desta maneira, proporcionar uma perfeita homogeneidade da temperatura interna.



Figura 16 - Câmara climatizada modelo 347-CD.

Uma amostra de 20 sensores de temperatura DS1820 da série 1-wire™, selecionados aleatoriamente, foram conectados em uma matriz de contato sendo dispostos um ao lado do outro de forma que os pinos de alimentação (VDD), entrada/saída de dados (DQ) e aterramento (GND), comuns a todos os sensores, foram interligados (Figura 17).

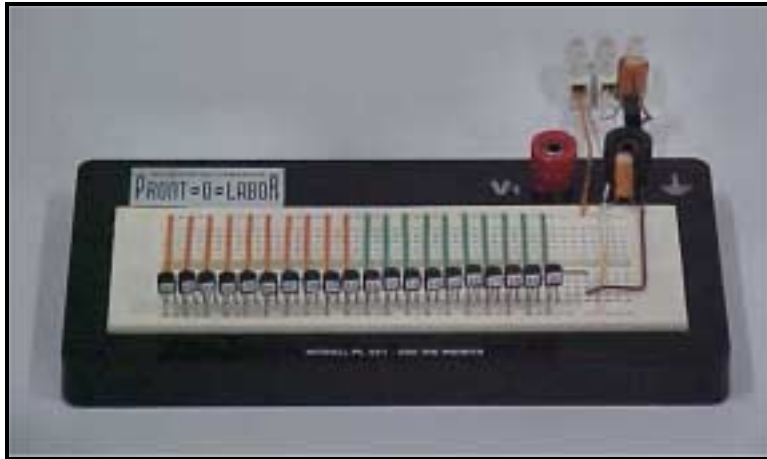


Figura 17 - Matriz de contato com os 20 sensores DS1820.

Os sensores DS1820 foram alimentados por meio de uma fonte externa regulada que fornecia $12V_{cc}$. Como a tensão típica de alimentação de cada sensor DS1820 é de $5V_{cc}$, um circuito composto por um regulador de tensão (7805) associado a dois capacitores eletrolíticos de 47 e $10\mu F$ (filtros) foi montado junto à matriz de contato, a fim de fornecer a tensão necessária à alimentação dos sensores (Figura 18). A razão pela qual empregou-se uma fonte de alimentação externa de $12V_{cc}$ foi garantir pelo menos $5V_{cc}$ a cada um dos sensores, mesmo que perdas pudessem ocorrer na linha de alimentação em função do comprimento e do tipo de condutores.

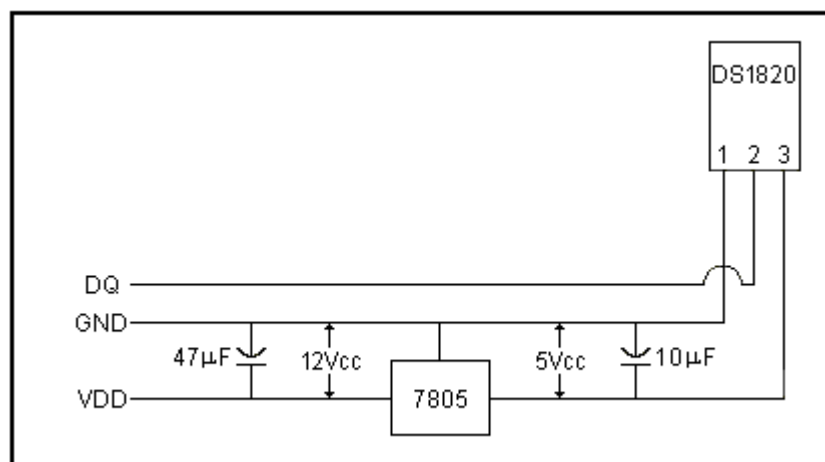


Figura 18 - Circuito de regulação da tensão montado junto à matriz de contato.

Os valores de temperatura medidos pelos sensores DS1820 foram transmitidos a um computador IBM 586, executando, no Microsoft Windows 95, o programa SISDAT 1.0. Um adaptador universal DS9097U-009, conectado na porta serial de comunicação, realizou a interface entre o computador e os sensores.

A matriz de contato com os 20 sensores DS1820, juntamente com o circuito de regulação da tensão, foram inseridos no interior da câmara climatizada, sendo posicionados na parte central de uma das cinco prateleiras nela existentes. Próximo aos sensores foi fixado um termômetro padrão de mercúrio em vidro, de maneira que o bulbo de mercúrio (elemento sensível do termômetro) permanecesse no mesmo nível dos sensores. O termômetro padrão empregado possuía escala nominal graduada de 0°C a 50°C e certificado de calibração do laboratório de padronização de medidas da VAISALA (Figura 19).



Figura 19 - Termômetro de mercúrio em vidro com certificado de padronização.

Durante todo o período de calibração, a temperatura ambiente externa à câmara também foi monitorada por meio de um outro termômetro padrão de mercúrio em vidro e manteve-se entre 21°C e 25°C.

No procedimento de configuração da câmara climatizada foi estabelecida, inicialmente, a temperatura de 5°C. A partir deste valor, aumentou-se gradualmente a temperatura no interior da câmara, utilizando-se incrementos de 1°C, em intervalos de tempo variáveis que dependeram das diferenças de

temperatura entre os ambientes externo e interno à câmara. Desta maneira, foi possível permitir uma adequada estabilização da temperatura no termômetro padrão de mercúrio em vidro interno à câmara.

A faixa de temperatura na qual os sensores foram calibrados variou de 5°C até 48°C, totalizando 44 pontos de calibração. Para as faixas de 5°C a 20°C e de 25°C a 40°C, o intervalo de tempo empregado para que a temperatura medida pelo termômetro padrão no interior da câmara estabilizasse foi de 40 minutos para cada incremento de 1°C na temperatura. Já para a faixa de 20°C a 25°C, por ser bastante próxima da temperatura ambiente externa, este intervalo de tempo foi reduzido para 30 minutos. Para a faixa de 40°C a 48°C, por apresentar diferenças significativas de temperatura em relação ao exterior, o intervalo de tempo foi de 50 minutos para cada incremento de 1°C na temperatura.

Depois do término do período de tempo necessário à estabilização de cada temperatura interna à câmara, a aquisição dos dados de temperatura dos sensores foi iniciada no computador. Os valores instantâneos de temperatura foram armazenados em arquivo durante 5 minutos, resultando, para cada sensor e valor de temperatura, em um conjunto de 25 valores. A temperatura média para cada sensor e ponto de calibração foi calculada como sendo a média aritmética dos 25 valores. Ao final da aquisição de dados no computador, para cada valor de temperatura, a operação de leitura do termômetro padrão interno à câmara era realizada abrindo a porta da câmara e fechando-a em seguida em um intervalo de tempo inferior a 5 segundos. Segundo DeFELICE (1998), o tempo de resposta de um termômetro padrão de mercúrio em vidro é da ordem de minutos em condições de adequada circulação de ar. Assim, a operação descrita anteriormente não promoveu alterações na temperatura do termômetro padrão quando a porta da câmara foi aberta.

A partir das medições de temperatura, foram realizadas análises de regressão linear, a fim de se determinar equações de ajuste para os sensores DS1820. Nestas análises, foi empregado o seguinte modelo de equação:

$$Y = a(\pm SEa) + b(\pm SEb)x \quad (5)$$

em que

- Y - variável dependente (temperatura medida pelo sensor DS1820);
- a - ponto onde a reta de regressão intercepta o eixo das ordenadas;
- b - inclinação da reta de regressão;
- x - variável independente (temperatura medida pelo termômetro padrão);
- SEa - desvio padrão associado ao parâmetro a;
- SEb - desvio padrão associado ao parâmetro b.

Adicionalmente, aplicou-se o teste **t**, para cada equação de regressão obtida, verificando se o parâmetro **a** (intercepto) foi estatisticamente diferente de zero e se o parâmetro **b** (inclinação da reta) foi estatisticamente diferente da unidade, ambos ao nível de 1% de probabilidade.

4.3 - Avaliação do comportamento da transmissão de dados de temperatura

A avaliação do comportamento da transmissão de dados de temperatura no sistema 1-wire™ foi realizada no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

A transmissão de dados de temperatura no sistema 1-wire™ foi avaliada em função do tipo e comprimento dos condutores e do número de sensores de temperatura DS1820.

4.3.1 - Material experimental e justificativas

Neste trabalho foram utilizados 5 tipos distintos de condutores com comprimento de 200m para cada tipo. Tais condutores são relacionados a seguir e apresentados na Figura 20.

- 1) Cabo telefônico trançado FI 2 x 0,24mm²;
- 2) Cabo telefônico paralelo especial FI 2 x 0,28mm²;
- 3) Cabo telefônico CCI 2 x 0,20mm²;
- 4) Cabo coaxial blindado (microfone mono) 0,20mm²;
- 5) Cordão trançado 2 x 1mm².

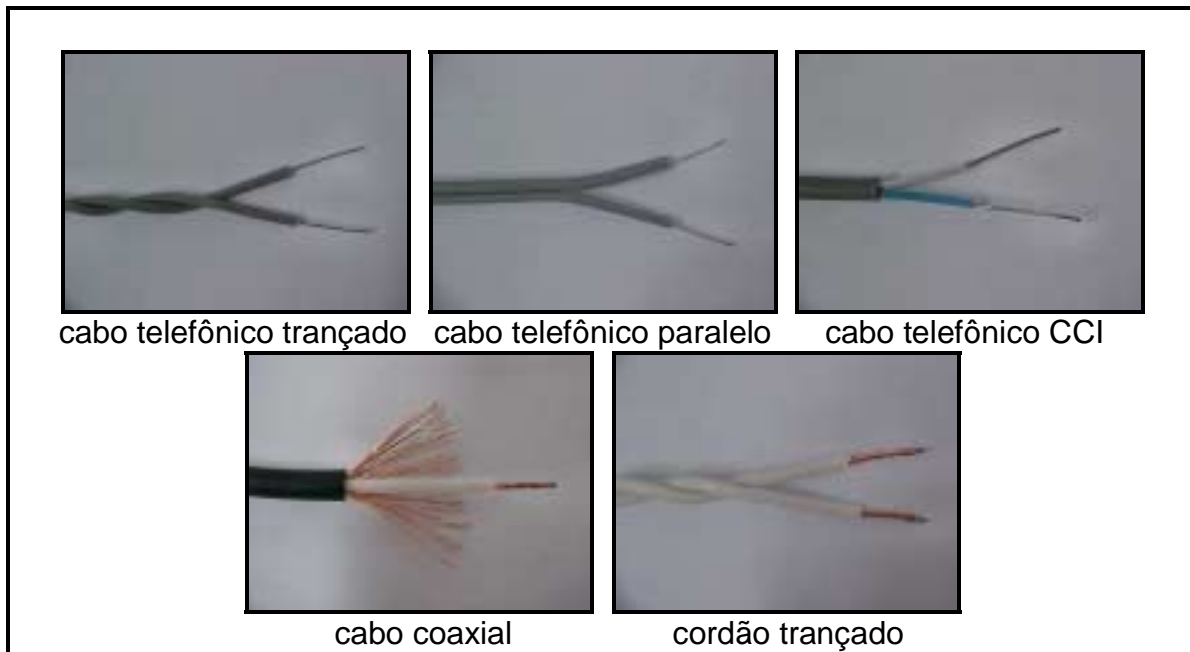


Figura 20 - Condutores empregados na avaliação da transmissão de dados de temperatura no sistema 1-wireTM.

Além dos condutores, os 20 sensores de temperatura DS1820 previamente calibrados, uma fonte de alimentação externa regulada com saídas de 5V_{cc} e 12V_{cc} e um adaptador universal DS9097U-009 compuseram o material experimental desta avaliação.

A seleção dos condutores baseou-se em três critérios por ordem de importância:

- 1º) Critério econômico: condutores de baixo custo;
- 2º) Critério comercial: disponibilidade no comércio (condutores comumente utilizados em instalações domiciliares);

3º) Critério de transmissão de dados: com base nas recomendações da Dallas Semiconductor.

Optou-se por um comprimento de 200m, para cada tipo de condutor, tendo em vista as instalações agrícolas de grandes extensões, como por exemplo, as instalações para aves de corte cujo comprimento pode atingir até 140m. O número de 20 sensores de temperatura DS1820 foi escolhido por ser mais do que suficiente para monitorar a temperatura em duas ou mais instalações agrícolas.

4.3.2 - Capacitâncias dos condutores

Qualquer que seja o tipo dos condutores, as suas características físicas como geometria, comprimento e espaçamento dos condutores, além do material isolante ao redor deles, conferem a estes características elétricas como resistência, indutância e capacitância. Dentre estas características elétricas, a capacitância é a que causa os maiores problemas na transmissão de dados entre o computador e os sensores de temperatura DS1820 no sistema 1-wire™. Assim sendo, a capacitância impõe rígidas restrições ao comprimento dos condutores e ao número de sensores DS1820.

De acordo com a DALLAS SEMICONDUCTOR (2002a), a capacitância no sistema 1-wire™ aumenta com o acréscimo do número de sensores de temperatura DS1820 e ou com a capacitância dos condutores. A capacitância dos condutores cresce com o aumento do comprimento dos mesmos. O incremento da capacitância faz com que o tempo para que a linha de dados seja levada do nível lógico zero para o nível lógico um aumente. Se o produto entre o valor do resistor de polarização (1500Ω) e a capacitância total (incluindo a capacitância dos condutores e sensores DS1820) resultar em uma **Constante de Tempo** (RC) que exceda o intervalo de tempo definido pelo protocolo de comunicação 1-wire™ para um determinado bit, a comunicação é interrompida.

A combinação de um comprimento de um determinado tipo de condutor com um número de sensores DS1820 resulta em um valor de capacitância que

não deve exceder a um valor máximo permitido ($\approx 10.000\text{pF}$) para que a transmissão de dados de temperatura no sistema 1-wire™ não seja interrompida (AWTREY, 2002).

A capacitância que cada sensor de temperatura DS1820 insere no sistema 1-wire™ é de, aproximadamente, 30pF (DALLAS SEMICONDUCTOR, 2001b).

Como os fabricantes de condutores não são obrigados, pela legislação pertinente, a realizarem ensaios de laboratório a fim de determinar os valores de capacitância dos condutores por eles fabricados, foi necessária a determinação das capacitâncias dos condutores estudados em um laboratório especializado.

4.3.2.1 - Medição das capacitâncias dos condutores

A determinação das capacitâncias dos condutores foi conduzida no Laboratório de Análise de Redes, pertencente ao Instituto de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Itajubá.

A capacitância de cada um dos 5 tipos de condutores estudados foi obtida por meio de um equipamento denominado **Ponte de Schering**. A ponte de Schering é uma ponte de medida que possibilita a determinação da capacitância e do fator de perda ($\text{tg}\delta$) de condutores, isoladores, atravessadores e isolantes sólidos e líquidos. Um sistema de blindagem estática protege a ponte contra campos eletromagnéticos externos, além de servir como invólucro de proteção.

O procedimento para a medida da capacitância de cada um dos condutores foi realizado conforme o circuito de ponte segundo Wien (Figura 21) de maneira a se atingir o equilíbrio.

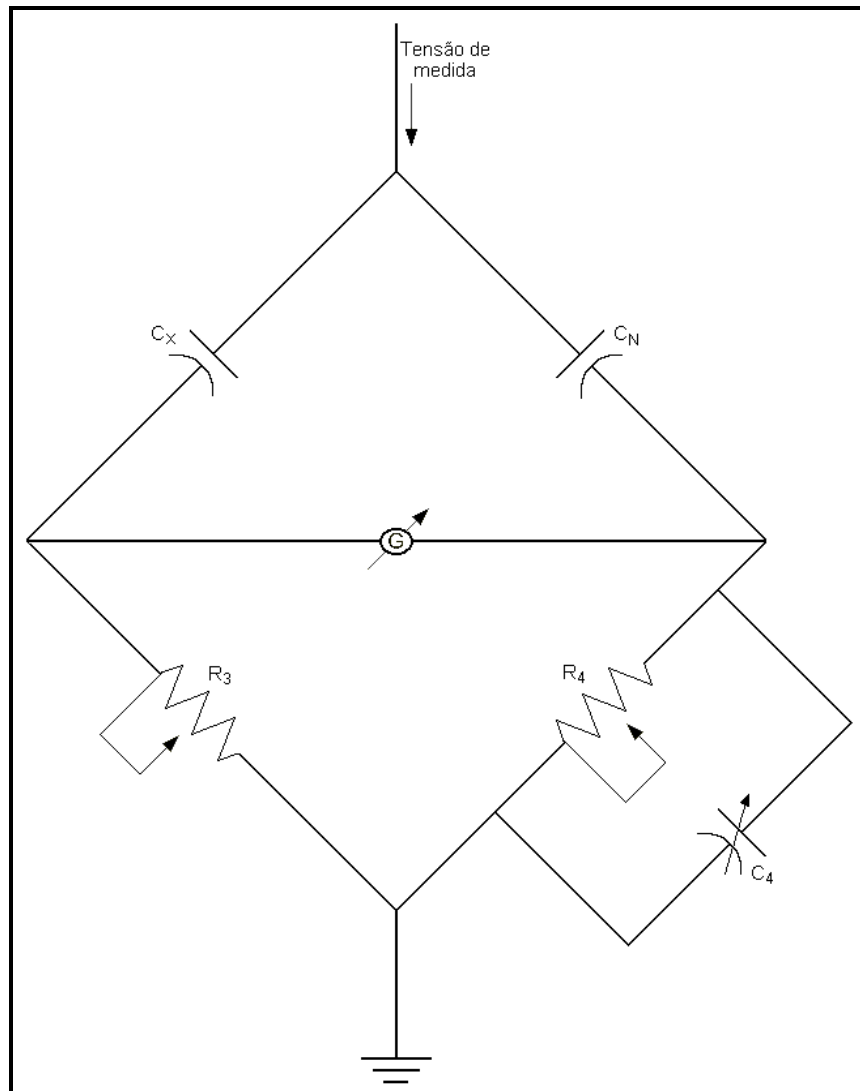


Figura 21 - Esquema elementar da ponte de schering para medição das capacitâncias.

A capacitância do condutor (C_X), a qual se desejava medir, foi comparada com uma capacitância padrão conhecida (C_N), cujo fator de perda é mínimo. O equilíbrio da ponte de schering, sob a ação de uma tensão de medida com frequência de 50Hz, foi obtido pela variação manual de seletores posicionados no painel da ponte, regulando-se duas resistências bobinadas em manganina (R_3 e R_4) e um capacitor (C_4) com o objetivo de fazer com que o ponteiro do mostrador analógico de um galvanômetro eletrônico indicasse zero. De acordo com os valores das resistências (R_3 e R_4) obtidos com o equilíbrio da ponte e da

capacitância padrão (C_N), a capacitância do condutor (C_X) pôde ser calculada com base na seguinte equação:

$$C_X = \frac{C_N \cdot R_4}{R_3} \quad (6)$$

em que

C_X - capacitância do condutor, pF/m;

C_N - capacitância padrão, pF/m;

R_4 - resistência variável, Ω ;

R_3 - resistência variável, Ω .

O fator de perda ($\text{tg}\delta$) é um parâmetro intimamente relacionado à qualidade do isolamento dos condutores. Este parâmetro pôde ser lido diretamente no painel da ponte de schering, depois de estabelecido o equilíbrio, com precisão máxima de 2 casas decimais.

Por se tratar de um equipamento com alta exatidão, a ponte de schering apresenta erro máximo, para medidas de capacitância, de $\pm 0,04\%$.

A medida da capacitância de cada um dos cinco tipos de condutores avaliados foi repetida três vezes.

4.3.3 - Avaliações práticas e teóricas da transmissão de dados

Inicialmente, nas avaliações práticas, determinou-se o comprimento máximo para cada um dos 5 tipos de condutores estudados, empregando-se um único sensor de temperatura DS1820 conectado na extremidade dos condutores oposta ao computador e alimentado por meio de uma fonte externa regulada de $5V_{cc}$. Por comprimento máximo entende-se o comprimento dos condutores acima do qual a comunicação entre o sensor DS1820 e o computador é interrompida ou não ocorre de maneira adequada, fornecendo valores de temperatura não condizentes com a temperatura real do meio onde o sensor está inserido.

Depois da determinação do comprimento máximo, foram realizadas diversas combinações de comprimentos e número de sensores DS1820 para um mesmo tipo de condutor, a fim de se avaliar o comportamento da transmissão de dados de temperatura. Procedeu-se de duas maneiras:

- a) Avaliação dos efeitos do comprimento dos condutores: variou-se o comprimento do condutor de maneira que o mesmo fosse reduzido a partir do comprimento máximo determinado, mantendo-se um número fixo de sensores DS1820;
- b) Avaliação dos efeitos do número de sensores: variou-se o número de sensores DS1820 (1, 10 e 20 sensores) ao longo do condutor mantendo-se um comprimento fixo.

Nas combinações estudadas, os sensores DS1820 foram unidos aos condutores de acordo com a topologia linear recomendada pela Dallas Semiconductor. Nesta topologia, a rede 1-wireTM é estruturada em uma única linha que tem início no computador e se estende até o último sensor DS1820 conectado à rede.

Nas avaliações práticas, empregou-se um osciloscópio HEWLETT PACKARD, modelo 54610B de 500MHz, com duas pontas de prova fixadas no condutor de dados (DQ) e no condutor de referência (GND), responsáveis por capturar as imagens das formas de onda da transmissão de dados de temperatura entre os sensores DS1820 e o computador. As imagens das formas de onda foram capturadas nos instantes em que a linha de dados era levada do nível lógico zero para o nível lógico um, com a finalidade de se determinar os intervalos de tempo de transição entre níveis lógicos (vide tela do osciloscópio na Figura 22). Os conjuntos de pontos gerados a partir das imagens das formas de onda congeladas no osciloscópio tornaram possível a reprodução destas imagens em planilhas eletrônicas do EXCEL, permitindo plotar, em um mesmo gráfico, várias curvas de transição para as distintas combinações.

O equipamento empregado na realização das avaliações práticas é apresentado na Figura 22.



Figura 22 - Equipamento empregado nas avaliações práticas.

Concluídas as avaliações práticas, foram realizadas avaliações teóricas da transmissão de dados de temperatura, utilizando um modelo teórico (equação 7). Este modelo teórico descreve a transição do nível lógico zero para o nível lógico um no sistema 1-wireTM, considerando que a tensão na linha de dados se comporta de acordo com o carregamento do capacitor por meio do resistor. Nestas avaliações teóricas foram simuladas as mesmas combinações realizadas nas avaliações práticas.

$$V_L(t) = V_S - V_S \cdot e^{-t/RC} \quad (7)$$

em que

V_L - tensão na linha de dados, V_{CC} ;

V_S - tensão de alimentação aplicada pela fonte externa, $5V_{CC}$;

t - tempo, s;

R - valor do resistor de polarização, 1500Ω ;

C - capacitância total (condutores + sensores), pF.

Com base nos gráficos obtidos a partir deste modelo teórico para as diversas combinações, determinou-se os intervalos de tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um.

Assim, foi possível comparar, para cada combinação estudada, os intervalos de tempo da transição entre níveis lógicos obtidos com as avaliações práticas e teóricas.

Em todas as avaliações práticas e teóricas, considerou-se que o nível lógico um era reconhecido pelo computador (mestre) por meio do programa SISDAT quando a tensão na linha de dados atingia o patamar de $2,2V_{cc}$.

5 - Resultados e Discussão

5.1 - Apresentação do programa computacional (SISDAT 1.0)

As telas do programa computacional desenvolvido (SISDAT) são apresentadas nas Figuras 23 a 28.

A tela de apresentação (Figura 23), exibida quando o programa é inicializado, informa ao usuário o nome, a utilidade e a versão do programa computacional.



Figura 23 - Tela de apresentação do SISDAT.

A tela principal (Figura 24) permite ao usuário fornecer valores para os parâmetros de entrada, que necessitam ser estabelecidos para que a aquisição de dados de temperatura seja iniciada. O intervalo de amostragem representa o

período de tempo, em minutos, que o programa aguarda para a realização de leituras consecutivas dos dados de temperatura. O número de leituras está relacionado ao número de vezes que o computador, gerenciado pelo programa, realiza os procedimentos para a obtenção dos dados de temperatura de um ou mais sensores DS1820. Os valores apresentados ao usuário na área de exibição dos dados (parte inferior da tela) são médias aritméticas de um número de medidas realizadas durante os procedimentos de obtenção dos dados.

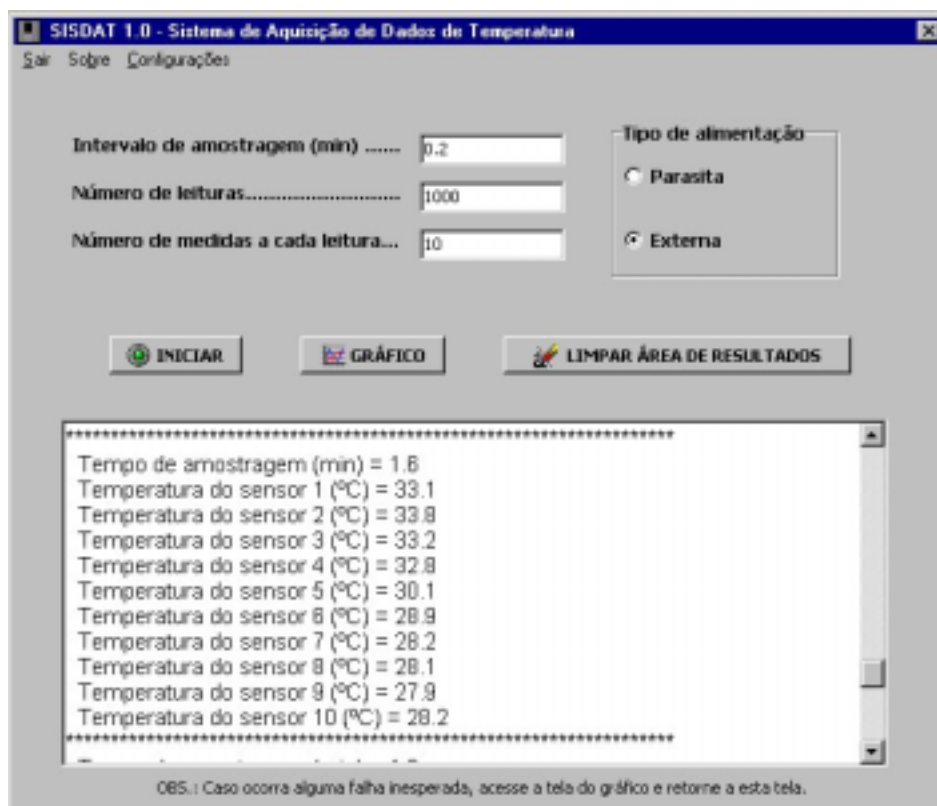


Figura 24 - Tela principal do SISDAT.

Como pode-se observar na Figura 24, este número de medidas, a cada leitura, também é um parâmetro de entrada. Outro parâmetro de entrada é o tipo de alimentação (parasita ou externa) que dependerá da opção do usuário em utilizar somente dois condutores com sensores alimentados pela fonte interna do computador (recomendável apenas para redes 1-wire™ pequenas com número de

sensores reduzido), ou utilizar três condutores sendo os sensores supridos por fonte de alimentação externa regulada com tensão, em corrente contínua, de 5V_{cc}.

Caso o usuário forneça algum valor aos parâmetros de entrada fora dos limites permitidos ou de maneira errônea, será exibida uma caixa de mensagem informando, quando pressionado o botão **Iniciar**, qual parâmetro apresenta valor incorreto. Ao iniciar a aquisição de dados de temperatura, o programa somente poderá ser finalizado após o término do número de leituras estabelecido pelo usuário.

Na tela apresentada na Figura 25, o usuário pode selecionar algumas opções de configuração disponíveis.

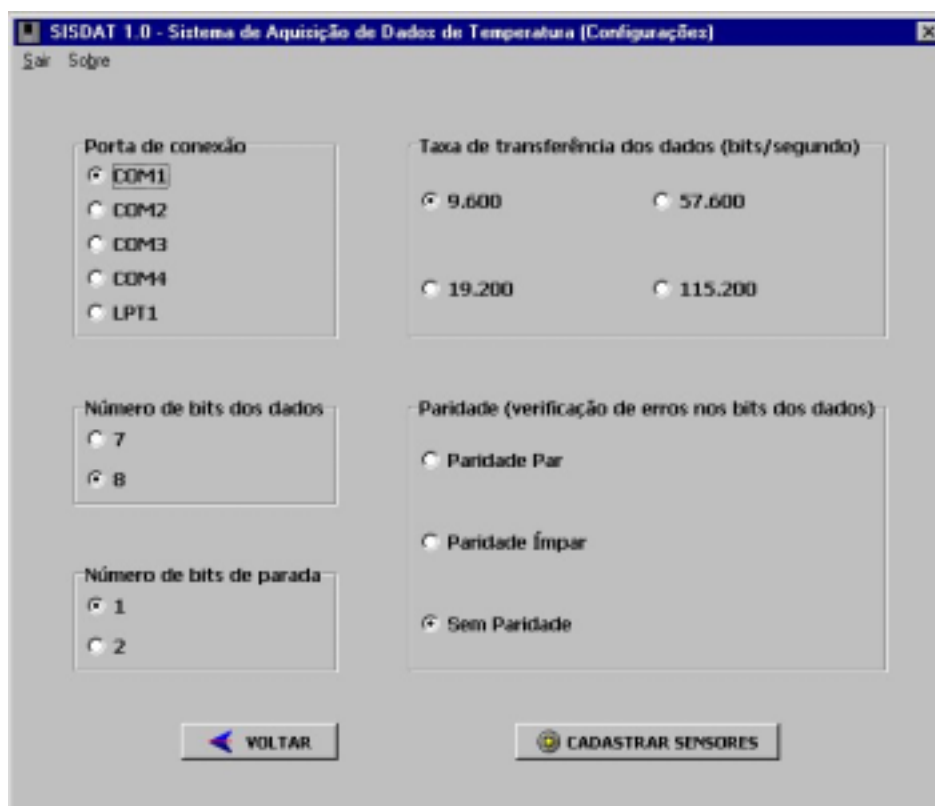


Figura 25 - Tela de configurações do SISDAT.

A porta de conexão se refere à porta física da interface 1-wireTM (adaptador) no computador. O número de bits dos dados está relacionado com o modo de transmissão dos caracteres. O número de bits de parada indica o número de bits

utilizados para a determinação do final da transmissão de um dado. A taxa de transferência dos dados, em bits por segundo, está associada à velocidade com que os dados serão transmitidos nas comunicações entre o computador e os sensores DS1820. A paridade é uma opção de configuração que faz com que o programa verifique a existência ou não de erros nos bits dos dados transmitidos dos sensores ao computador. Quando a tela de configurações do sistema é ativada, são apresentadas ao usuário as configurações padrão, comumente utilizadas no sistema 1-wire™. Para usuários que não têm experiência com a tecnologia 1-wire™ é recomendável a não modificação destas configurações, com exceção apenas da porta de conexão que dependerá do tipo de adaptador a ser utilizado. Este formato da tela de configurações do sistema, com caixas de seleção, foi desenvolvido com o objetivo de auxiliar o usuário do SISDAT, evitando que o mesmo estabeleça configurações que gerem erros.

A Figura 26 mostra a tela de cadastro dos sensores, onde o usuário pode inserir os códigos de identificação dos sensores diretamente na tabela apresentada nesta tela depois de informar o número de sensores de temperatura a serem cadastrados ou fornecer os códigos de identificação por meio de arquivo texto (acessando a opção disponível no *menu*). Caso o usuário opte por fornecer os códigos de identificação dos sensores por meio de arquivo texto, antes que o arquivo com os códigos dos sensores seja carregado, será apresentada uma caixa de mensagem avisando ao usuário que o arquivo deverá conter, em cada linha, os códigos de um único sensor separados por espaço e precedidos por **0x**.

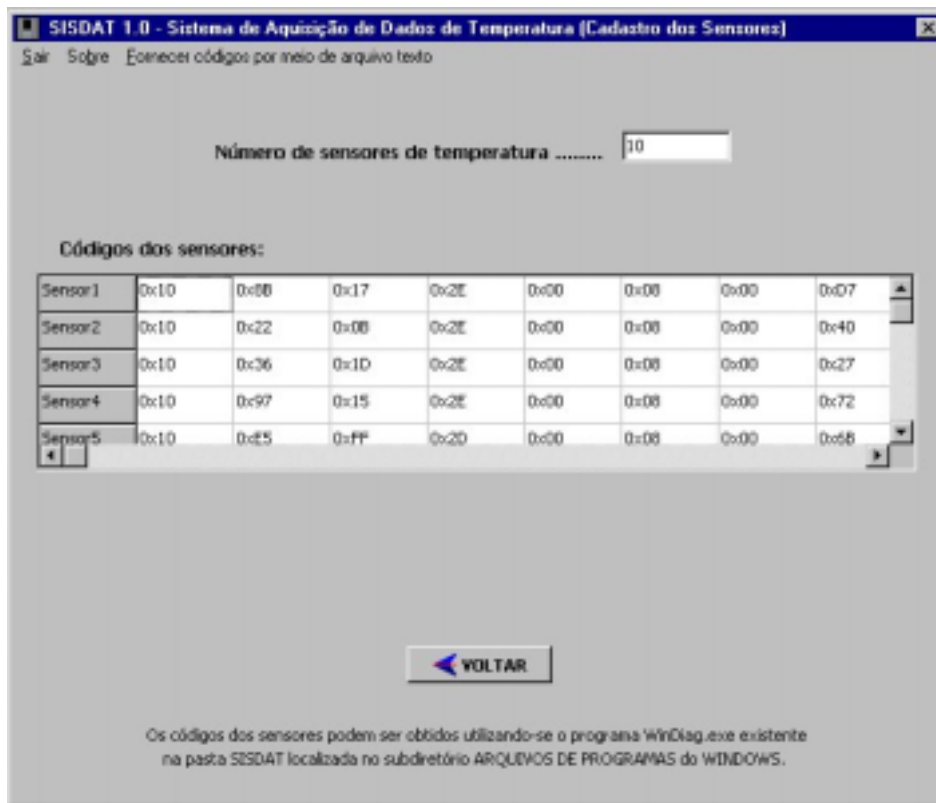


Figura 26 - Tela de cadastro dos sensores no SISDAT.

A tela que apresenta o gráfico (Figura 27), se constitui em uma forma visual de auxiliar o usuário na percepção das variações dos dados de temperatura medidos pelos sensores DS1820 ao longo do tempo em função do intervalo de amostragem preestabelecido na tela principal.

A Figura 28 consta da tela com informações sobre o SISDAT. Esta tela apresenta informações mais detalhadas sobre o programa como, por exemplo, a equipe de desenvolvimento com os respectivos endereços eletrônicos de contato. Assim, dúvidas, críticas e sugestões podem ser enviadas aos membros da equipe de desenvolvimento para que o programa seja melhorado e, posteriormente, atualizado.

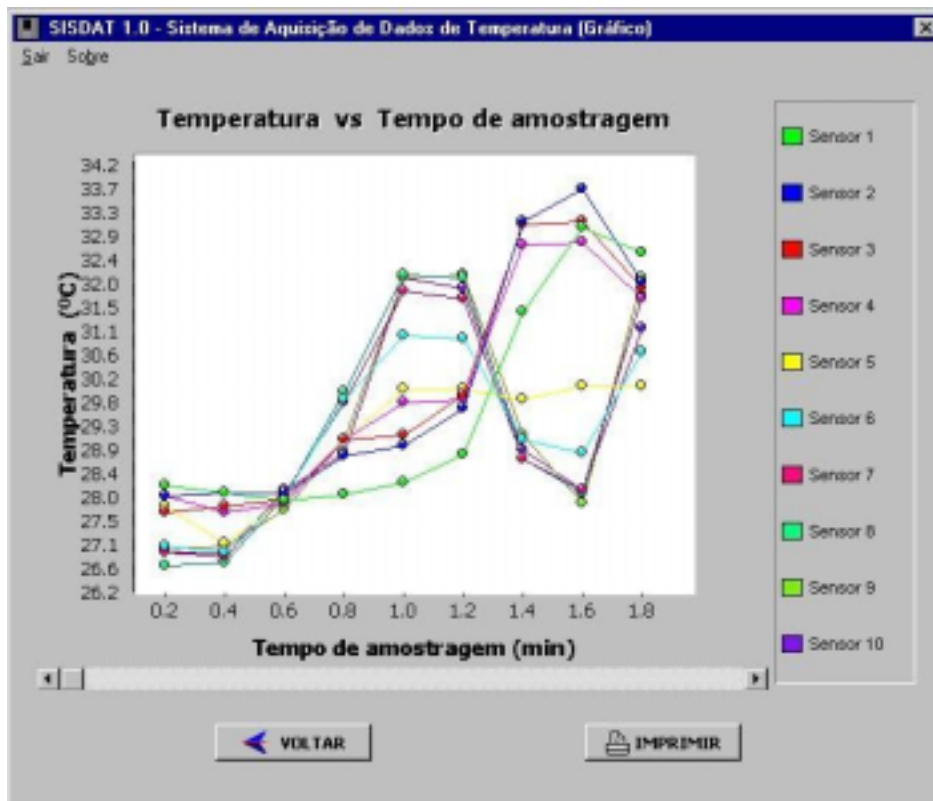


Figura 27 - Tela que exibe o gráfico no SISDAT.

The figure shows the 'Sobre' (About) screen of the SISDAT 1.0 software. The window title is 'SISDAT 1.0 - Sistema de Aquisição de Dados de Temperatura (Sobre)'. On the left, there is a graphic of a globe with circuitry. To the right, the text reads: 'SISDAT', 'Sistema de Aquisição de Dados de Temperatura', and 'VERSÃO 1.0'. Below this, it states: 'O sistema de aquisição de dados emprega dispositivos da série 1-Wire™ fabricados pela Dallas Semiconductor'. A section titled 'Equipe' lists the following team members and their email addresses: Antonio José Steidle Neto (staidle@hotmail.com), José Helvecio Martins (jmartins@ufv.br), Alexandre Manuel Mota (alex@det.usa.pt), and Daniela de Carvalho Lopes (danielopes@bol.com.br). A 'VOLTAR' button is located at the bottom center of the screen.

Figura 28 - Tela com informações sobre o SISDAT.

5.2 - Validação do programa computacional

A validação é definida como o processo de avaliação do programa que é executada com o objetivo de garantir que os resultados obtidos por meio dele sejam satisfatórios. Cada função disponível ao usuário (por meio de *menus* e botões), em cada tela do SISDAT, foi verificada confirmando seu adequado funcionamento.

Os dados de temperatura adquiridos pelo SISDAT na etapa de calibração dos sensores DS1820, cujos resultados são apresentados no item 5.3, foram considerados como parte do processo de validação do programa desenvolvido. Complementarmente, procedeu-se à comparação dos dados obtidos pelo SISDAT com os adquiridos por outros dois programas (WINDIAG e AQD_TEMP). O AQD_TEMP é um programa desenvolvido e implementado em linguagem C++ pelo professor José Helvecio Martins (Universidade Federal de Viçosa) em parceria com o professor Alexandre Manuel Mota (Universidade de Aveiro - Portugal). Este programa é executado em ambiente MS-DOS e realiza a aquisição de dados de temperatura em sistemas 1-wire™ com sensores DS1820.

O processo de validação mencionado foi satisfatório, resultando na versão final do SISDAT.

5.3 - Calibração dos sensores de temperatura DS1820

Os parâmetros **a** e **b** das equações de ajuste obtidos com as análises de regressão linear para cada um dos 20 sensores DS1820 são apresentados na Tabela 2 com os respectivos desvios padrão.

Os gráficos mostrados na Figura 29 relacionam as temperaturas medidas pelo termômetro padrão de mercúrio em vidro com as medidas pelos sensores 3 e 18. Nessa figura, os valores de temperatura sem ajuste foram plotados nos gráficos do lado esquerdo, enquanto que, os valores ajustados (corrigidos), do lado direito. Os gráficos dos demais sensores são apresentados no apêndice.

Tabela 2 - Parâmetros das equações de ajuste com os desvios padrão associados e coeficientes de correlação ajustados (R^2_{aj})

Sensor	a (\pm SEa)	b (\pm SEb)	R^2_{aj}
01	0,2072 (\pm 0,0355)	0,9981 (\pm 0,0012)	0,999937
02	0,3378 (\pm 0,0405)	0,9949 (\pm 0,0014)	0,999917
03	0,3742 (\pm 0,0508)	0,9928 (\pm 0,0017)	0,999868
04	0,2115 (\pm 0,0327)	0,9984 (\pm 0,0011)	0,999946
05	0,2284 (\pm 0,0328)	0,9976 (\pm 0,0011)	0,999945
06	0,2330 (\pm 0,0374)	0,9976 (\pm 0,0013)	0,999929
07	0,3437 (\pm 0,0497)	0,9935 (\pm 0,0017)	0,999875
08	0,3700 (\pm 0,0542)	0,9923 (\pm 0,0019)	0,999850
09	0,3401 (\pm 0,0439)	0,9947 (\pm 0,0015)	0,999902
10	0,3527 (\pm 0,0482)	0,9932 (\pm 0,0016)	0,999882
11	0,2929 (\pm 0,0548)	0,9952 (\pm 0,0019)	0,999848
12	0,3486 (\pm 0,0528)	0,9931 (\pm 0,0018)	0,999858
13	0,2454 (\pm 0,0390)	0,9972 (\pm 0,0013)	0,999923
14	0,2638 (\pm 0,0387)	0,9971 (\pm 0,0013)	0,999924
15	0,2598 (\pm 0,0407)	0,9970 (\pm 0,0014)	0,999916
16	0,1989 (\pm 0,0374)	0,9986 (\pm 0,0013)	0,999930
17	0,2944 (\pm 0,0417)	0,9959 (\pm 0,0014)	0,999912
18	0,1985 (\pm 0,0342)	0,9985 (\pm 0,0012)	0,999941
19	0,2371 (\pm 0,0400)	0,9977 (\pm 0,0014)	0,999919
20	0,3371 (\pm 0,0540)	0,9937 (\pm 0,0018)	0,999851

Analisando-se, por exemplo, as equações de ajuste formadas pelos parâmetros **a** e **b** dos sensores 3 e 18, verifica-se superestimações, em termos percentuais, de 3,0% e 1,8%, respectivamente, em relação ao valor verdadeiro de 10°C. Em contraste, para o valor verdadeiro de 40°C, as superestimações das equações de ajuste dos sensores 3 e 18 são menores, 0,2% e 0,3%, respectivamente. No entanto, para alguns valores de temperatura dentro da faixa estudada (5°C a 48°C), os sensores DS1820 subestimaram ligeiramente as

temperaturas medidas pelo termômetro padrão, mostrando que esses erros de medição estão associados à precisão das medições e não à qualidade da calibração.

As equações de ajuste dos 20 sensores DS1820 foram determinadas com o intuito de reduzir os desvios em relação aos valores de temperatura verdadeiros.

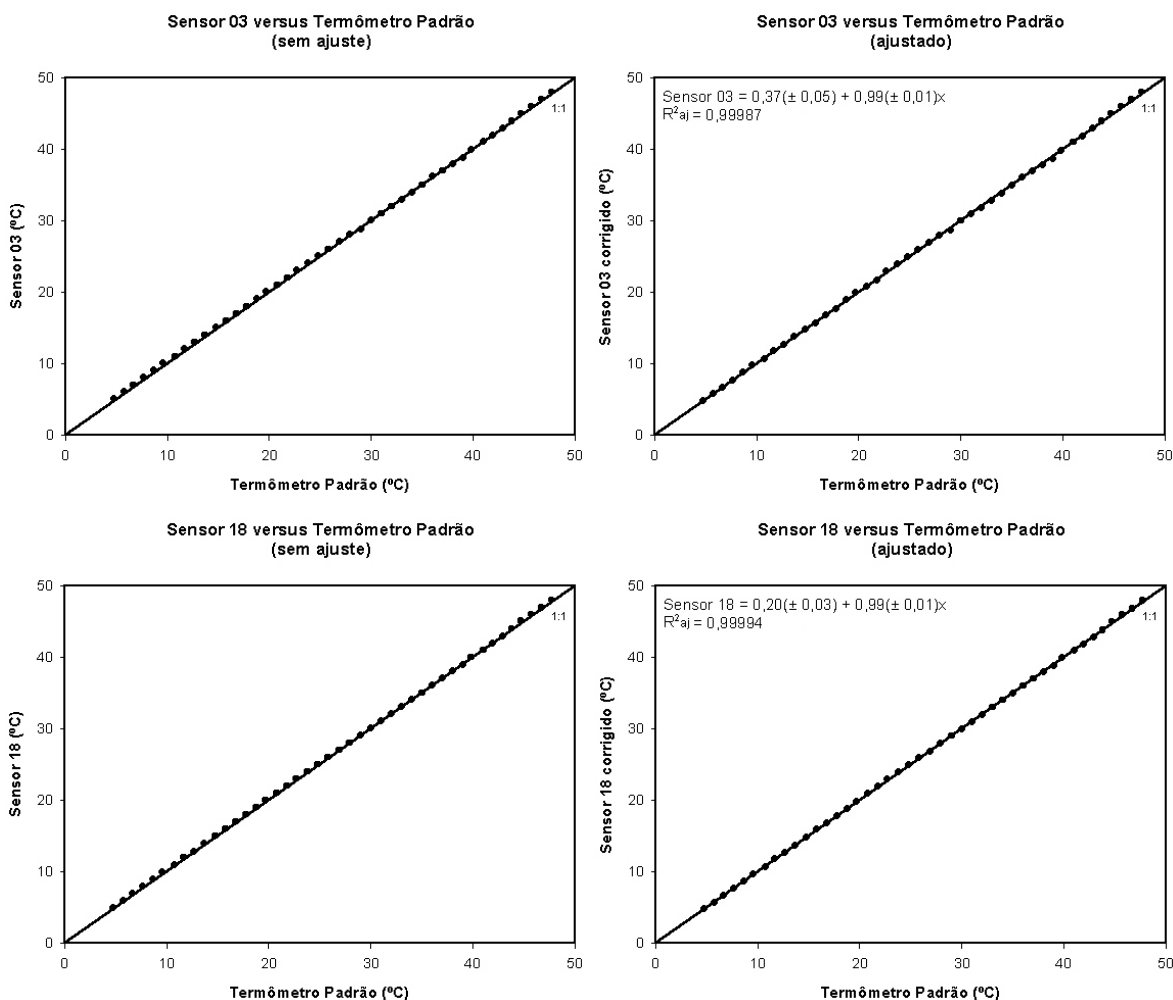


Figura 29 - Gráficos que relacionam as temperaturas medidas pelo termômetro padrão com as medidas pelos sensores 3 e 18 (sem ajuste e com ajuste).

Os coeficientes de correlação ajustados (R^2_{aj}), conforme Tabela 2, variaram de 0,999848 a 0,999946, demonstrando uma excelente correlação entre os valores de temperatura corrigidos pelas equações de ajuste dos sensores e os valores de temperatura medidos pelo termômetro padrão. Entretanto, deve-se

ressaltar que o coeficiente de correlação ajustado fornece apenas uma indicação da precisão com que a equação resultante da análise de regressão linear descreve a relação entre as variáveis (termômetro padrão e sensor DS1820).

Os resultados do teste t demonstraram, para todas as equações de ajuste obtidas, que o parâmetro a (intercepto) não é estatisticamente diferente de zero e que o parâmetro b (inclinação da reta) não é estatisticamente diferente da unidade, ambos ao nível de 1% de probabilidade.

De acordo com a DALLAS SEMICONDUCTOR (2001b), os sensores DS1820 podem apresentar uma variação máxima de temperatura de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ em torno do valor verdadeiro nas temperaturas compreendidas entre 0°C e 70°C . A partir dos resultados obtidos na calibração dos 20 sensores DS1820, verificou-se que as temperaturas medidas por estes sensores apresentaram faixa de variação, em torno do valor verdadeiro, inferior à mencionada pelo fabricante.

5.4 - Capacitâncias dos condutores

Na Tabela 3 são apresentados os resultados obtidos por meio da ponte de schering, que são as variáveis de entrada na equação 6 (C_N , R_3 e R_4), e o valor da capacitância (C_X) calculado para cada um dos condutores estudados, além do fator de perda ($\text{tg}\delta$). Estes valores são médias aritméticas obtidas a partir de três repetições.

Comparando os valores de capacitância (C_X) entre os 5 tipos de condutores (Tabela 3) verifica-se que os mesmos, com exceção do cabo coaxial, encontram-se próximos do limite inferior da faixa de capacitância para condutores (30pF/m a 100pF/m) recomendada pela Dallas Semiconductor. Com a utilização de condutores que apresentem valores de capacitância por metro nesta faixa, teoricamente, é possível garantir que a transmissão de dados no sistema 1-wireTM ocorra satisfatoriamente. O cabo coaxial, conforme a Tabela 3, apresentou valor de capacitância por metro bastante discrepante em relação aos demais.

Tabela 3 - Valores obtidos por meio da ponte de schering (C_N , R_3 , R_4 e $tg\delta$), além dos valores de capacitância (C_X) para cada um dos 5 tipos de condutores com os respectivos desvios padrão

Condutores	C_N (pF/m)	R_3 (Ω)	R_4 (Ω)	C_X (pF/m)	$tg\delta$ (adm)
cabo telef. trançado	101,84*	2789,05 ($\pm 30,10$)	1000*	36,52 ($\pm 0,40$)	0,09 ($\pm 0,01$)
cabo telef. paralelo	101,84*	2205,13 ($\pm 10,79$)	1000*	46,18 ($\pm 0,23$)	0,16 ($\pm 0,02$)
cabo telef. CCI	101,84*	2970,26 ($\pm 26,51$)	1000*	34,29 ($\pm 0,31$)	0,03 ($\pm 0,02$)
cordão trançado	101,84*	2583,92 ($\pm 36,23$)	1000*	39,42 ($\pm 0,55$)	0,07 ($\pm 0,02$)
cabo coaxial blindado	101,84*	7757,77 ($\pm 30,46$)	10000*	131,28 ($\pm 0,51$)	0,01 ($\pm 0,01$)

* Valores fixos

Quanto menor for o fator de perda ($tg\delta$) de um condutor, melhor será a qualidade do isolamento. Assim sendo, de acordo com a Tabela 3, o condutor que tem o melhor isolamento é o cabo coaxial e o de pior isolamento é o cabo telefônico paralelo.

5.5 - Avaliações práticas e teóricas da transmissão de dados de temperatura

No gráfico da Figura 30 é apresentada a condição ideal para a transição entre níveis lógicos na qual a capacitância dos condutores e sensores é muito baixa, possibilitando que a transição ocorra de maneira instantânea. Neste e nos demais gráficos obtidos com as avaliações práticas e teóricas, a linha horizontal na tensão de 2,2V significa a tensão limite acima da qual o nível lógico um é reconhecido pelo computador (mestre).

O tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um corresponde ao tempo a partir do qual a linha apresenta uma tendência de aumento na tensão (acima de 0V) até à tensão limite de 2,2V.

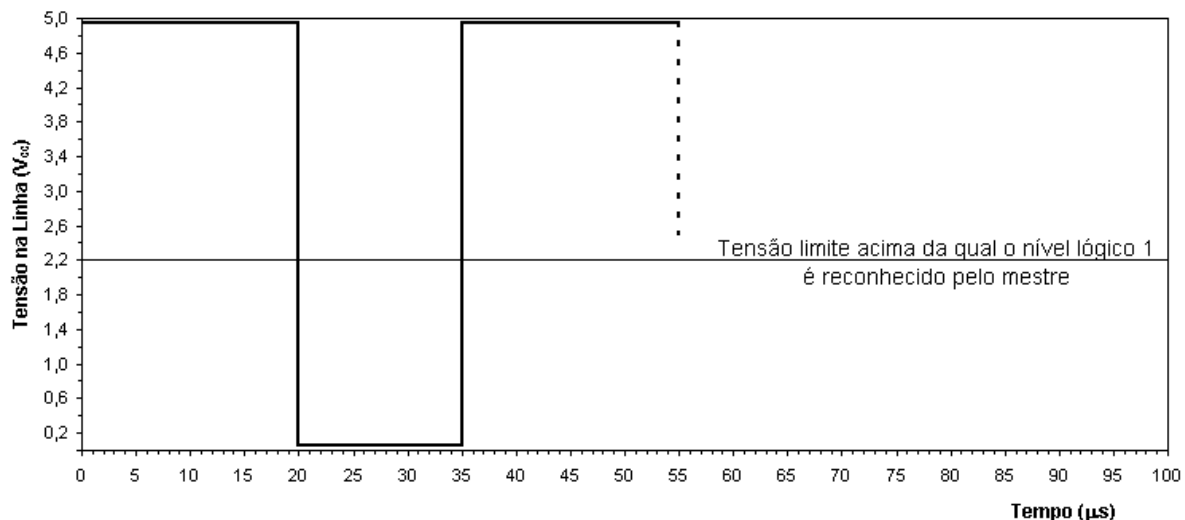


Figura 30 - Gráfico da condição ideal de transição entre níveis lógicos.

Os resultados das avaliações práticas e teóricas dos efeitos do comprimento para o cabo telefônico CCI são apresentados nas Figuras 31 e 32, respectivamente. A Tabela 4 mostra os tempos de transição entre níveis lógicos no sistema 1-wireTM empregando este tipo de condutor com 1 sensor DS1820.

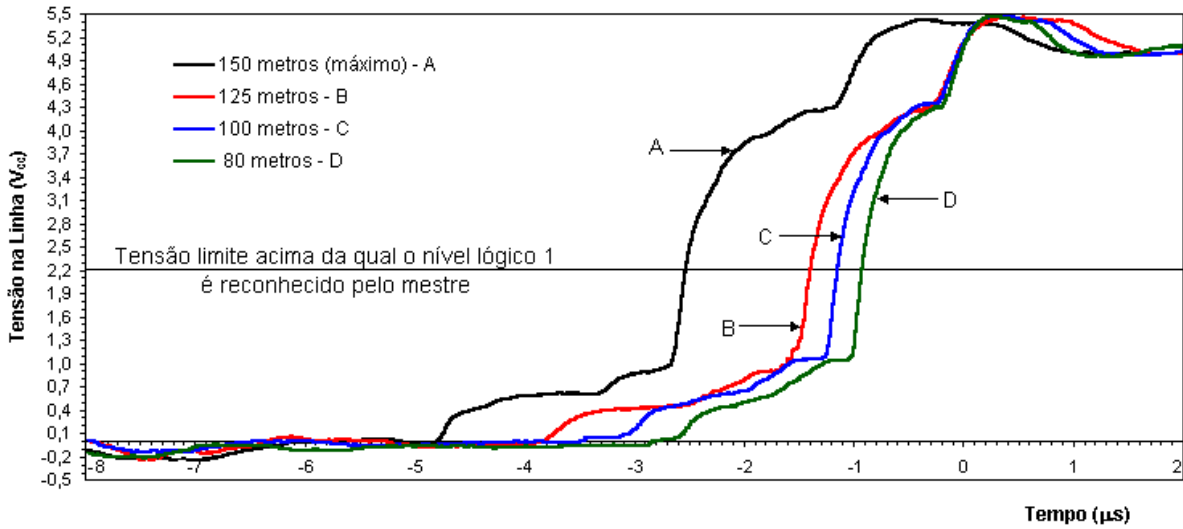


Figura 31 - Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações práticas para o cabo telefônico CCI com 150, 125, 100 e 80m de comprimento e 1 sensor DS1820.

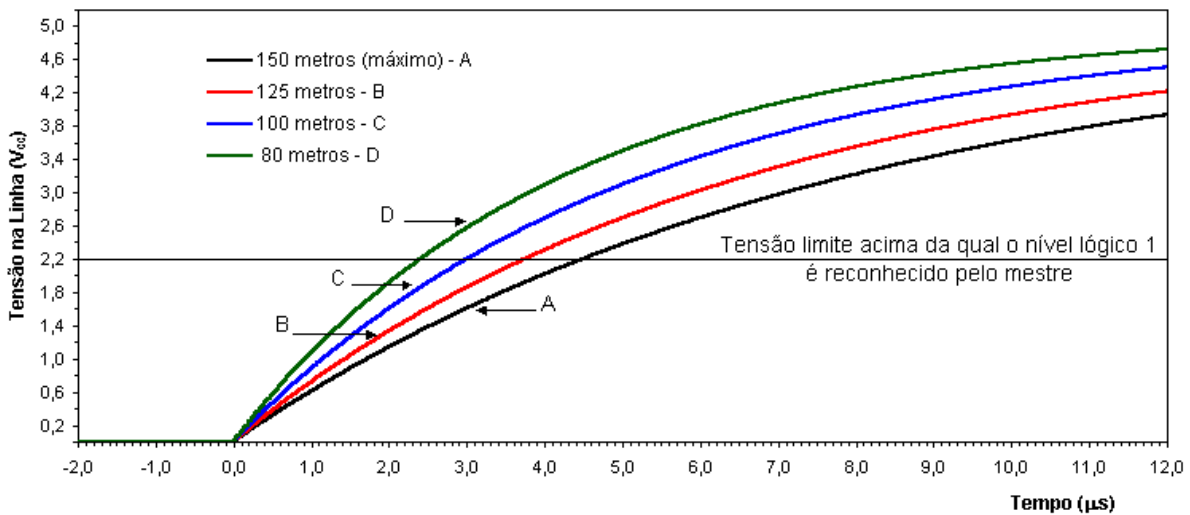


Figura 32 - Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações teóricas para o cabo telefônico CCI com 150, 125, 100 e 80m de comprimento e 1 sensor DS1820.

O cabo telefônico CCI, dentre os condutores estudados, foi o que atingiu o maior comprimento (150m) com 1 sensor DS1820, sem que a comunicação entre o computador, gerenciado pelo programa SISDAT, e o sensor fosse interrompida. A justificativa para este resultado é o baixo valor de capacitância por metro apresentado por este condutor (34,29pF/m), que pode ser explicado, dentre outras razões, pelo fato dos dois condutores não estarem unidos entre si, estando apenas acondicionados em uma capa de isolamento de cloreto de polivinila com uma certa folga.

Tabela 4 - Tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um no sistema 1-wireTM empregando o cabo telefônico CCI com 1 sensor DS1820

	80 metros	100 metros	125 metros	150 metros
Avaliação Teórica	2,40 μ s	3,00 μ s	3,74 μ s	4,49 μ s
Avaliação Prática	1,89 μ s	2,32 μ s	2,89 μ s	3,55 μ s

Observando-se tanto as Figuras 31 e 32 quanto a Tabela 4 verifica-se que, à medida em que o comprimento do cabo telefônico CCI aumenta, o tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um também aumenta. As diferenças entre os tempos de transição da avaliação teórica e da prática apresentam comportamento crescente com o aumento do comprimento do condutor, sendo que as avaliações teóricas sempre superestimam as avaliações práticas.

Os resultados das avaliações práticas e teóricas dos efeitos do número de sensores DS1820 para o cabo telefônico CCI são apresentados nas Figuras 33 e 34, respectivamente. A Tabela 5 mostra os tempos de transição entre níveis lógicos no sistema 1-wireTM empregando este tipo de condutor com 100m de comprimento.

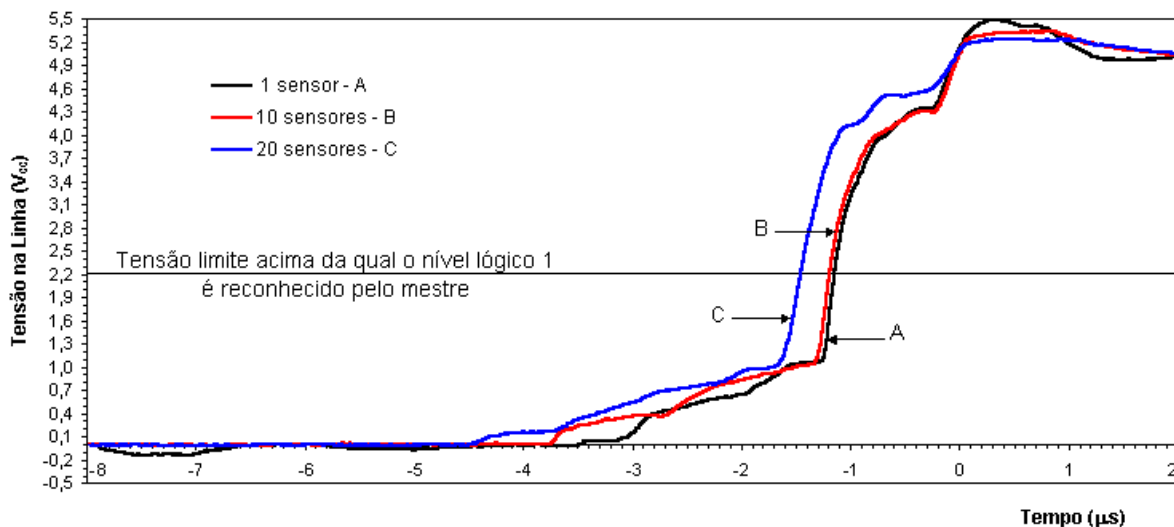


Figura 33 - Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações práticas para o cabo telefônico CCI com 100m de comprimento e 1, 10 e 20 sensores DS1820.

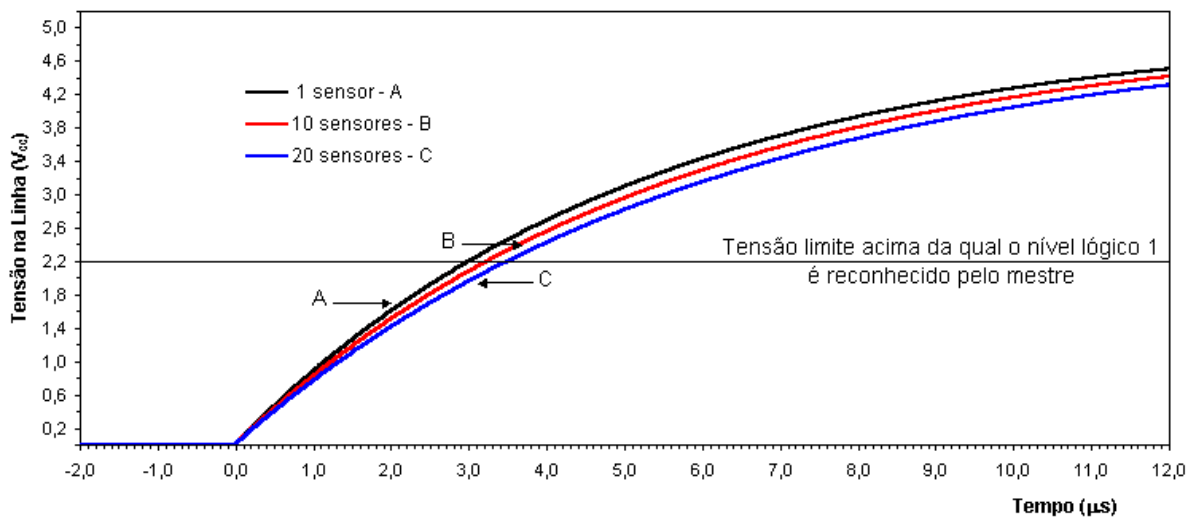


Figura 34 - Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações teóricas para o cabo telefônico CCI com 100m de comprimento e 1, 10 e 20 sensores DS1820.

Tabela 5 - Tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um no sistema 1-wireTM empregando o cabo telefônico CCI com 100 metros de comprimento

	1 sensor	10 sensores	20 sensores
Avaliação Teórica	3,00 μ s	3,28 μ s	3,54 μ s
Avaliação Prática	2,32 μ s	2,54 μ s	2,97 μ s

Observando-se tanto as Figuras 33 e 34 quanto a Tabela 5 verifica-se que, à medida em que o número de sensores DS1820 aumenta, o tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um também aumenta. No entanto, para cada combinação de sensores testada, as diferenças entre os tempos de transição da avaliação teórica e da prática não apresentam comportamento crescente com o aumento do número de sensores. Mas, também neste caso, as avaliações teóricas sempre superestimam as avaliações práticas.

Os resultados das avaliações práticas e teóricas dos efeitos do comprimento para o cabo telefônico trançado são apresentados nas Figuras 35 e 36, respectivamente. A Tabela 6 mostra os tempos de transição entre níveis lógicos no sistema 1-wireTM empregando este tipo de condutor com 1 sensor DS1820.

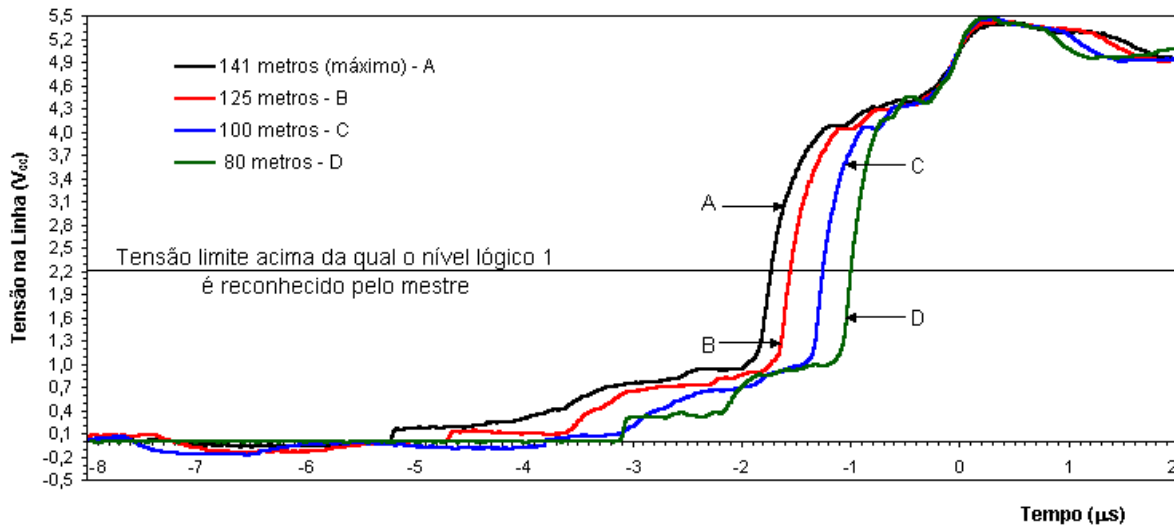


Figura 35 - Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações práticas para o cabo telefônico trançado com 141, 125, 100 e 80m de comprimento e 1 sensor DS1820.

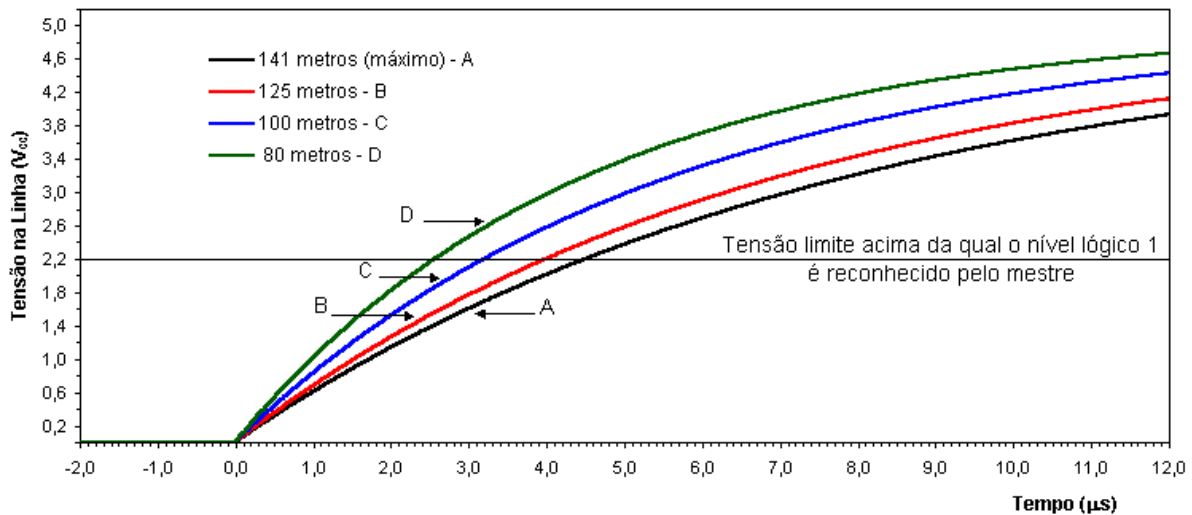


Figura 36 - Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações teóricas para o cabo telefônico trançado com 141, 125, 100 e 80m de comprimento e 1 sensor DS1820.

O cabo telefônico trançado atingiu um comprimento máximo com 1 sensor DS1820 de 141m sem que a comunicação entre o computador e o sensor fosse interrompida, ou seja, 9 metros menor que o comprimento máximo do cabo telefônico CCI. A justificativa para este resultado é o valor de capacitância por metro deste condutor que é um pouco superior ao do cabo telefônico CCI.

Tabela 6 - Tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um no sistema 1-wire™ empregando o cabo telefônico trançado com 1 sensor DS1820

	80 metros	100 metros	125 metros	141 metros
Avaliação Teórica	2,51 μ s	3,22 μ s	4,00 μ s	4,52 μ s
Avaliação Prática	2,09 μ s	2,54 μ s	3,10 μ s	3,49 μ s

Observando-se tanto as Figuras 35 e 36 quanto a Tabela 6 verifica-se que, à medida em que o comprimento do cabo telefônico trançado aumenta, o tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um também aumenta. Para este condutor as diferenças entre os tempos de transição da avaliação teórica e da prática também apresentam comportamento crescente com o aumento do comprimento do condutor, sendo que as avaliações teóricas sempre superestimam as avaliações práticas.

Os resultados das avaliações práticas e teóricas dos efeitos do número de sensores DS1820 para o cabo telefônico trançado são apresentados nas Figuras 37 e 38, respectivamente. A Tabela 7 mostra os tempos de transição entre níveis lógicos no sistema 1-wire™ empregando este tipo de condutor com 100m de comprimento.

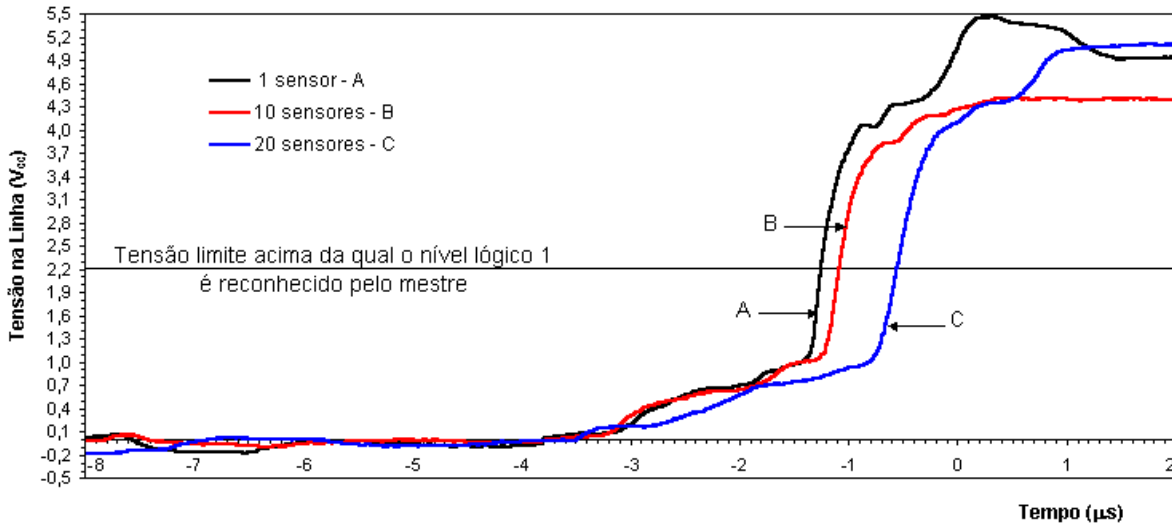


Figura 37 - Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações práticas para o cabo telefônico trançado com 100m de comprimento e 1, 10 e 20 sensores DS1820.

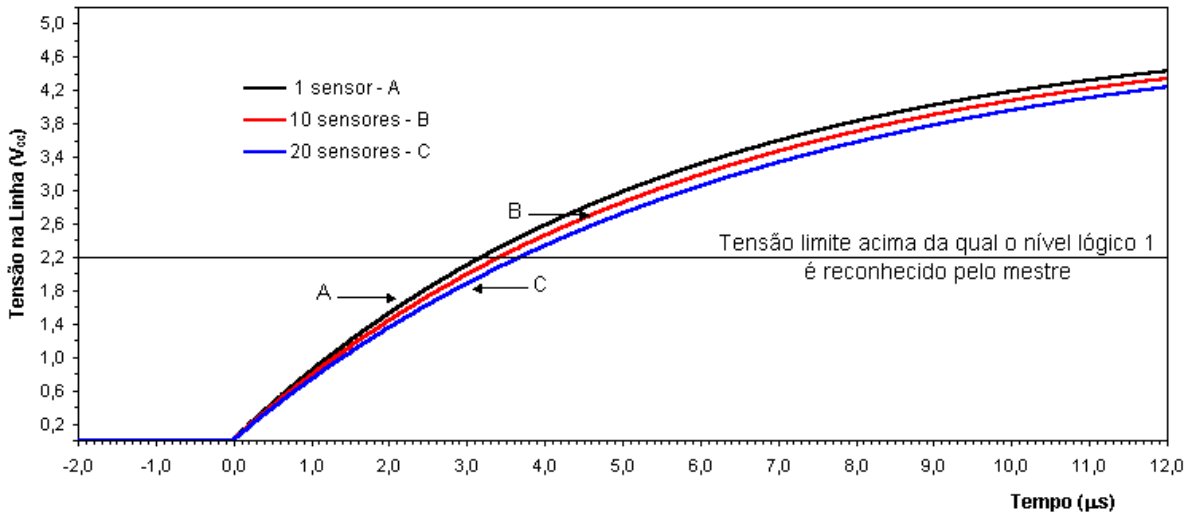


Figura 38 - Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações teóricas para o cabo telefônico trançado com 100m de comprimento e 1, 10 e 20 sensores DS1820.

Tabela 7 - Tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um no sistema 1-wire™ empregando o cabo telefônico trançado com 100 metros de comprimento

	1 sensor	10 sensores	20 sensores
Avaliação Teórica	3,22 μ s	3,43 μ s	3,69 μ s
Avaliação Prática	2,54 μ s	2,63 μ s	2,90 μ s

Observando-se tanto as Figuras 37 e 38 quanto a Tabela 7 verifica-se que, à medida em que o número de sensores DS1820 aumenta, o tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um também aumenta. Assim como para o cabo telefônico CCI, em cada combinação de sensores testada, as diferenças entre os tempos de transição da avaliação teórica e da prática não apresentam comportamento crescente com o aumento do número de sensores. Entretanto, as avaliações teóricas sempre superestimam as avaliações práticas.

Os resultados das avaliações práticas e teóricas dos efeitos do comprimento para o cabo telefônico paralelo são apresentados nas Figuras 39 e 40, respectivamente. A Tabela 8 mostra os tempos de transição entre níveis lógicos no sistema 1-wire™ empregando este tipo de condutor com 1 sensor DS1820.

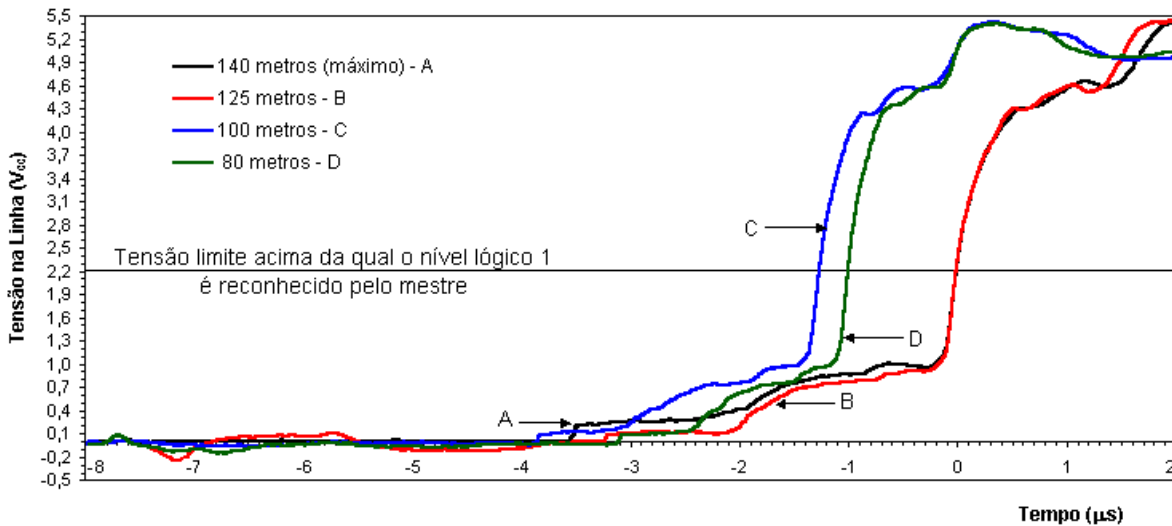


Figura 39 - Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações práticas para o cabo telefônico paralelo com 140, 125, 100 e 80m de comprimento e 1 sensor DS1820.

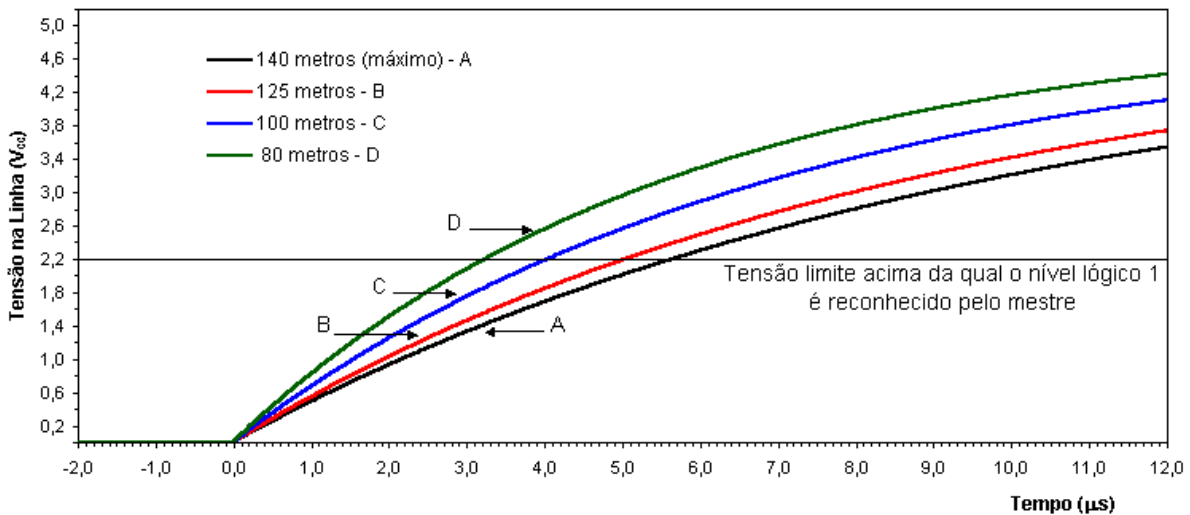


Figura 40 - Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações teóricas para o cabo telefônico paralelo com 140, 125, 100 e 80m de comprimento e 1 sensor DS1820.

O cabo telefônico paralelo atingiu um comprimento máximo com 1 sensor DS1820 de 140m sem que a comunicação entre o computador e o sensor fosse interrompida. Nota-se que a diferença no comprimento máximo entre este condutor e o cabo telefônico trançado é praticamente desprezível (1 metro), apesar destes apresentarem diferença significativa entre os valores de capacitância por metro (9,66pF/m).

Tabela 8 - Tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um no sistema 1-wire™ empregando o cabo telefônico paralelo com 1 sensor DS1820

	80 metros	100 metros	125 metros	140 metros
Avaliação Teórica	3,23 μ s	4,03 μ s	5,03 μ s	5,64 μ s
Avaliação Prática	2,10 μ s	2,62 μ s	3,19 μ s	3,52 μ s

Observando-se tanto as Figuras 39 e 40 quanto a Tabela 8 verifica-se que o comportamento com relação ao comprimento do cabo telefônico paralelo é semelhante ao dos condutores anteriores. Ou seja, à medida em que o comprimento aumenta, o tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um também aumenta, e as diferenças entre os tempos de transição da avaliação teórica e da prática apresentam comportamento crescente com o aumento do comprimento do condutor. As avaliações teóricas sempre superestimam as avaliações práticas.

Os resultados das avaliações práticas e teóricas dos efeitos do número de sensores DS1820 para o cabo telefônico paralelo são apresentados nas Figuras 41 e 42, respectivamente. A Tabela 9 mostra os tempos de transição entre níveis lógicos no sistema 1-wire™ empregando este tipo de condutor com 100m de comprimento.

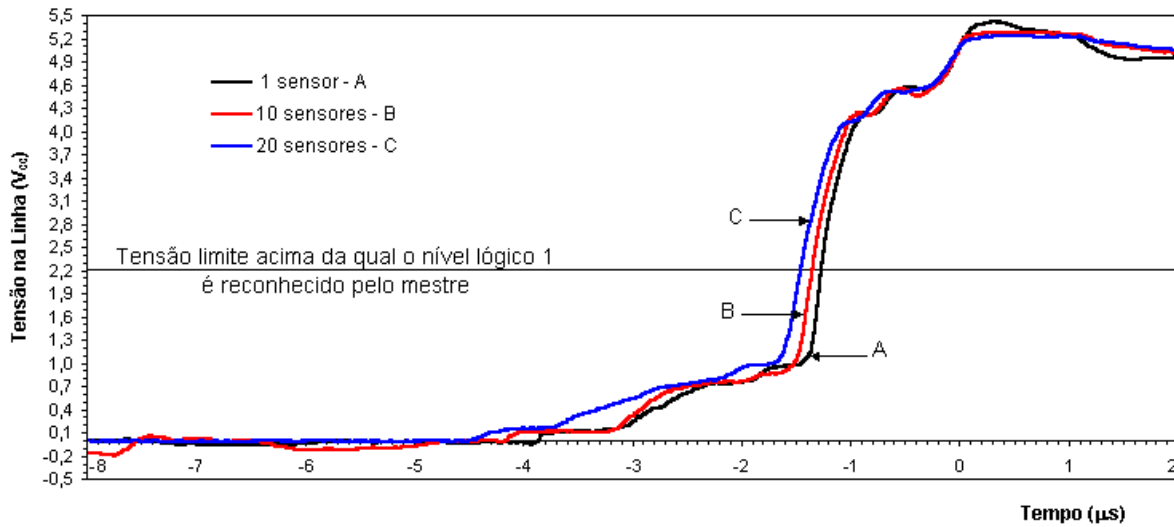


Figura 41 - Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações práticas para o cabo telefônico paralelo com 100m de comprimento e 1, 10 e 20 sensores DS1820.

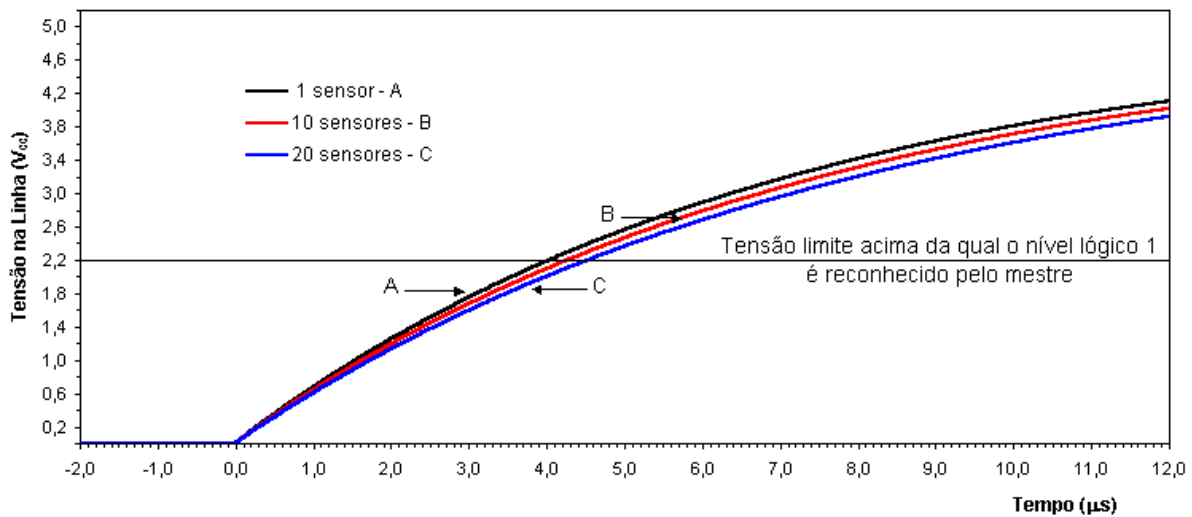


Figura 42 - Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações teóricas para o cabo telefônico paralelo com 100m de comprimento e 1, 10 e 20 sensores DS1820.

Tabela 9 - Tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um no sistema 1-wire™ empregando o cabo telefônico paralelo com 100 metros de comprimento

	1 sensor	10 sensores	20 sensores
Avaliação Teórica	4,03 μ s	4,32 μ s	4,53 μ s
Avaliação Prática	2,62 μ s	2,77 μ s	2,98 μ s

Observando-se tanto as Figuras 41 e 42 quanto a Tabela 9 verifica-se que, à medida em que o número de sensores DS1820 aumenta, o tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um também aumenta. No entanto, para cada combinação de sensores testada, as diferenças entre os tempos de transição da avaliação teórica e da prática não apresentam comportamento crescente com o aumento do número de sensores, e as avaliações teóricas sempre superestimam as avaliações práticas. Este condutor também apresenta comportamento semelhante aos dos condutores anteriores com relação ao número de sensores DS1820.

Os resultados das avaliações práticas e teóricas dos efeitos do comprimento para o cordão trançado são apresentados nas Figuras 43 e 44, respectivamente. A Tabela 10 mostra os tempos de transição entre níveis lógicos no sistema 1-wire™ empregando este tipo de condutor com 1 sensor DS1820.

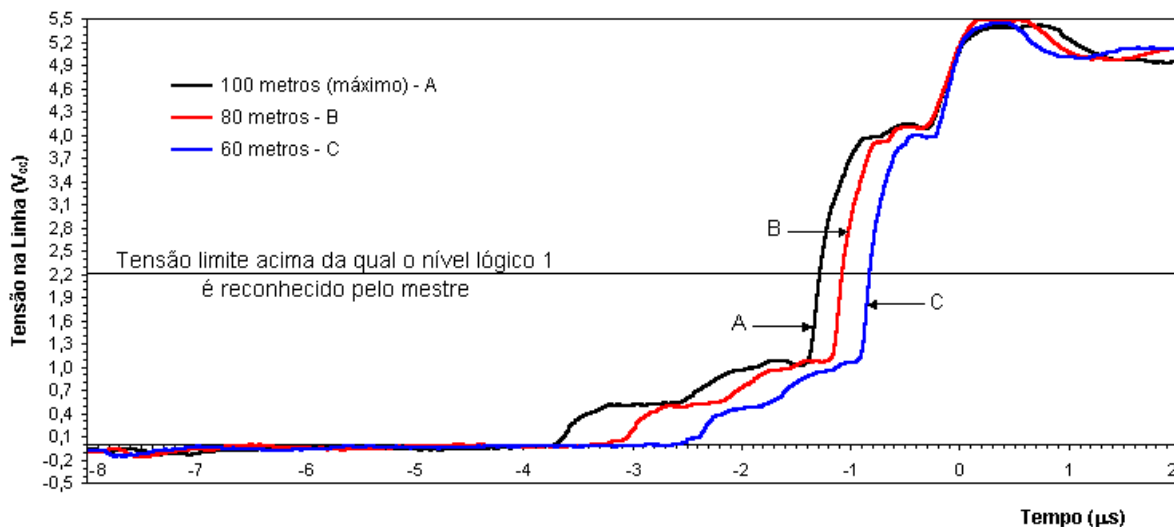


Figura 43 - Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações práticas para o cordão trançado com 100, 80 e 60m de comprimento e 1 sensor DS1820.

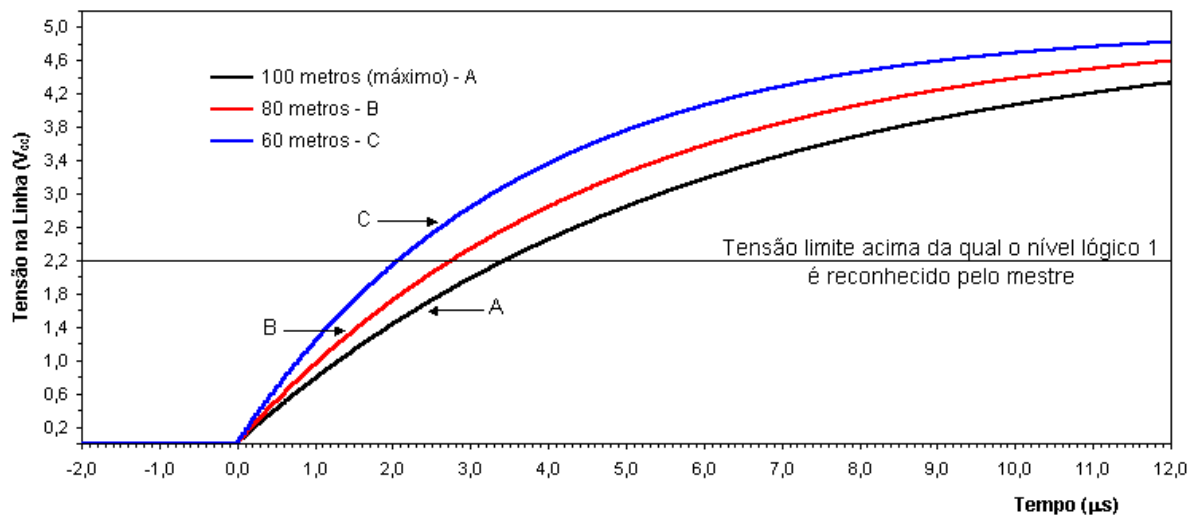


Figura 44 - Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações teóricas para o cordão trançado com 100, 80 e 60m de comprimento e 1 sensor DS1820.

Mesmo apresentando valor de capacitância por metro inferior ao do cabo telefônico paralelo, o cordão trançado atingiu um comprimento máximo com 1 sensor DS1820 significativamente menor que o do cabo telefônico paralelo (diferença de 40m). Uma das razões que contribuíram para este resultado é o fato do cordão trançado ser desenvolvido para aplicações em instalações elétricas domiciliares transportando energia elétrica, enquanto que o cabo telefônico é desenvolvido para aplicações em telecomunicações na transmissão de sinais elétricos. Assim sendo, a transmissão de dados nos cabos telefônicos apresenta melhor desempenho.

Tabela 10 - Tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um no sistema 1-wireTM empregando o cordão trançado com 1 sensor DS1820

	60 metros	80 metros	100 metros
Avaliação Teórica	2,07 μ s	2,76 μ s	3,44 μ s
Avaliação Prática	1,61 μ s	2,13 μ s	2,38 μ s

Observando-se tanto as Figuras 43 e 44 quanto a Tabela 10 verifica-se que o comportamento com relação ao comprimento do cordão trançado é semelhante ao dos condutores anteriores. As diferenças entre os tempos de transição da avaliação teórica e da prática são crescentes com o aumento do comprimento do condutor, e as avaliações teóricas sempre superestimam as avaliações práticas.

Os resultados das avaliações práticas e teóricas dos efeitos do número de sensores DS1820 para o cordão trançado são apresentados nas Figuras 45 e 46, respectivamente. A Tabela 11 mostra os tempos de transição entre níveis lógicos no sistema 1-wireTM empregando este tipo de condutor com 60m de comprimento.

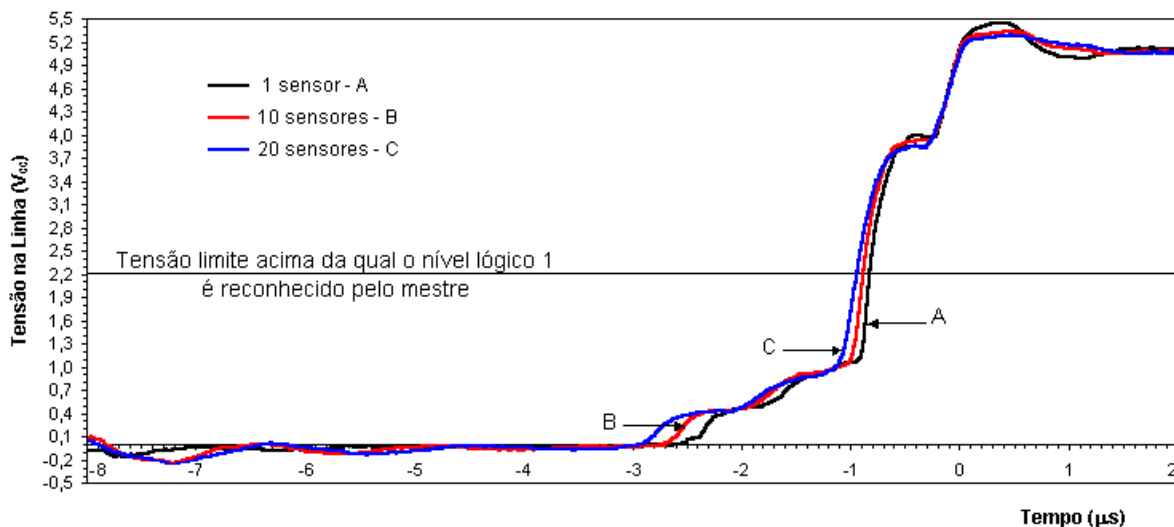


Figura 45 - Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações práticas para o cordão trançado com 60m de comprimento e 1, 10 e 20 sensores DS1820.

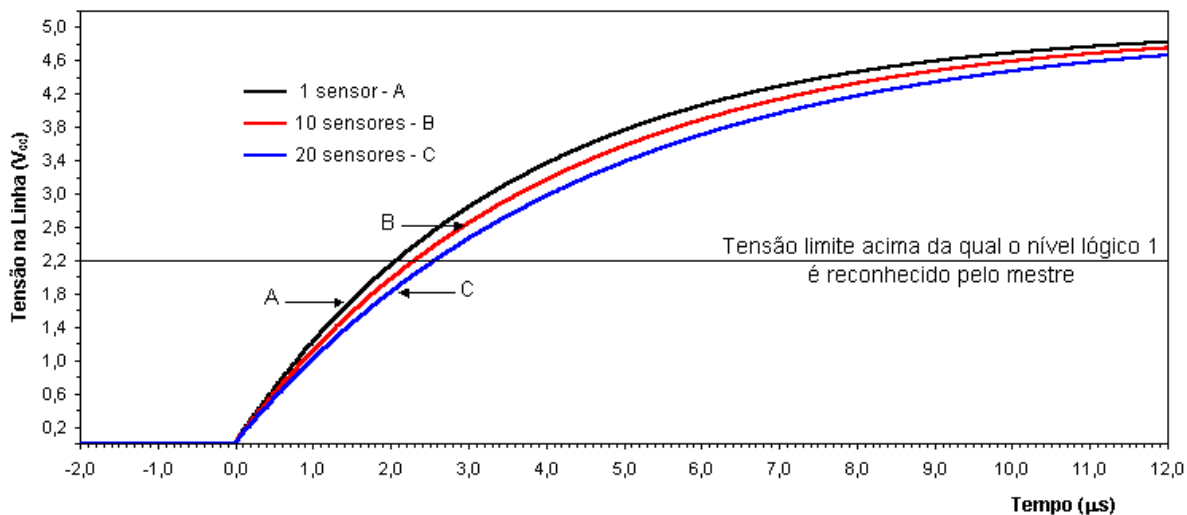


Figura 46 - Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações teóricas para o cordão trançado com 60m de comprimento e 1, 10 e 20 sensores DS1820.

Tabela 11 - Tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um no sistema 1-wire™ empregando o cordão trançado com 60 metros de comprimento

	1 sensor	10 sensores	20 sensores
Avaliação Teórica	2,07 μ s	2,38 μ s	2,64 μ s
Avaliação Prática	1,61 μ s	1,77 μ s	1,95 μ s

Observando-se tanto as Figuras 45 e 46 quanto a Tabela 11 verifica-se que, à medida em que o número de sensores DS1820 aumenta, o tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um também aumenta. As diferenças entre os tempos de transição da avaliação teórica e da prática apresentam comportamento crescente com o aumento do número de sensores, diferentemente dos condutores anteriores. Constata-se, também, que as avaliações teóricas sempre superestimam as avaliações práticas.

Os resultados das avaliações práticas e teóricas dos efeitos do comprimento para o cabo coaxial blindado são apresentados nas Figuras 47 e 48, respectivamente. A Tabela 12 mostra os tempos de transição entre níveis lógicos no sistema 1-wire™ empregando este tipo de condutor com 1 sensor DS1820.

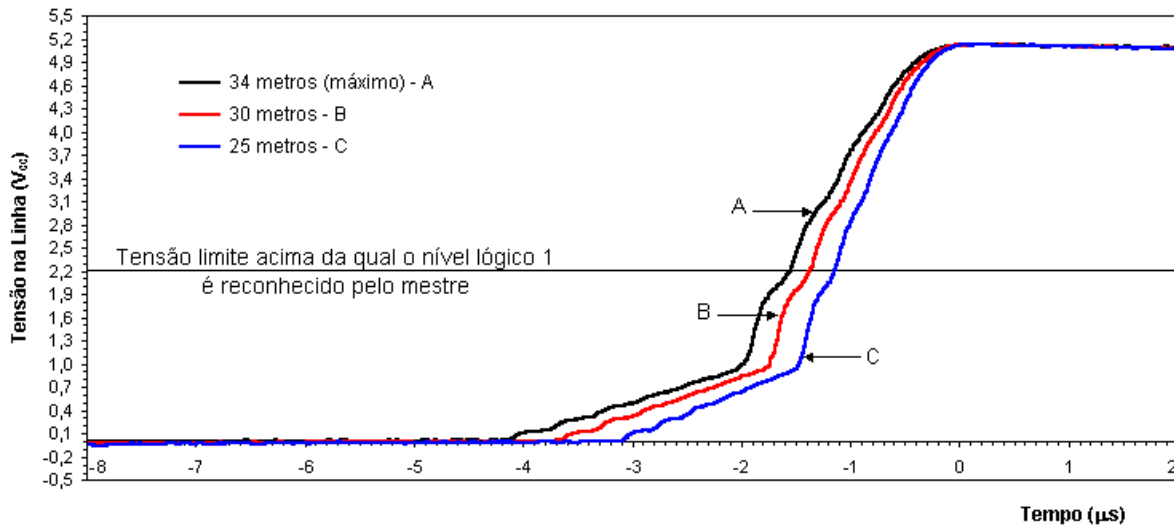


Figura 47 - Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações práticas para o cabo coaxial blindado com 34, 30 e 25m de comprimento e 1 sensor DS1820.

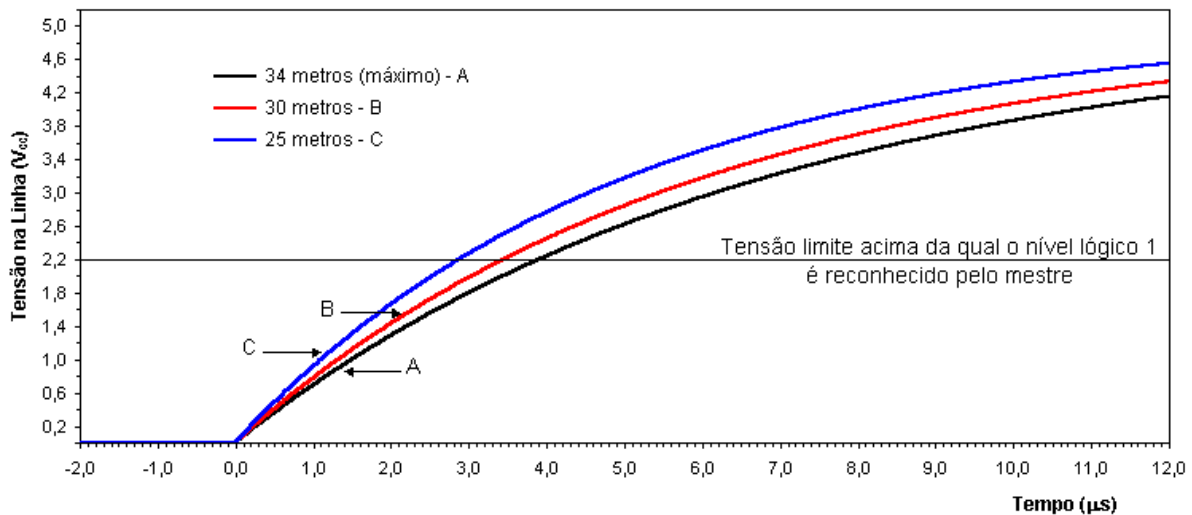


Figura 48 - Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações teóricas para o cabo coaxial blindado com 34, 30 e 25m de comprimento e 1 sensor DS1820.

O cabo coaxial blindado atingiu o comprimento máximo de 34m com 1 sensor DS1820, sem que a comunicação entre o computador e o sensor fosse interrompida. Este comprimento máximo é o menor dentre os condutores estudados visto que o valor da capacitância por metro do cabo coaxial blindado é muito superior ao dos demais condutores (131,28pF/m).

Tabela 12 - Tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um no sistema 1-wireTM empregando o cabo coaxial blindado com 1 sensor DS1820

	25 metros	30 metros	34 metros
Avaliação Teórica	2,87 μ s	3,44 μ s	3,90 μ s
Avaliação Prática	1,90 μ s	2,23 μ s	2,56 μ s

Observando-se tanto as Figuras 47 e 48 quanto a Tabela 12 verifica-se que, à medida em que o comprimento do cabo coaxial blindado aumenta, o tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um também aumenta. As diferenças entre os tempos de transição da avaliação teórica e da prática são crescentes com o aumento do comprimento do condutor, e as avaliações teóricas sempre superestimam as avaliações práticas.

Os resultados das avaliações práticas e teóricas dos efeitos do número de sensores DS1820 para o cabo coaxial blindado são apresentados nas Figuras 49 e 50, respectivamente. A Tabela 13 mostra os tempos de transição entre níveis lógicos no sistema 1-wireTM empregando este tipo de condutor com 25m de comprimento.

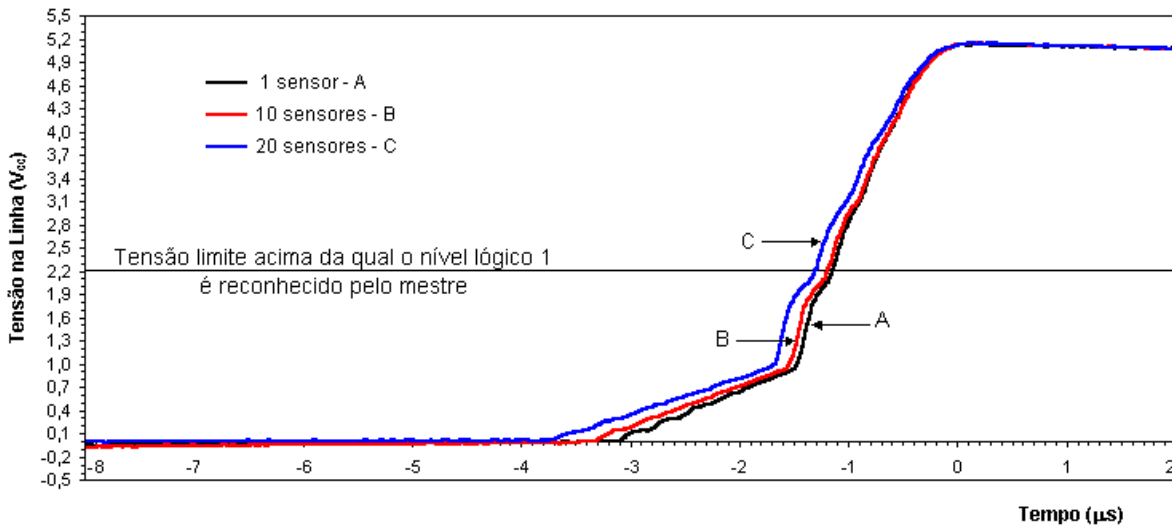


Figura 49 - Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações práticas para o cabo coaxial blindado com 25m de comprimento e 1, 10 e 20 sensores DS1820.

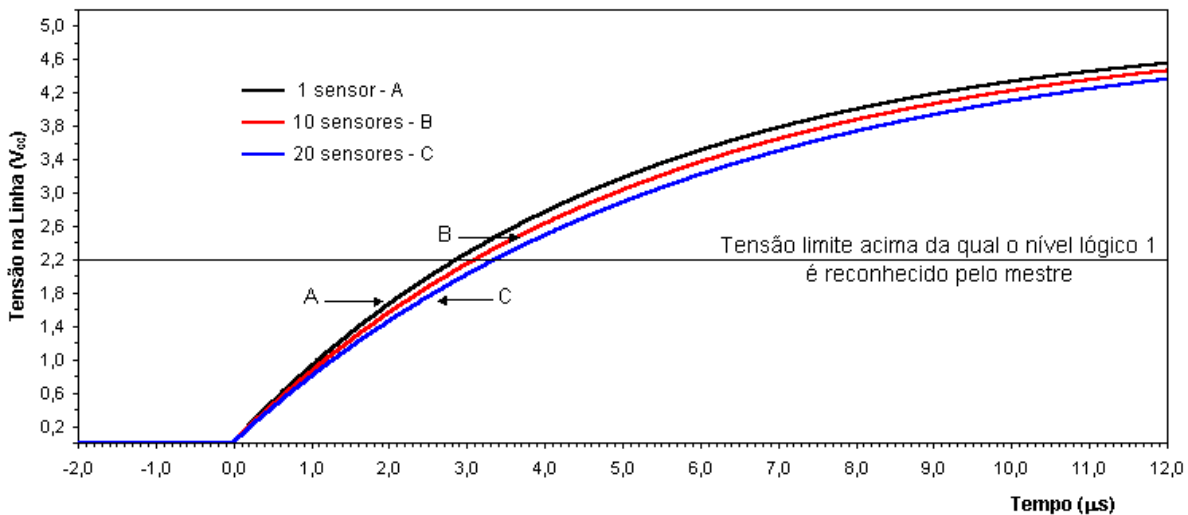


Figura 50 - Gráfico da transição entre níveis lógicos obtido com as avaliações teóricas para o cabo coaxial blindado com 25m de comprimento e 1, 10 e 20 sensores DS1820.

Tabela 13 - Tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um no sistema 1-wire™ empregando o cabo coaxial blindado com 25 metros de comprimento

	1 sensor	10 sensores	20 sensores
Avaliação Teórica	2,87 μ s	3,18 μ s	3,37 μ s
Avaliação Prática	1,90 μ s	2,11 μ s	2,38 μ s

Observando-se tanto as Figuras 49 e 50 quanto a Tabela 13 verifica-se que, à medida em que o número de sensores DS1820 aumenta, o tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um também aumenta. No entanto, para cada combinação de sensores testada, as diferenças entre os tempos de transição da avaliação teórica e da prática não apresentam comportamento crescente com o aumento do número de sensores. Mas, as avaliações teóricas sempre superestimam as avaliações práticas.

Na Tabela 14 são apresentados os resultados gerais (comprimentos máximos) das avaliações práticas do comportamento da transmissão de dados de temperatura no sistema 1-wire™, em função do tipo de condutores e do número de sensores de temperatura DS1820.

Tabela 14 - Comprimentos máximos, em metros, determinados nas avaliações práticas do comportamento da transmissão de dados de temperatura no sistema 1-wire™, em função do tipo de condutores e do número de sensores DS1820

Condutores	1 sensor	10 sensores	20 sensores
	DS1820	DS1820	DS1820
cabo telefônico CCI	150m	132m	105m
cabo telefônico trançado FI	141m	125m	100m
cabo telefônico paralelo especial FI	140m	125m	100m
cordão trançado	100m	80m	60m
cabo coaxial blindado	34m	30m	25m

Com relação aos efeitos do número de sensores DS1820, constatou-se que, com o acréscimo de sensores, os comprimentos máximos tiveram de ser reduzidos a fim de compensar o aumento de capacitância causado por este acréscimo. Como verifica-se na Tabela 14, as reduções nos comprimentos máximos dos condutores em função do acréscimo do número de sensores não foram idênticas, nem mesmo lineares, para os 5 tipos de condutores estudados. Por exemplo, para o cabo telefônico CCI, o comprimento máximo foi reduzido de 150 metros para 105 metros quando o número de sensores DS1820 aumentou de 1 para 20. Por outro lado, para o cabo coaxial blindado, essa redução no comprimento máximo não foi tão expressiva, passando de 34 metros para 25 metros.

6 - Resumo e Conclusões

Dentre as variáveis climáticas que exercem influência sobre o ambiente no interior das instalações agrícolas, a temperatura do ar se destaca pois, conjugada a outras variáveis, pode comprometer ou favorecer o crescimento e o desenvolvimento em função das exigências de cada espécie, seja animal ou vegetal. Neste contexto, o monitoramento da temperatura do ar nas instalações agrícolas, com vista ao controle do ambiente de produção, contribui significativamente para a melhoria no desempenho produtivo dos animais e vegetais.

A carência de sistemas de monitoramento automático eficientes, de alta exatidão e de baixo custo, que atendam às exigências das instalações agrícolas no que se refere à transmissão de dados a longas distâncias, com número de sensores suficiente, motivou a realização deste trabalho.

O sistema 1-wireTM, o qual se propôs avaliar, trata-se de uma rede de transmissão de dados que possibilita a comunicação digital entre um computador, atuando como mestre, e dispositivos da série 1-wireTM tais como sensores, adaptadores, dentre outros, atuando como escravos. Neste sistema de transmissão de dados um único mestre pode ser conectado a múltiplos escravos em diversos tipos de topologias. Esta arquitetura confere ao sistema 1-wireTM versatilidade e simplicidade.

Inicialmente, desenvolveu-se um programa computacional capaz de gerenciar o sistema 1-wireTM com base em um protocolo de comunicação específico. Este programa, denominado **SISDAT (SIS**tema de Aquisição de **DA**dos de **TE**mperatura), foi implementado em linguagem C++, utilizando-se a plataforma de programação C++ *Builder* versão 5.0, sendo estruturado em seis telas (apresentação, principal, configurações do sistema, cadastro dos sensores, gráfico e informações sobre o programa).

Neste trabalho, o sistema 1-wireTM foi avaliado no que se refere tanto à exatidão de sensores de temperatura DS1820 da série 1-wireTM quanto ao comportamento da transmissão de dados de temperatura em função do tipo e

comprimento dos condutores e do número de sensores de temperatura DS1820. A avaliação da exatidão dos sensores DS1820, com base em termômetro padrão de mercúrio em vidro, constou de uma amostra aleatória de 20 sensores, alimentados por fonte externa de $5V_{cc}$, que foram inseridos em uma câmara climatizada, juntamente com o termômetro padrão, sendo submetidos a temperaturas de $5^{\circ}C$ a $48^{\circ}C$, totalizando 44 pontos de calibração.

Na avaliação do comportamento da transmissão de dados de temperatura foram realizadas avaliações práticas e teóricas, utilizando-se 5 tipos de condutores com 200m de comprimento cada e a amostra de sensores DS1820 anteriormente calibrada. A capacitância foi a característica elétrica enfocada por ser responsável pelos maiores problemas na transmissão de dados entre o computador e os sensores de temperatura DS1820 no sistema 1-wireTM, impondo rígidas restrições ao comprimento dos condutores e ao número de sensores DS1820. Nas avaliações práticas, além da determinação do comprimento máximo atingido por cada tipo de condutor estudado, sem que a comunicação entre o computador e o sensor fosse interrompida, foram testadas diversas combinações de comprimentos e número de sensores DS1820 para um mesmo tipo de condutor avaliando-se os efeitos do comprimento dos condutores e os efeitos do número de sensores DS1820. Concluídas as avaliações práticas, realizou-se avaliações teóricas utilizando-se um modelo teórico por meio do qual foram simuladas as mesmas combinações realizadas nas avaliações práticas.

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, pôde-se concluir que o programa computacional desenvolvido é capaz de gerenciar sistemas de aquisição de dados de temperatura com base na tecnologia 1-wireTM de maneira rápida, simples e eficiente, sendo indicado para aplicações que visem o monitoramento da temperatura ambiente com sensores DS1820 em número ilimitado.

O alto nível de exatidão constatado faz dos sensores de temperatura DS1820 da série 1-wireTM excelentes dispositivos para serem empregados em aplicações de monitoramento e controle de ambientes em instalações agrícolas.

Quanto ao comportamento da transmissão de dados de temperatura no sistema 1-wireTM, é possível concluir que o modelo teórico superestima o tempo de transição do nível lógico zero para o nível lógico um em relação ao tempo observado na prática. Assim sendo, os resultados obtidos a partir do modelo teórico devem ser reduzidos a fim de que se aproximem mais dos resultados práticos.

De acordo com os resultados obtidos, no que se refere ao comprimento dos condutores com vista à transmissão de dados de temperatura no sistema 1-wireTM, estes foram classificados, em ordem de preferência, com os respectivos comprimentos máximos, da seguinte maneira:

- 1º) Cabo telefônico CCI 2 x 0,20mm² (150 metros);
- 2º) Cabo telefônico trançado FI 2 x 0,24mm² (141 metros);
- 3º) Cabo telefônico paralelo especial FI 2 x 0,28mm² (140 metros);
- 4º) Cordão trançado 2 x 1mm² (100 metros);
- 5º) Cabo coaxial blindado 0,20mm² (34 metros).

Coincidentemente, os condutores que apresentaram os melhores desempenhos foram os que tiveram os menores custos. Assim, a ordem de classificação mencionada anteriormente considera os condutores de acordo com o seu desempenho e baixo custo.

Os cabos telefônicos apresentaram os melhores desempenhos devido ao fato de serem fabricados para aplicações em telecomunicações, visando a transmissão de sinais elétricos em altas taxas de transferência. Dentre os cabos telefônicos estudados, o melhor desempenho foi obtido pelo cabo com menor área de seção transversal (0,20mm²).

Apesar da diferença no valor de capacitância por metro entre o cabo telefônico trançado e o cabo telefônico paralelo ser de 9,66pF/m, o fato dos condutores telefônicos serem trançados ou paralelos não resultou, nas avaliações práticas realizadas, em diferença significativa.

Com relação aos efeitos do número de sensores DS1820, pôde-se concluir que, o aumento do número de sensores no sistema 1-wire™ causa a necessidade de reduções nos comprimentos máximos dos condutores, a fim de que não ocorram interrupções na transmissão de dados.

O sistema 1-wire™ para aquisição de dados de temperatura mostrou-se, por meio das avaliações realizadas, ser um sistema de monitoramento automático confiável, versátil, de alta exatidão e de baixo custo comparado aos demais sistemas de aquisição de dados presentes no mercado.

7 - Recomendações de Critérios para Operação de Sistemas 1-Wire™ com Sensores DS1820

7.1 - Conexões nos terminais (pinos) do sensor DS1820

Uma das razões que justifica a não comunicação do sensor DS1820 com o computador é a inversão dos terminais do sensor quando são conectados aos condutores. Portanto, é importante a atenta observação da disposição dos terminais do sensor junto a um esquema de descrição dos pinos.

Todas as conexões necessárias no sistema 1-wire™, não somente as dos terminais dos sensores, com exceção dos conectores, devem ser feitas com pequenas soldas à base de estanho. Conexões mal feitas, além de causar mau contato, são responsáveis pelos altos valores de impedância nos pontos de junção.

7.2 - Alimentação dos sensores DS1820

Apesar da alimentação parasita ser mais econômica e simplificar a operação do sistema 1-wire™, ela apresenta baixa confiabilidade em redes de comprimento superior a 30m ou, principalmente, quando o número de sensores DS1820 requerido pela aplicação é alto. Assim sendo, é recomendada a alimentação externa com fonte de suprimento de energia regulada de $5V_{CC}$, o mais próxima possível dos sensores, a fim de evitar problemas relacionados à corrente de alimentação. Tensões de alimentação acima de $6V_{CC}$, aplicadas diretamente no pino VDD do sensor DS1820, podem causar nele danos permanentes.

7.3 - Seleção dos condutores

Sendo a capacitância a característica elétrica que mais interfere na transmissão de dados entre o computador e os sensores DS1820, recomenda-se a compra de condutores com baixo valor de capacitância por metro, preferencialmente, menores que 100pF/m pois, quanto menor for este valor, maior

poderá ser o comprimento dos condutores e o número de sensores DS1820 conectados no sistema 1-wire™. Como os fabricantes de condutores não são obrigados, pela legislação, a realizarem ensaios para a determinação da capacitância, é necessário recorrer a laboratórios especializados, conforme ocorreu neste trabalho, fazendo com que a seleção dos condutores seja onerosa e complicada. Entretanto, existem alguns fabricantes que realizam este tipo de ensaio em laboratório e disponibilizam estas informações aos seus consumidores. Na ausência do valor de capacitância por metro, existem duas recomendações que podem ser consideradas nesta seleção:

- 1º) Os cabos desenvolvidos para a transmissão de sinais elétricos, como os telefônicos sem blindagem, são preferenciais por apresentarem, geralmente, baixo valor de capacitância por metro e custo acessível;
- 2º) Em princípio, quanto maior for o afastamento entre os condutores, menor será a capacitância. Caso o afastamento não seja possível, recomenda-se que os condutores se interceptem ortogonalmente.

7.4 - Ramificações no sistema 1-wire™

Devem-se evitar ramificações, na linha principal de transmissão de dados, com comprimentos superiores a 3m pois, as impedâncias geradas podem comprometer o desempenho do sistema 1-wire™.

A melhor topologia para sistemas 1-wire™ é a linear, ou seja, uma única linha de transmissão de dados sem ramificações.

8 - Sugestões de Trabalhos Futuros

Em vista dos resultados obtidos neste trabalho, sugere-se a implantação do sistema 1-wireTM, para o monitoramento da temperatura, em instalações agrícolas, como, por exemplo, em galpões avícolas ou casas-de-vegetação a fim de se avaliar as limitações e os benefícios deste sistema em nível de campo. Nestas aplicações, a umidade relativa do ar, que é uma outra variável ambiental de fundamental importância nos processos agrícolas, também pode ser monitorada construindo-se psicrômetros a partir de dois sensores de temperatura DS1820 e utilizando-se as relações psicrométricas do ar.

Testes preliminares em cabos telefônicos trançados demonstraram que a presença de campos eletromagnéticos externos, como os gerados por motores com potência de 0,5cv, não exercem influência sobre a transmissão de dados de temperatura no sistema 1-wireTM. Entretanto, avaliações mais criteriosas devem ser realizadas.

A influência de taxas de transferência dos dados superiores à taxa padrão de 9.600 bits/s, utilizada neste trabalho, sobre o comportamento da transmissão de dados de temperatura nos cabos é um aspecto importante a ser analisado.

Outra relevante contribuição seria a avaliação de redes 1-wireTM com múltiplas ramificações controladas por um sistema de chaveamento eletrônico, como o dispositivo DS2409 desenvolvido pela Dallas Semiconductor, comandado via programa computacional.

9 - Literatura Citada

- AWTREY, D. **Transmitting data and power over a one-wire bus**. Sensors - The Journal of Applied Sensing Technology. Disponível via URL: <http://www.advanstar.com>. Consulta realizada em novembro de 2001.
- AWTREY, D. Comunicação pessoal via e-mail realizada em setembro de 2002.
- BOND, T.E.; KELLY, C.F. **The globe thermometer in agricultural research**. Agricultural Engineers, 1955, v 36, n 3, pg. 251-255.
- BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; et al. **Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows**. Transactions of the ASAE, 1981, v 24, n 3, pg. 711-714.
- CURTIS, S.E. **Environmental management in animal agriculture**. AMES: The Iowa State University, 1983. 409p.
- DALLAS SEMICONDUCTOR. **Tech brief 1: 1-wire net design guide**. Disponível via URL: <http://www.maxim-ic.com>. Consulta realizada em outubro de 2001a.
- DALLAS SEMICONDUCTOR. **DS1820: 1-wire digital thermometer**. Disponível via URL: <http://www.maxim-ic.com>. Consulta realizada em novembro de 2001b.
- DALLAS SEMICONDUCTOR. **MicroLAN - In the long run**. Application Note 108. Disponível via URL: <http://www.maxim-ic.com>. Consulta realizada em janeiro de 2002a.
- DALLAS SEMICONDUCTOR. **Quick guide to 1-wire net using computers and microcontrollers**. Application Note 132. Disponível via URL: <http://www.maxim-ic.com>. Consulta realizada em maio de 2002b.
- DALLAS SEMICONDUCTOR. **Guidelines for reliable 1-wire networks**. Application Note 148. Disponível via URL: <http://www.maxim-ic.com>. Consulta realizada em junho de 2002c.
- DALLY, J.W.; WILLIAM, F.R.; McCONNELL, K.G. **Instrumentation for engineering measurements**. New York: John Wiley & Sons, 1993. 584p.
- DeFELICE, T.P. **An introduction to meteorological instrumentation and measurement**. New Jersey: Prentice Hall, 1998. 229p.
- ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. Westport: AVI, 1969. 325p.

- EXPLORES. **Met history activities: Thermometers**. Disponível via URL: <http://www.met.fsu.edu/explores>. Consulta realizada em agosto de 2002.
- GÖPEL, W.; HESSE, J.; ZEMEL, J.N. **Sensors, a comprehensive survey: Fundamentals and general aspects**. Germany, 1989, v 1, 641p.
- GRAY, B.F. **Measurements, instrumentation and data transmission**. New York, 1977. 169p.
- McGHEE, J.; HENDERSON, I.A.; SYDENHAM, P.H. **Sensor science: Essentials for instrumentation and measurement technology**. Measurement, 1999, v 25, pg. 89-113.
- MICHALSKI, L.; ECKERSDORF, K.; McGHEE, J. **Temperature measurement**. New York: Wiley, 1991.
- MONTEIRO, P.M.B. **Tecnologia 1-wire™ aplicada ao controle em tempo real de sistemas de aeração de grãos**. Viçosa, Minas Gerais: Imprensa Universitária, Universidade Federal de Viçosa, 2002. 135p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola).
- NATIONAL SEMICONDUCTOR'S. **Temperature sensor handbook**. National Semiconductor Corporation. 1998. 40p.
- OLIVEIRA, J.L.; ESMAY, M.L. **Systems model analysis of hot weather housing for livestock**. Transactions of the ASAE, St. Joseph, Michigan: ASAE, 1981. 17p.
- OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 425p.
- PEARCY, R.W.; EHLERINGER, J.R.; MOONEY, H.A.; et al. **Plant physiological ecology: Field methods and instrumentation**. London: British Library, 1989. 442p.
- SENSORLAND.COM. **Infrared temperature sensors**. Disponível via URL: <http://www.sensorland.com>. Consulta realizada em agosto de 2002.
- SENSORSMAG. **Temperature measurement: making sense of it all**. Sensors Online. Disponível via URL: <http://www.sensorsmag.com>. Consulta realizada em maio de 2002a.

- SENSORSMAG. **Understanding contact temperature sensors**. Sensors Online. Disponível via URL: <http://www.sensorsmag.com>. Consulta realizada em maio de 2002b.
- SENSORSMAG. **Temperature measurement**. Sensors Online. Disponível via URL: <http://www.sensorsmag.com>. Consulta realizada em maio de 2002c.
- SIMPSON, J.B.; PETTIBONE, C.A.; KRANZLER, G.A. **Instrumentation and measurement for environmental sciences: Temperature**. Special Publication of the ASAE, 1991, cap. 6, pg. 1-17.
- TAYLOR, H.R. **Data acquisition for sensor systems**. London: Chapman & Hall, 1997. 327p.
- TEMPERATURES.COM. **Temperature sensors**. Disponível via URL: <http://www.temperatures.com>. Consulta realizada em agosto de 2002.
- THERMOMETRICS. **RTD's sensors**. Thermometrics Corporation. Disponível via URL: <http://www.thermometricscorp.com>. Consulta realizada em agosto de 2002.
- THOM, E.C. **The discomfort index**. Weatherwise, 1959, v 12, n 1, pg. 57-60.
- YOUSEF, M.K. **Stress physiology in livestock**. Las Vegas, Nevada, 1985. 159p.

10 - Apêndice

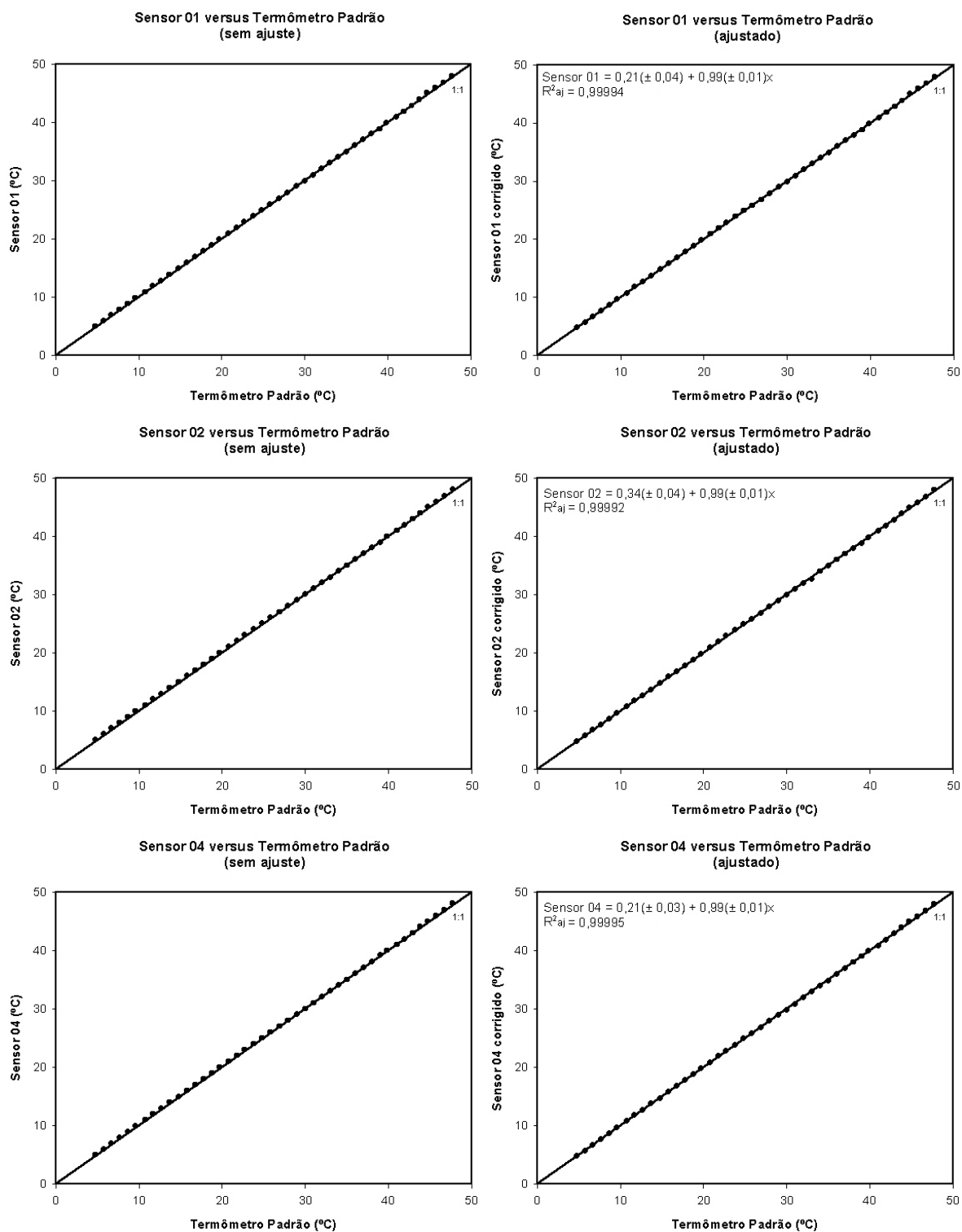


Figura 1A - Gráficos que relacionam as temperaturas medidas pelo termômetro padrão com as medidas pelos sensores 1, 2 e 4 (sem ajuste e com ajuste).

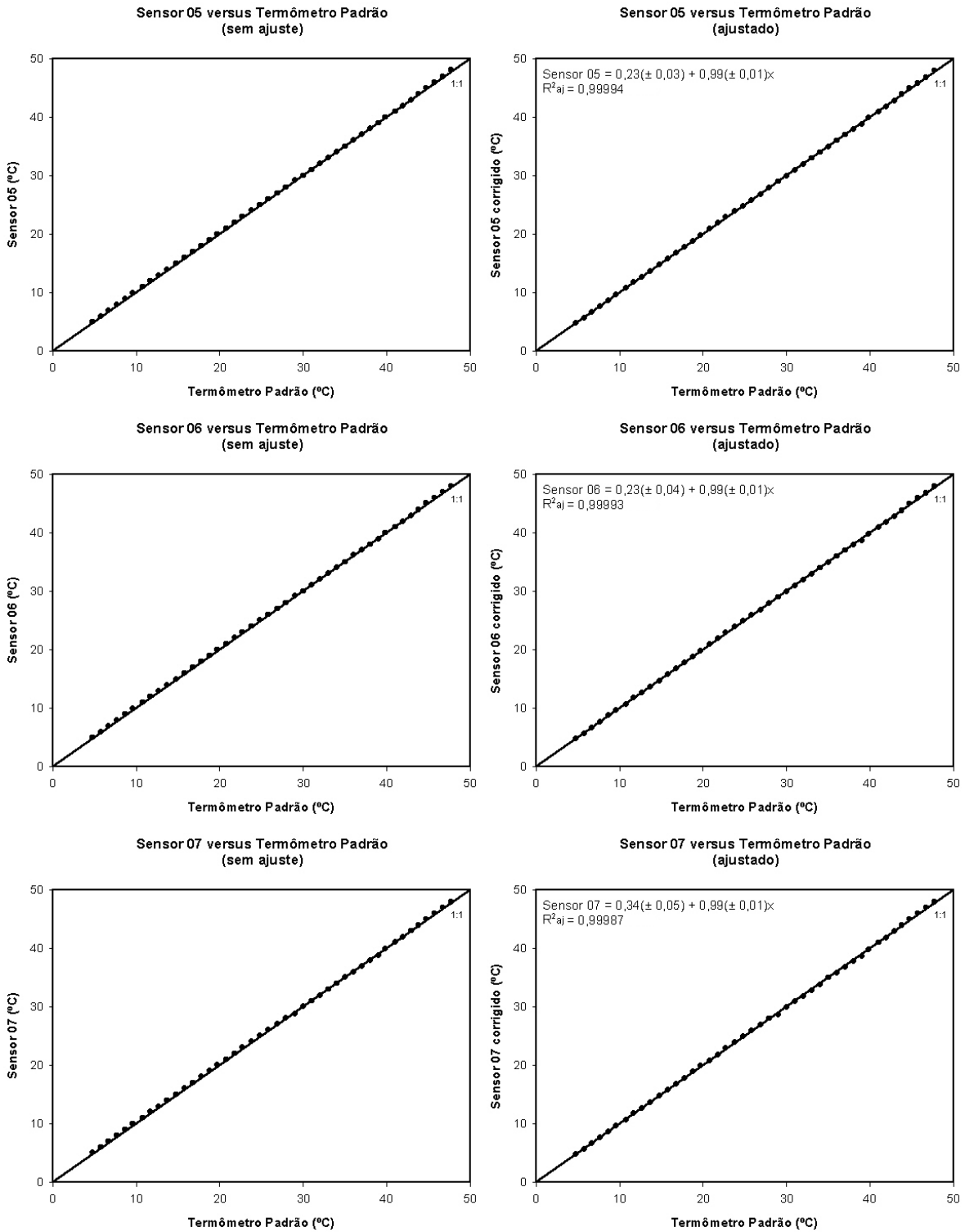


Figura 2A - Gráficos que relacionam as temperaturas medidas pelo termômetro padrão com as medidas pelos sensores 5, 6 e 7 (sem ajuste e com ajuste).

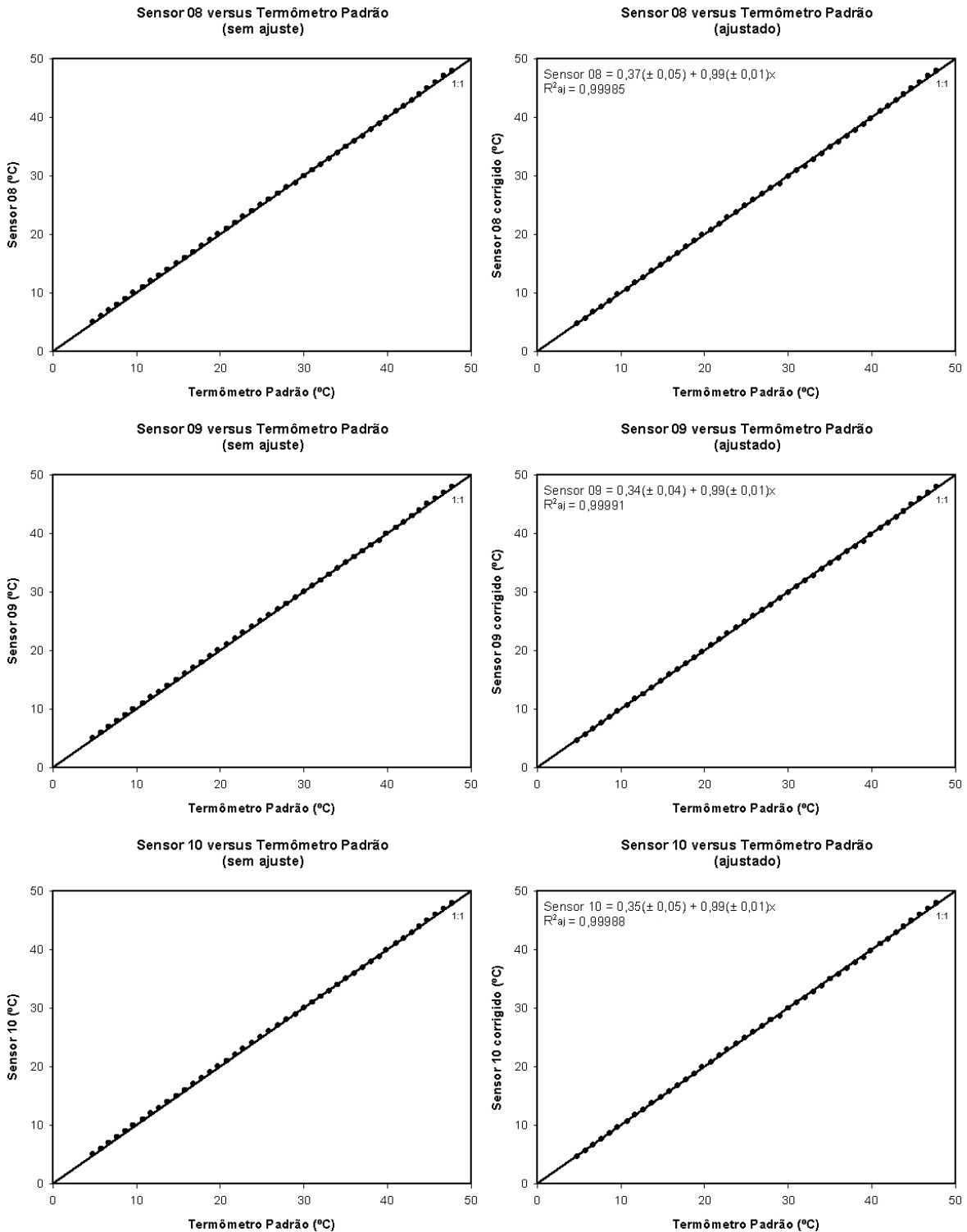


Figura 3A - Gráficos que relacionam as temperaturas medidas pelo termômetro padrão com as medidas pelos sensores 8, 9 e 10 (sem ajuste e com ajuste).

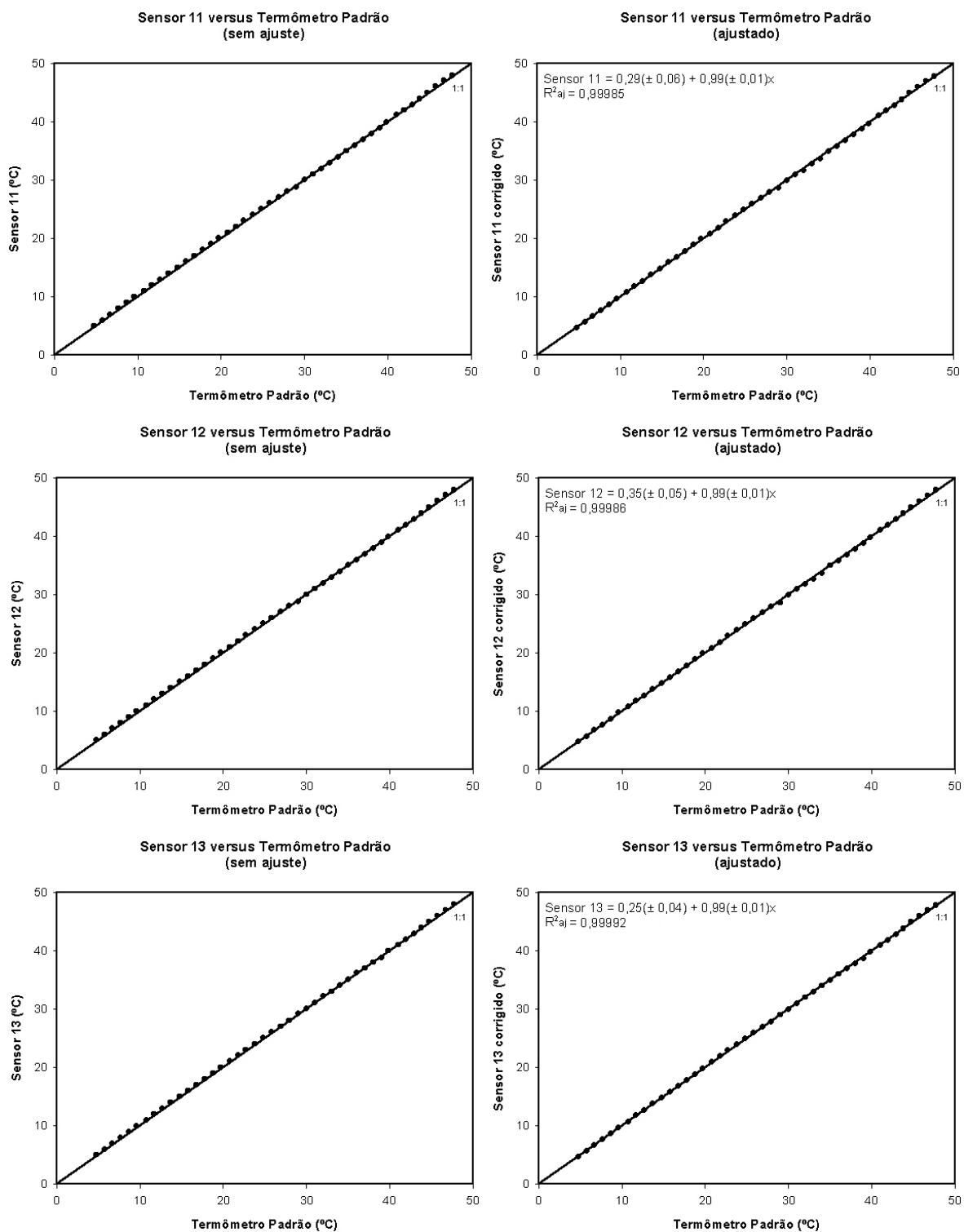


Figura 4A - Gráficos que relacionam as temperaturas medidas pelo termômetro padrão com as medidas pelos sensores 11, 12 e 13 (sem ajuste e com ajuste).

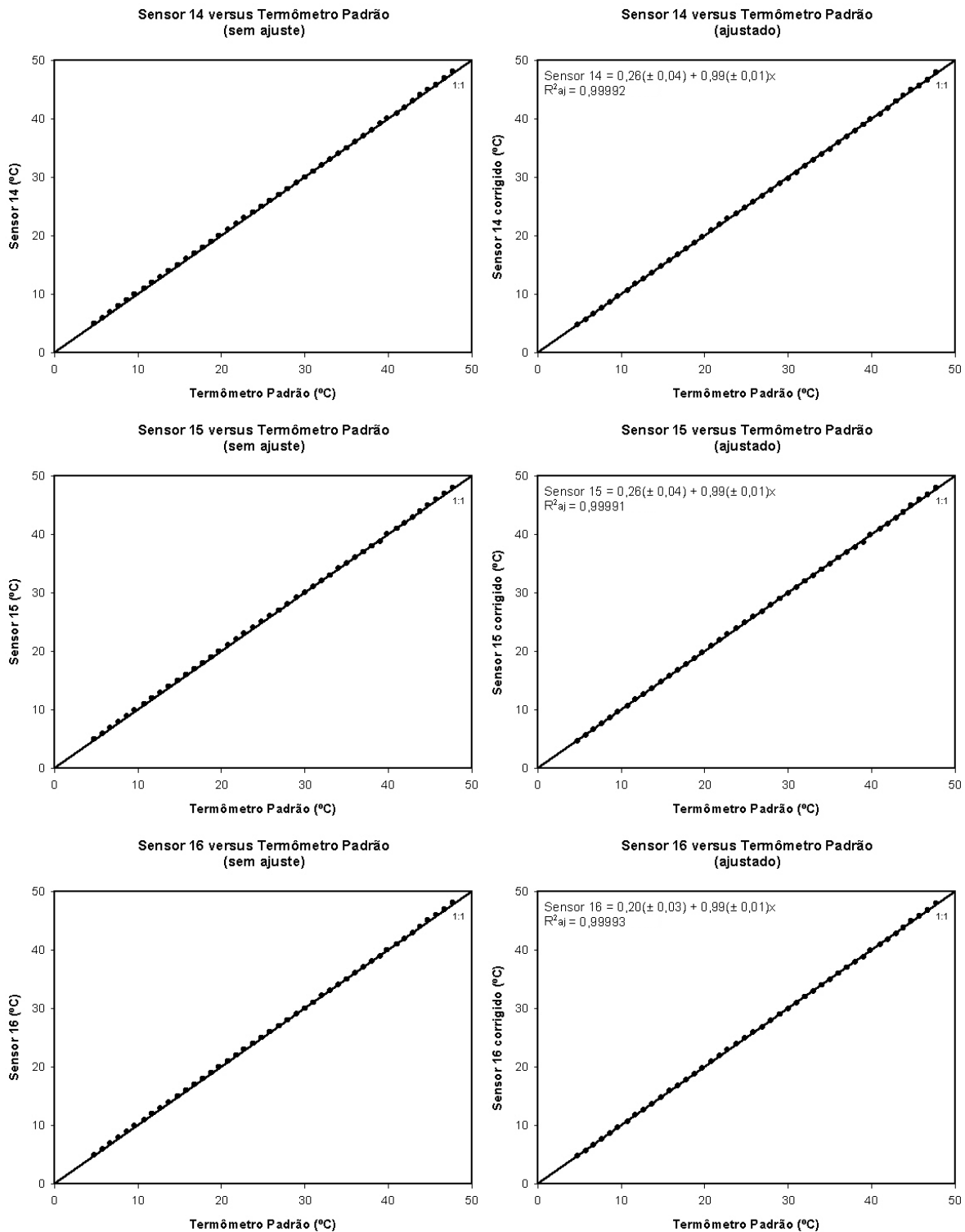


Figura 5A - Gráficos que relacionam as temperaturas medidas pelo termômetro padrão com as medidas pelos sensores 14, 15 e 16 (sem ajuste e com ajuste).

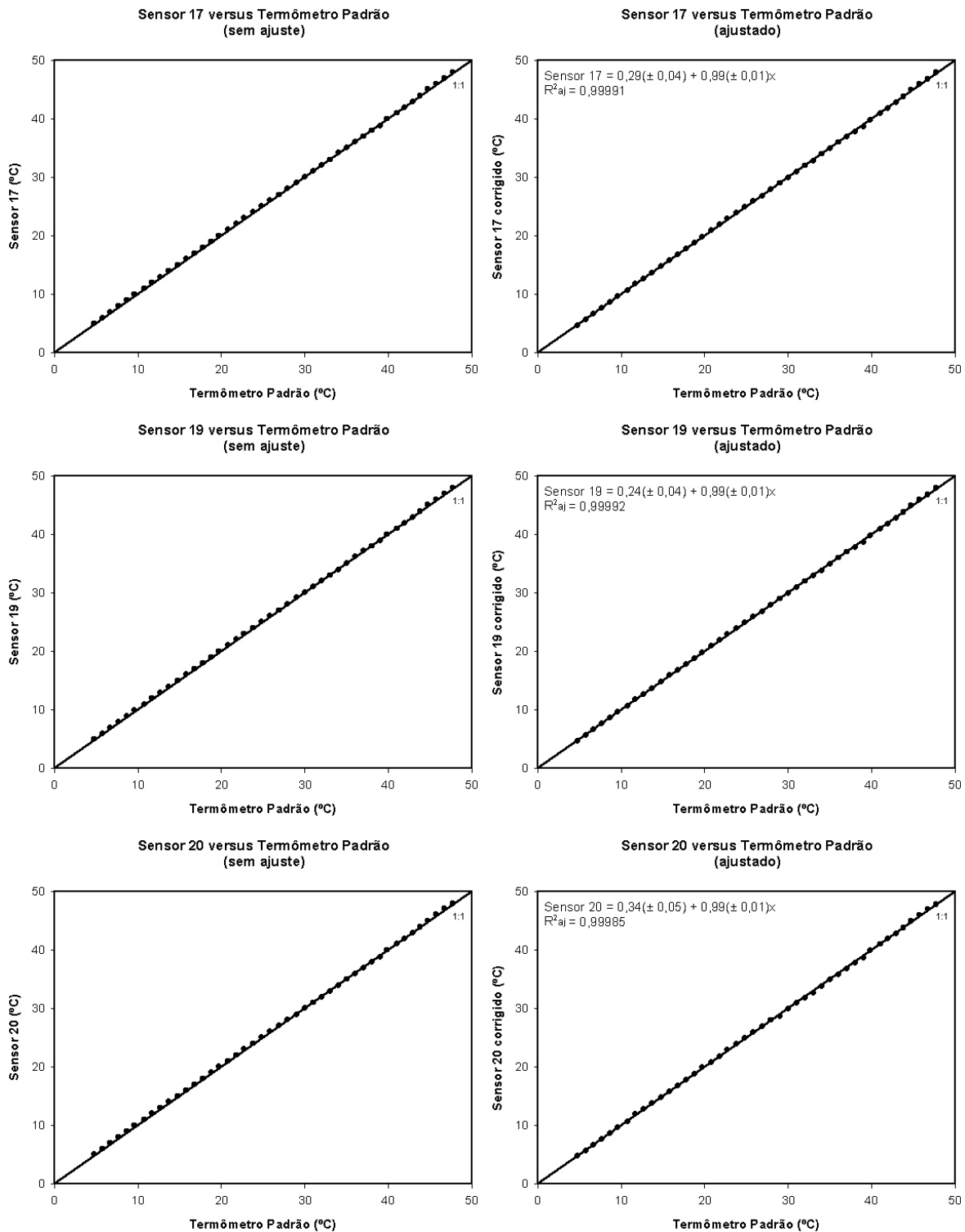


Figura 6A - Gráficos que relacionam as temperaturas medidas pelo termômetro padrão com as medidas pelos sensores 17, 19 e 20 (sem ajuste e com ajuste).