



Sistema de Aquisição de Dados para Acompanhamento de Recém-Nascidos Prematuros

Renato Andrade Freitas¹, Roniere Francisco Lima da Silva², Raimundo Carlos Silvério Freire³

RESUMO

Descreve-se nesse trabalho o projeto e desenvolvimento de um sistema dedicado à verificação da funcionalidade de uma incubadora. Foram monitorados dados de temperatura e umidade relativa do ar, que podiam ser visualizados, analisados e armazenados. O projeto oferece uma ferramenta de baixa complexidade de operação, baixo custo, portátil para diferentes plataformas de trabalho e a possibilidade de armazenamento e consulta dos dados coletados, que visam maximizar os recursos de pessoal médico e possibilitam um melhor acompanhamento à evolução clínica do recém-nascido prematuro.

Palavras-chave: aquisição de dados, recém-nascidos prematuros, monitoramento.

Data Acquisition System for Monitoring of Premature Newborn Babies

This paper describes the design and development of a system dedicated to monitor and control the functionality of an incubator. It does so through a dedicated hardware and a set of program modules developed to monitor in real time the ambient conditions surrounding newborn premature babies, such as temperature and relative air humidity. The system is also able to store the monitored variables. The project resulted in an easy to operate, low cost tool which is also portable to different computer platforms. This project's main goal was to improve the resources available to medical staff for monitoring the clinical condition of premature newborn babies.

Keywords: Data Acquisition, premature newborn babies, monitoring

INTRODUÇÃO

As incubadoras neonatais são equipamentos eletromédicos usados para manter a vida de bebês prematuros, onde estes encontram um ambiente termicamente neutro, cujas condições assemelham-se àquelas encontradas no útero materno (IAIONE, 1999).

A incubadora mantém o recém-nascido (RN) em um ambiente controlado sendo, portanto, favorável ao seu crescimento, ao seu desenvolvimento, à sua resistência às doenças e a sua sobrevivência. Os elementos desse ambiente que podem ser controlados incluem: temperatura, umidade, circulação de ar, oxigênio, luz e nível sonoro (BRASIL, 2002).

O uso das incubadoras nos berçários permitiu ao RN de alto risco: proteção térmica, isolamento e uma completa observação visual propiciando-lhe condições de termo-regulação e atendimento às suas

¹ Aluno de Curso de Engenharia Elétrica, Depto. de Engenharia Elétrica, UFPG, Campina Grande, PB, E-mail: renato.freitas@ee.ufcg.edu.br

² Aluno de Curso de Engenharia Elétrica, Depto. de Engenharia Elétrica, UFPG, Campina Grande, PB, E-mail: roniere.silva@ee.ufcg.edu.br

³ Engenheiro Eletricista, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia Elétrica, UFPG, Campina Grande, PB, E-mail: rscsfreire@dee.ufcg.edu.br

necessidades de calor. O ar inspirado pelo RN na incubadora é filtrado, o que diminui o risco de infecção transportada pelo ar (ARONE, 1995).

Os estudos de Silverman (1964) o levaram a concluir que RN tratados em incubadoras aquecidas e umidificadas por convecção a 32°C tiveram maior taxa de sobrevivência que aqueles tratados em incubadoras a uma temperatura de 29°C.

Realizaram-se testes com incubadora, onde foram observados ou testados parâmetros tais como: temperatura, umidade, nível sonoro e velocidade do ar, que detectaram que as incubadoras neonatais trabalham com parâmetros fora da faixa estabelecida pela norma NBR IEC 601-2-19 (COSTA, 2003).

O desenvolvimento de técnicas e equipamentos para aquisição de dados em incubadoras neonatais que possam avaliar se os parâmetros de interesse estão dentro da faixa estabelecida pela norma é o que vem motivando este e outros trabalhos.

Com esse projeto pretende-se desenvolver um sistema de aquisição de dados para acompanhamento de recém-nascidos prematuros. Os parâmetros a serem monitorados são: temperatura em posições pré-definidas pela norma, umidade relativa, nível de ruído e concentração de oxigênio. O sistema para processamento dos sinais adquiridos também deverá ser desenvolvido, bem como a interface de comunicação com computador para transferência de resultados e as interfaces computacionais gráficas para visualização dos dados no computador.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Instrumentação e Metrologia Científicas Departamento de Engenharia Elétrica no Centro de Engenharia Elétrica e Informática da Universidade Federal de Campina Grande – PB.

Neste tópico vão-se descrever os materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento de um equipamento de aquisição de dados para acompanhamento de recém-nascidos prematuros.

As medições das grandezas de interesse devem ser feitas em pontos pré-definidos (Figura 1) pela norma para acompanhamento de recém-nascidos prematuros.

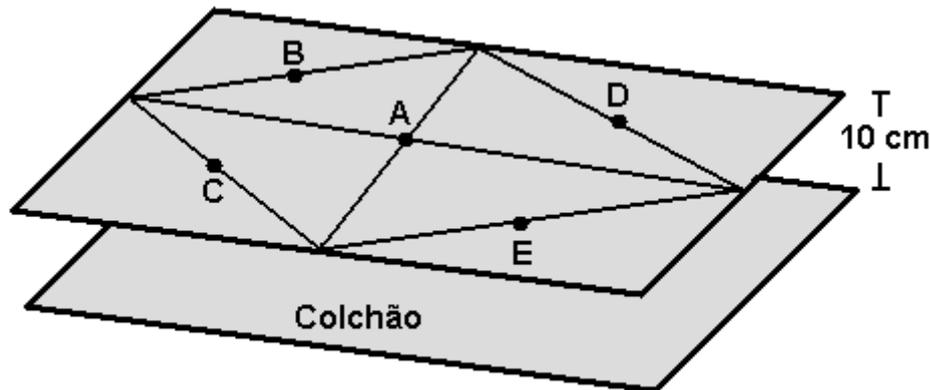


Figura 1: Pontos para medir a temperatura do ar e umidade relativa.

A umidade relativa do ar, a concentração de oxigênio dissolvido e nível de ruído devem ser medidas no ponto A. Nos próximos tópicos apresenta-se a arquitetura e os elementos do sistema de aquisição de dados (SADA) desenvolvidos nesta pesquisa, com uma breve exposição de cada um de seus elementos e a sua respectiva função dentro da arquitetura do sistema. Todos os locais indicados na Figura 1, ou seja, de A a E, estão em um plano paralelo ao colchão do RN e a uma distância de 10 cm dele, como é recomendado pela norma.

Diagrama de blocos do sistema

O equipamento desenvolvido foi denominado Sistema de Aquisição de Dados (SADA), como supracitado, e se baseia no microcontrolador PIC18F4520 (MICROCHIP, 2005) que contém 13 canais de módulos conversores de Analógico para Digital (A/D). A Figura 2 ilustra o diagrama em blocos do sistema.

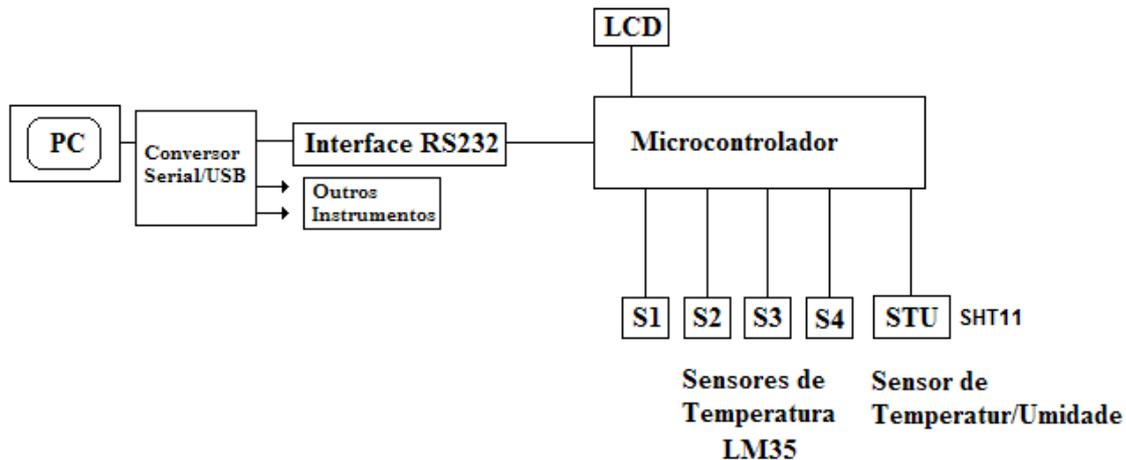


Figura 2: Diagrama em blocos do Sistema de Aquisição de Dados (SADA).

A Figura 2 ilustra a arquitetura geral do sistema. Cada um desses blocos é discutido nas seções posteriores.

Bloco sensores

As grandezas físicas de interesse neste caso são: temperatura e umidade. Deste modo, é necessária para a medição a utilização de elementos capazes de receber a energia referente a estes diferentes tipos de grandeza física, e convertê-las em uma forma de energia manipulável pelos circuitos eletrônicos (transdutor), ou seja, na quantidade elétrica de interesse e que será manipulada pelo bloco do sistema de aquisição de dados. Esse trabalho foi realizado pelo bloco “sensores”.

O bloco “sensores” é composto pelos sensores de temperatura LM35 e umidade relativa do ar e temperatura SHT11 (Figura 3).

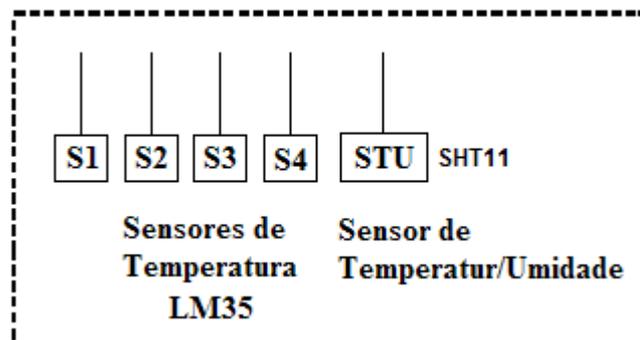


Figura 3: Elementos do bloco Sensores.

Para a função de medir temperatura no ponto A (Figura 1) foi utilizado o sensor SHT-11 (SENSIRION, 2005) que possui conversor de 14 bits de analógico para digital, interface serial no mesmo circuito integrado e também não é sensível a luz. Produz uma saída digital calibrada de Temperatura e Umidade em uma única pastilha (possui memória de calibração de fábrica, ilustrada na Figura 4) para a temperatura e umidade relativa do ar (SENSIRION, 2005). As suas principais características estão listadas no Quadro 1.

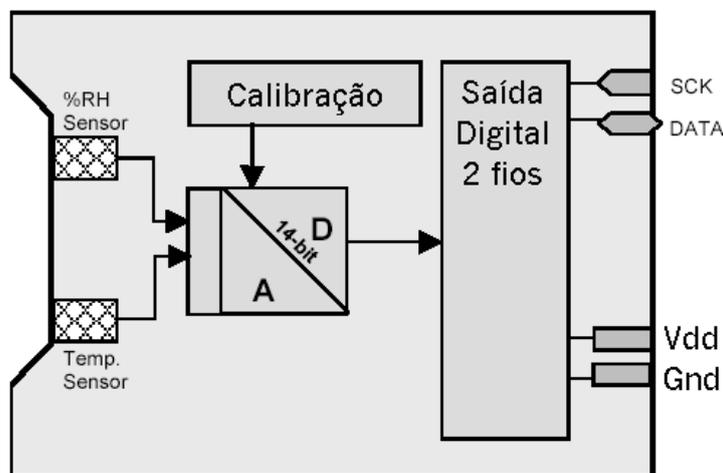


Figura 4: Diagrama interno do SHT11.

Este sensor possui quatro pinos, dois de alimentação, uma linha de dados bi-direcional (DATA) e uma de sincronismo (SCK). A linha de dados foi utilizada para transferir a informação para o microcontrolador. A linha de sincronismo foi utilizada para sincronismo entre o SHT11 e o microcontrolador. O sensor fornece pela linha de dados a medida de temperatura e umidade na forma digital por um protocolo 2-wire de comunicação serial.

Cada sensor foi calibrado na fábrica em uma câmara de umidade de precisão e os coeficientes de calibração são programados em uma memória onboard da pastilha evitando ajustes adicionais e ajudarão na calibração dos outros quatro sensores de temperatura, além disso, um checksum (8 bit) gerado pelo próprio chip é usado para confiabilidade adicional. Esta verificação de redundância cíclica é calculada sobre uma transmissão completa do SHT11. Se uma falha é detectada durante a verificação, o SHT11 deve ser reiniciado e medida deve ser repetida.

Parâmetro	Condições	Min	Típico	Max	Unidade
Umidade					
Resolução		0.5	0.03	0.03	%U.R
		8	12	12	bit
Exatidão	20 a 80	± 3	± 3	± 3	%U.R
Faixa		0		100	%U.R
Temperatura					
Resolução		0.04	0.01	0.01	°C
		12	14	14	bit
Exatidão	20 a 40	± 0.4	± 0.5	± 0.6	°C
Faixa		-40		123.8	°C

Quadro 1: Principais características do sensor de temperatura e umidade relativas SHT11.

Como o projeto tem com um de seus objetivos o baixo custo e o sensor SHT11 tem um valor relativamente alto, para registrar a temperatura simultaneamente nas 4 diferentes posições restantes (Figura 1), outro sensor foi acrescentado a este bloco, o LM35 (Semicondutor Nacional). Este sensor adicional é aproximadamente 10 vezes mais barato que o SHT-11 e foi utilizado para medir a temperatura nos pontos B, C, D, E.

O sensor LM35 foi calibrado diretamente em °Celsius (Centígrado) e produz um fator de escala linear de +10 mV/°C, no qual cada 0,01 V corresponde a 1°C (NATIONAL, 2004). Na faixa de interesse, de 20°C a 40°C, a variação de tensão é de 200 mV.

Nas Figuras 5 e 6 são ilustradas com maiores detalhes as conexões físicas entre os sensores SHT11, LM35 e o microcontrolador utilizado.

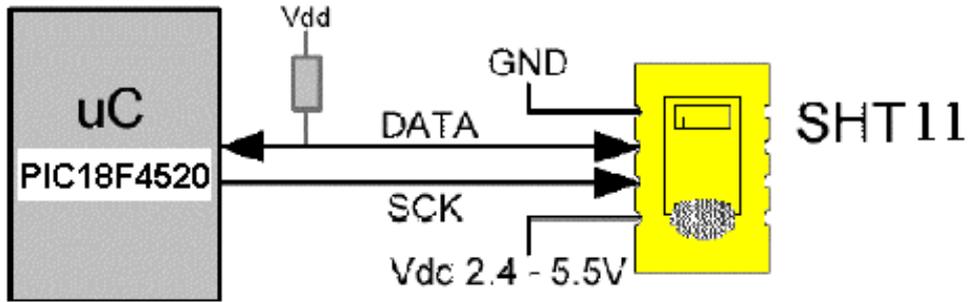


Figura 5: Circuito utilizado para conexão física do sensor ao microcontrolador.

O sensor SHT11 possui quatro pinos, dois de alimentação, uma linha de dados e uma linha de sincronismo. O sensor fornece pela linha de dados a medição da temperatura e umidade na forma digital por meio de um protocolo de comunicação serial. Para a correta efetivação do processo de comunicação entre o sensor e o microcontrolador visando o processo de medição e leitura da umidade e temperatura é necessário que se obedeça a uma seqüência de comandos pré-determinados pelo fabricante do sensor. A detecção de erros nos dados transferidos também é realizada pelo protocolo.

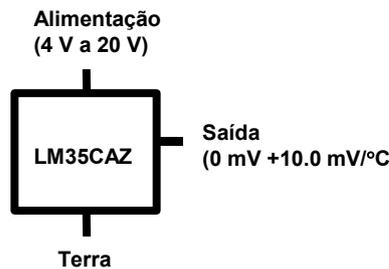


Figura 6: Circuito utilizado para conexão física do sensor ao microcontrolador.

A saída do sensor LM35 pode ser ligada diretamente ao A/D do microcontrolador, e na faixa de interesse do sistema desenvolvido, de 20°C a 40°C, a variação de tensão é de 200 mV, mas para aproveitar melhor a resolução do conversor A/D do microcontrolador e diminuir a influência dos ruídos do ambiente, foi dado um ganho de 10, utilizando um amplificador operacional na configuração não inversora, e a escala ficou como apresentada na Figura 7, logo na entrada do microcontrolador temos uma fator de escala de 100mV/°C.

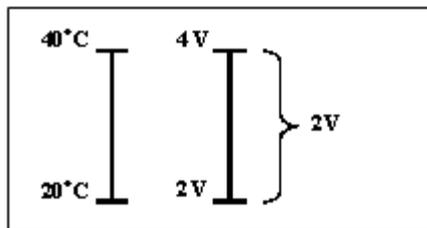


Figura 7: Escalas de interesse do LM35

Bloco microcontrolador e interface rs232

Para a aquisição dos sinais que vem dos sensores foi utilizado um microcontrolador da família PIC, com 32 kbytes (para memória de programa), 1536 bytes (para memória de dados), 256 bytes de memória de programa apagável, uma avançada porta endereçável USART (modo de operação no padrão EIA-232), 4 temporizadores/contadores de 16 bits, um conversor analógico/digital (AD) de 10 bits com treze entradas multiplexadas, 36 portas de entrada e saída de 8 bits adicional, uma porta de entrada de 8 bits compartilhada com as entradas analógicas do AD.

Os microcontroladores PIC18FXX20 possuem memória de programa FLASH e podem ser reprogramados com baixas tensões sendo ideais para aplicações de segurança e sensoriamento remoto, para comando de motores e aplicações automotivas de alta velocidade de processamento (MICROCHIP,

O microcontrolador possui uma interface serial bi-direcional (modo de operação no padrão EIA-232) para transferência dos dados armazenados ou configuração do modo de operação (no modo de coleta ou teste respectivamente) ao microcomputador e deste para o microcontrolador. A conversão dos níveis do padrão TTL para EIA-232 foi realizada pelo circuito integrado (CI) MAX232. O nível lógico '0' é convertido em uma tensão entre +5V e +15V e o nível '1' em uma tensão entre -5V e -15V.

Nesta implementação foi utilizado o CI MAX232 (da Maxim). Ele inclui um circuito de "charge pump" capaz de gerar tensões de +10 volts e -10 volts a partir de uma fonte de alimentação simples de +5 volts, bastando para isso alguns capacitores externos, conforme ilustrado na Figura 8. Este CI também tem 2 receivers e 2 drivers no mesmo encapsulamento. Nos casos em que serão implementados somente as linhas de transmissão e de recepção de dados, não seria necessário 2 chips e fontes de alimentação extras.

As tensões de alimentação (-12 V, +5V, +12) do bloco do SADA e do bloco de condicionamento dos sensores são obtidas pelos reguladores de tensão 7812, 7912 e 7805 (Figura 9).

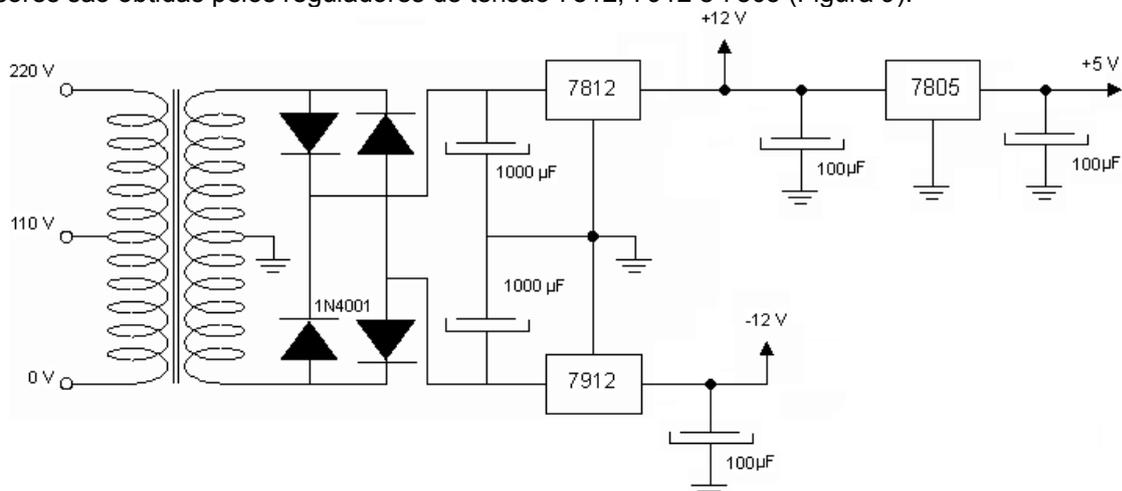


Figura 9 : Circuito da Fonte de alimentação do SA

Programa do microcontrolador

O programa do microcontrolador foi desenvolvido em linguagem 'C' utilizando um compilador CCS. A rotina realizada pelo programa iniciar o contador do WATHDOG que reiniciará o programa se o mesmo não retomar ao ponto apropriado da rotina em um determinado tempo pré-estabelecido. Em seguida foi feita a leitura de uma das entradas analógicas, essa leitura é repetida 10 vezes e feito uma média inicial, logo após as outras portas do conversor A/D, na qual os outros sensores estão são lidas. Dessas leituras são calculadas médias ponderadas a partir da média inicial com peso de 70% mais o valor da leitura atual da porta com peso de 30% e enviadas para o microcomputador. A partir disto foi tomada como nova média a última média enviada para o microcomputador por meio da porta serial. Na continuidade existe uma sub-rotina que faz a leitura do sensor de umidade e temperatura SHT-11, enviou para o microcomputador por meio da porta serial e por fim o contador do WATHDOG é reiniciado e o programa recomeça.

O fluxograma do programa desenvolvido para o microcontrolador é ilustrado na Figura 10.

O software de aquisição de dados (SADA) desenvolvido trata-se um programa de computador que tem a função de receber os dados que vem do microcontrolador pela porta serial e apresentá-los para o usuário, além de armazenar os dados em um banco de dados.

A idéia para desenvolvimento deste software surgiu a partir da necessidade de se controlar o tempo de aquisição das informações, incluir informações de horário, datas e altura dos sensores, pois são informações relevantes para o estudo e tratamento dos dados, além de proporcionar recursos para o controle de umidade.

O software foi desenvolvido em Linguagem Delphi, os dados obtidos foram armazenados em um banco de dados e após a aquisição, foram gravados em um arquivo com extensão "xls".

Na figura 11 é ilustrada a interface do programa, observa-se os campos destinados as configurações iniciais antes de se iniciar a conexão para a captura dos dados.

Depois de configurar cada campo, o ícone "Gravar" foi acionado para se concluir a configuração, em seguida o botão "Iniciar Conexão" foi ativado para que seja iniciada a captura dos dados vindos pela serial. No momento em que a conexão é iniciada, surge um ícone "Parar Conexão", que serve para que a conexão com o protótipo seja cancelada, cancelando assim a aquisição.

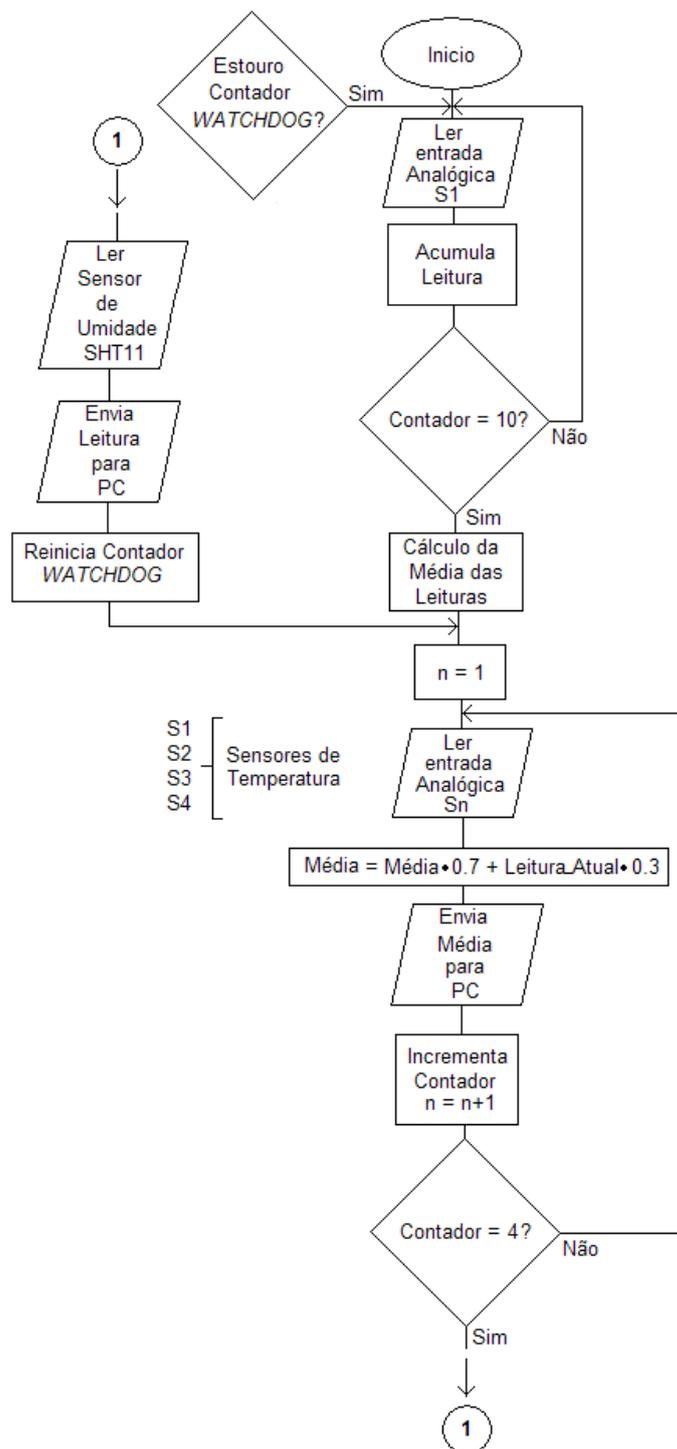


Figura 10 : Fluxograma do firmware do microcontrolador

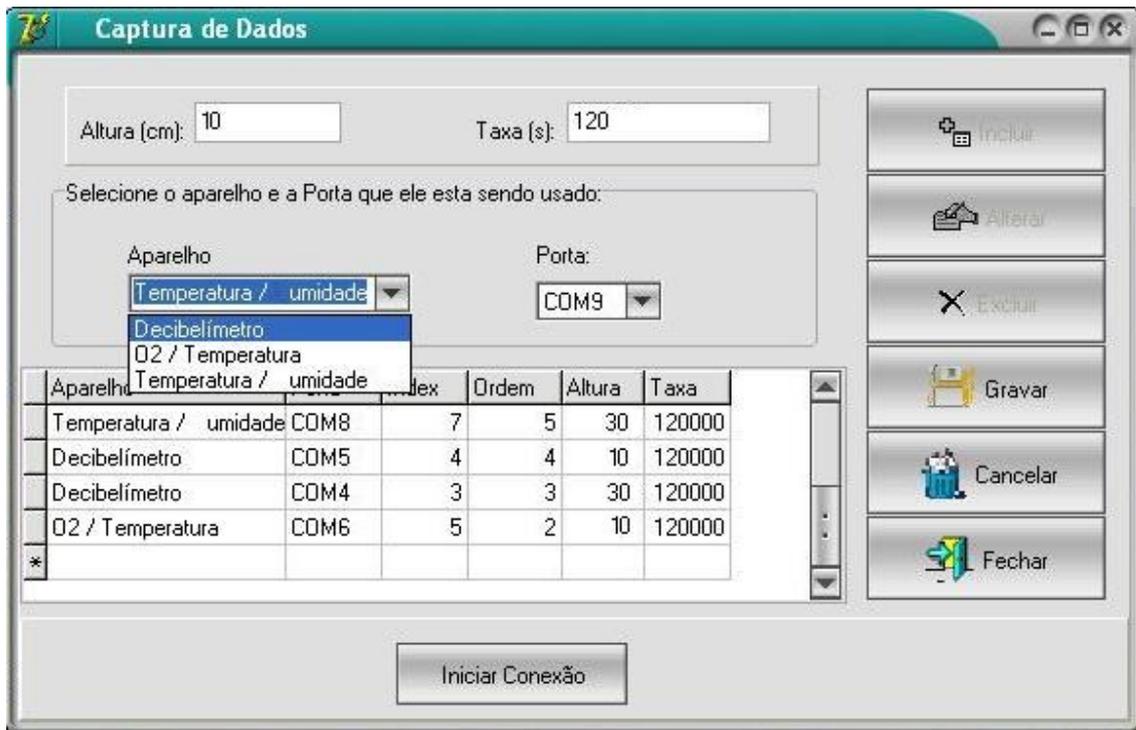


Figura 11: Interface do programa de aquisição.

Na figura 12 são ilustradas as palavras obtidas dos sensores em codificação ASCII, por um terminal de comunicação com a porta serial.

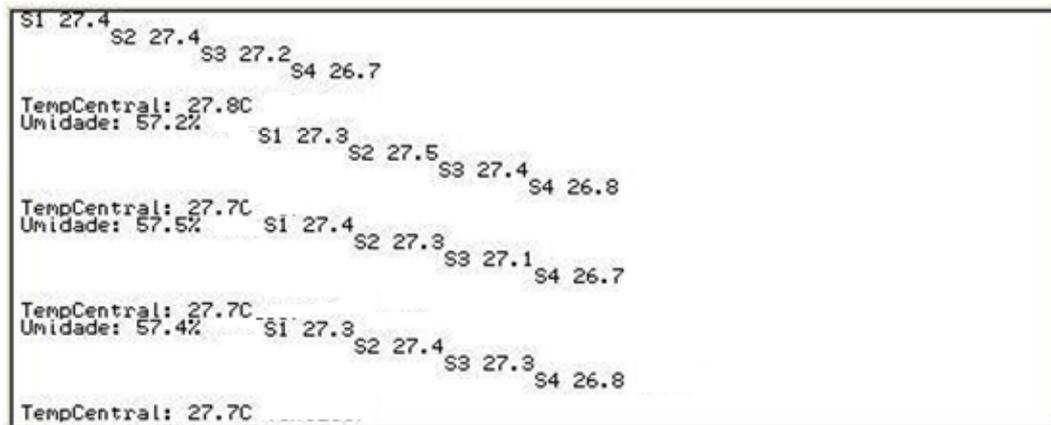


Figura 12: Interface do programa.

O SADA recebe a palavra enviada e armazena apenas os dados numéricos, colocando em ordem cada informação, reconhecendo os dígitos de Início e de Fim (Palavra Inicial e final), neste caso a palavra inicial para o valor do sensor um é o S1 e a palavra final o S2, sendo o S2 quem por sua vez inicia a informação para o sensor dois, e assim sucessivamente. Para o caso da informação ser interrompida sem formar a palavra completa, ou seja, sem obter a informação de S1 (palavra inicial) e o símbolo de % (palavra final), o dado não é armazenado. Caso a informação esteja completa, é armazenado além dos dados enviados, a altura, o horário e a data.

A interface do banco de dados desenvolvida é apresentada na figura 13.

CODIGO	S1	S2	S3	S4	TEMPERATURA	HUMIDADE	DATA_HORA
39	36,6	37,5	37,5	36,6	35,8	58,1	14/8/2008 19:03:43
40	36,6	37,2	37,3	37,8	34,7	61,3	14/8/2008 19:03:44
41	37	37,2	37,4	36,7	35,8	58	14/8/2008 19:05:42
42	37	37,3	37,2	38	34,6	61,2	14/8/2008 19:05:43
43	36,9	36,9	36,7	37,2	34,6	61,3	14/8/2008 19:07:42
44	36,6	37,2	37,7	36,8	35,7	58	14/8/2008 19:07:47
45	36,5	37,3	37,8	36,7	35,8	58,1	14/8/2008 19:09:46
46	36,6	37	37,2	37,4	34,6	61,2	14/8/2008 19:09:47
47	36,8	37,5	37,8	36,6	35,7	58	14/8/2008 19:11:46
48	36,6	36,7	36,8	37,5	34,6	61,2	14/8/2008 19:11:46
49	37	37,2	37,5	37,7	34,6	61,1	14/8/2008 19:13:45
50	36,9	37,6	37,8	37,1	35,7	57,9	14/8/2008 19:13:45
51	36,6	36,9	37,2	37,6	34,6	61,1	14/8/2008 19:15:44
52	36,4	37,4	38,4	36,9	35,8	57,9	14/8/2008 19:15:44
53	36,9	37,3	36,8	37,6	34,5	61,2	14/8/2008 19:17:43
54	37	37,3	37,8	37	35,8	57,9	14/8/2008 19:17:43
55	36,6	37,3	38,2	37,1	35,8	57,8	14/8/2008 19:19:42
56	37	37	37,1	37,7	34,6	61,1	14/8/2008 19:19:47
57	36,8	37,1	37,3	37,6	34,5	60,9	14/8/2008 19:21:46
58	36,7	37,2	37,9	36,8	35,8	57,8	14/8/2008 19:21:47
59	36,8	36,7	37,1	37,5	34,6	61	14/8/2008 19:23:45
60	37	37,2	38	37,2	35,7	57,8	14/8/2008 19:23:46
61	37	37	37	37,3	34,6	61	14/8/2008 19:25:44
62	36,7	37,5	37,7	37	35,8	57,8	14/8/2008 19:25:46
63	36,5	36,8	37,1	37,8	34,6	60,9	14/8/2008 19:27:43
64	36,6	37,4	38,3	37,3	35,8	57,7	14/8/2008 19:27:45
65	36,7	37	37,2	38	34,6	61	14/8/2008 19:29:42
66	37,1	37,7	38,3	37,1	35,8	57,8	14/8/2008 19:29:44
67	36,8	37,2	38	36,7	35,8	57,7	14/8/2008 19:31:43
68	36,7	36,8	37,1	37,6	34,5	60,9	14/8/2008 19:31:47
69	36,9	37,5	37,9	37,1	35,7	57,7	14/8/2008 19:33:42
70	36,8	37	37	37,7	34,6	61	14/8/2008 19:33:46

Figura 13: Interface do banco de dados.

No campo “Taxa (s)” (Figura 14) é configurado o intervalo entre as aquisições. O SADA foi configurado para com esse valor realizar a contagem de tempo, assim que terminada a contagem, o microcomputador libera as portas de comunicação para colher a primeira palavra “completa que for enviada pelo protótipo”, e inicia uma nova contagem.

Figura 14: Campo de configuração da taxa de aquisição.

O valor colocado para altura (Figura 15) indica a altura em que cada sensor foi instalado, se tomando como base o colchão da incubadora. O valor para altura é inserido direto no banco de dados, já que foi definido previamente.

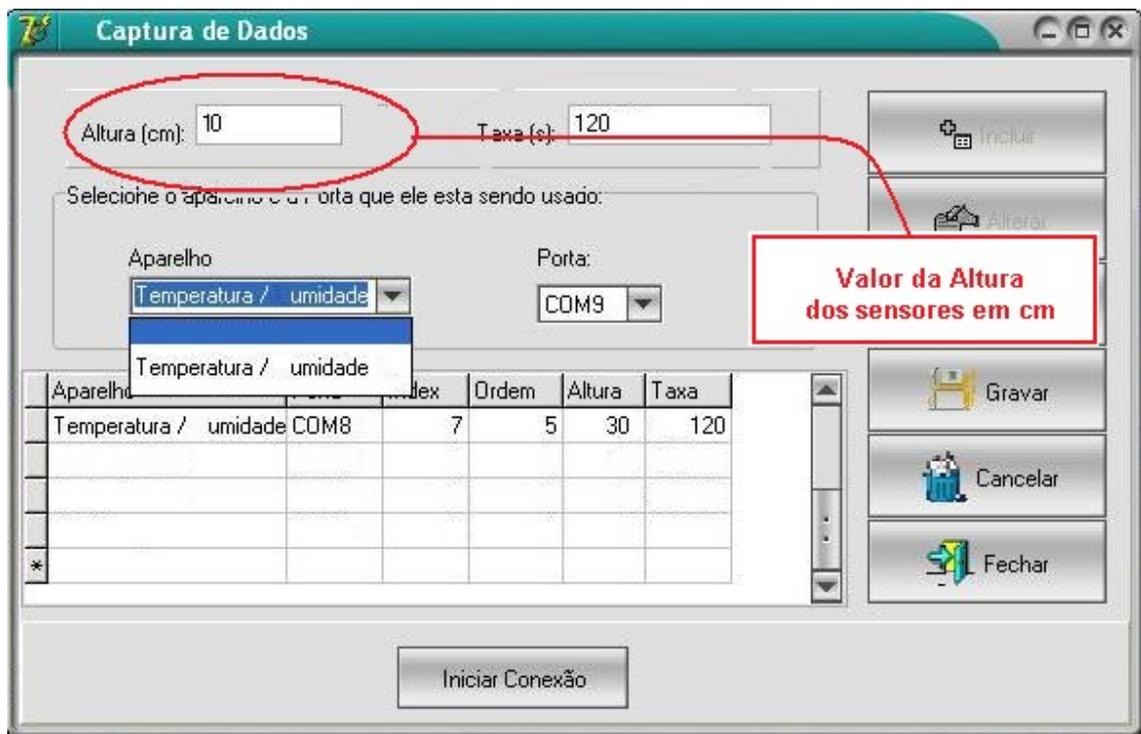


Figura 15: Campo de configuração da altura dos sensores.

Após a conclusão da aquisição, pode ser desenvolvido um relatório contendo todas as informações obtidas.

Na janela do relatório (Figura 16) se ajusta o período de aquisição desejado. Logo em seguida se gera uma planilha com todos os dados. A planilha é gerada no editor de planilhas que tiver instalado no computador, podendo ser editada posteriormente, para o nosso caso a planilha utilizada foi o Excel do pacote da Microsoft Office. Para se criar a planilha basta clicar no botão “Exportar”.

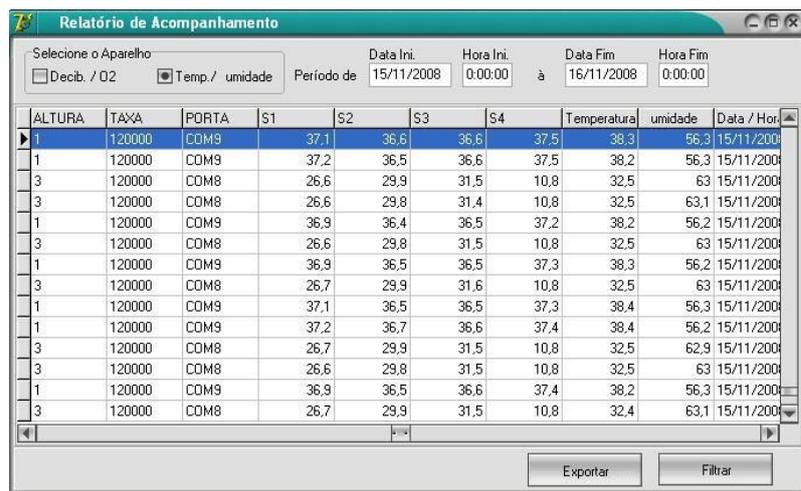


Figura 16: Janela para emissão de relatório.

O fluxograma do SADA é ilustrado na Figura 17, são apresentadas as principais funções para realização desta rotina.

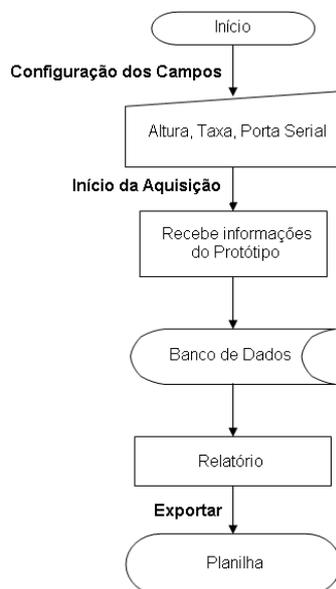


Figura 17: Fluxograma do SADA.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a montagem dos instrumentos, a calibração foi feita por comparação, em seguida os sensores foram colocados nas devidas posições como estabelecido pela norma e os primeiros teste nas incubadoras neonatais começaram a ser realizados (Figura 11).

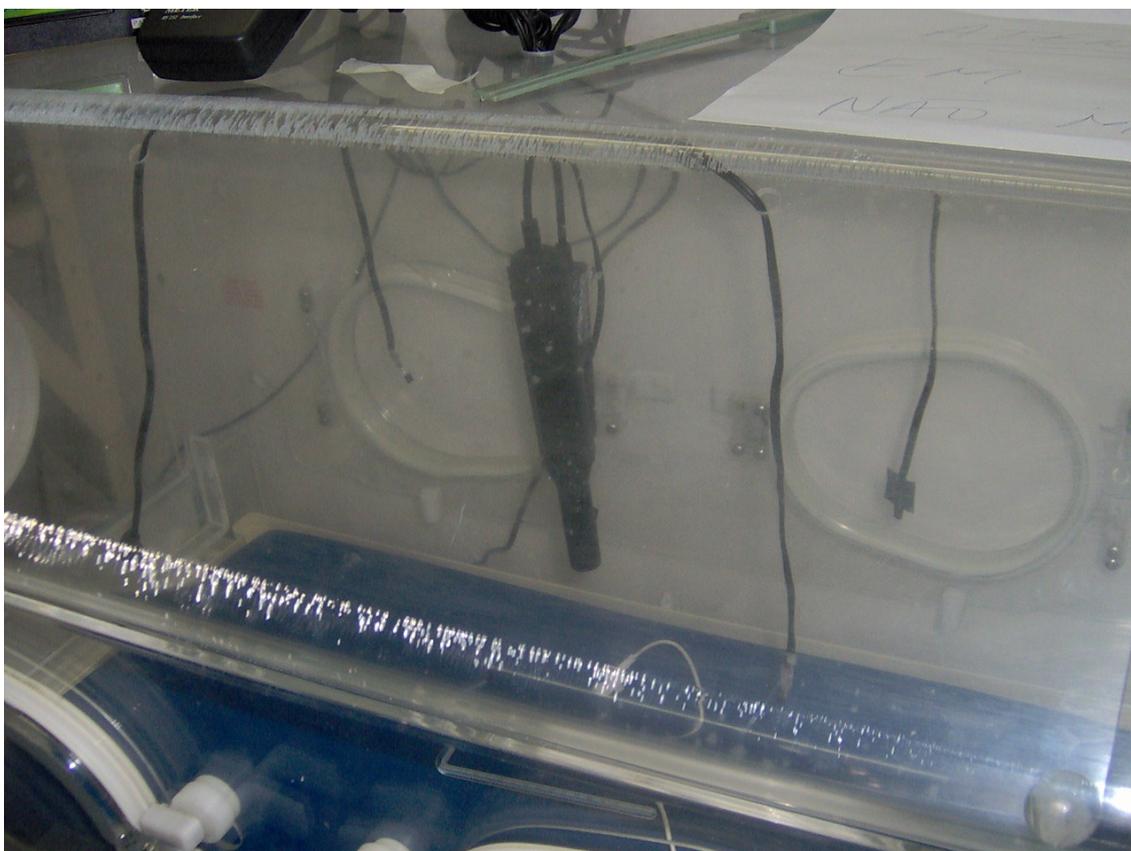


Figura 11: Posições dos sensores na incubadora

Em princípio os testes foram realizados sem o RN e com a incubadora sem água em seguida foram realizados testes com água. O próximo passo será realizar testes na incubadora com água e com a umidade sendo controlada entre 40% e 60%.



Figura 12: Sistema de aquisição de dados com controle de umidade.

Os dados foram adquiridos no Centro Integrado de Saúde Amaury de Medeiros sob a orientação e coordenação do Professor José Enilson do Centro Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco.

No princípio os dados foram obtidos de uma incubadora sem RN com o objetivo de verificar o funcionamento do protótipo e os riscos em que o RN estaria submetido.

A taxa de aquisição dos dados foi de dois minutos. Este valor foi determinado pelo fato de que a temperatura e umidade não apresentarem variações muito bruscas neste intervalo.

Foram realizadas várias medições durante 4 dias para cada experimento com início as 6 horas e término as 18 horas.

No quadro 2 são apresentados os resultados do tratamento matemático das medidas de temperatura e umidade adquiridas no interior da incubadora.

	Temperatura (C)	Umidade Relativa (%)
Mínimo	33,30	35,10
Máximo	37,40	52,60
Média	35,40	42,59
Desvio Padrão	1,44	5,48

Quadro 2: Resultados do tratamento matemático das medidas de temperatura e umidade adquiridas no interior da incubadora sem água no reservatório.

No quadro 3 são apresentados os resultados do tratamento matemático das medidas de temperatura e umidade adquiridas no interior da incubadora com água no reservatório, mas sem o controle de umidade.

	Temperatura (C)	Umidade Relativa (%)
Mínimo	31,90	64,10
Máximo	37,30	76,90
Média	34,59	69,32
Desvio Padrão	1,81	4,65

Quadro 3: Resultados do tratamento matemático das medidas de temperatura e umidade adquiridas no interior da incubadora com água no reservatório, mas sem o controle de umidade.

No quadro 4 são apresentados os resultados do tratamento matemático das medidas de temperatura e umidade adquiridas no interior da incubadora com água no reservatório e com o controle de umidade.

	Temperatura (C)	Umidade Relativa (%)
Mínimo	34,90	45,10
Máximo	37,30	52,00
Média	36,07	48,49
Desvio Padrão	1,11	2,99

Quadro 4: Resultados do tratamento matemático das medidas de temperatura e umidade adquiridas no interior da incubadora com água no reservatório e com o controle de umidade.

Baseado nos dados do quadro 2, caso em que o reservatório estava sem água, torna-se evidente que a umidade dentro da incubadora estava abaixo da faixa (40% - 60%) recomendada pela norma (NBR IEC 601-2-19).

Baseado nos dados do quadro 3, caso em que o reservatório estava com água, mas sem o controle de umidade, torna-se evidente que a umidade dentro da incubadora estava acima da faixa recomendada pela norma (NBR IEC 601-2-19).

Finalmente baseados nos dados do quadro 4, caso em que o reservatório estava com água e com o sistema de controle de umidade, torna-se evidente que o sistema de controle manteve a umidade dentro da faixa recomendada pela norma (NBR IEC 601-2-19).

CONCLUSÕES

Embora não tenhamos conseguido realizar ainda todos os testes previstos podemos concluir que o Sistema de Aquisição de Dados desenvolvido apresentou um desempenho satisfatório, pois além da precisão obtida foi possível realizar um número relativamente alto de medidas e armazenamento dessas informações no microcomputador sem a necessidade de uma pessoa especializada ter que acompanhar o processo durante todo o tempo diminuindo a possibilidade de possíveis erros sistemáticos na aquisição dos dados.

Por meio deste trabalho pode-se ratificar que o Sistema de Aquisição de Dados para incubadoras neonatais que possibilite o acompanhamento de RN prematuro ou RN abaixo do peso, com custo baixo, boa eficiência e precisão é factível e de grande importância, pois o monitoramento destas grandezas é necessário para o estudo e possíveis melhoramentos do ambiente das incubadoras neonatais.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR IEC 60601-1-1. **Equipamento eletromédico – Parte 1.1: Prescrições gerais para segurança – Norma colateral: Prescrições de segurança para sistemas eletromédicos.** ABNT, Rio de Janeiro - RJ, 2004.

ABNT NBR IEC 60601-2-19. **Equipamento eletromédico – Parte 2: Prescrições particulares para segurança de incubadoras para recém-nascidos.** ABNT, Rio de Janeiro - RJ, 2000.

ARONE, E. M.. **Variações da umidade relativa no microclima de uma incubadora.** Casa de Edição, São Paulo: FANEM LTDA, 1995.

AVERY, G. B. **Neonatologia: Fisiopatologia e Tratamento do Recém-Nascido**, 4ª ed.: Editora MEDSI, 1999.

BENTLEY, J.P. (1984), **Temperature sensor characteristics and measurement system design.** J.Phys. E: Sci. Instrument, V.17, p. 430-439.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Gestão de Investimentos em Saúde. Projeto REFORSUS. **Equipamentos Médico-Hospitalares e o Gerenciamento da Manutenção: Capacitação à distância.** Brasília-DF, 2002.

BUTTON, V.L.S.N (2001), **Incubadoras, Instrumentação Biomédica**, Departamento de Engenharia Biomédica FEEC/UNICAMP.

- CLOHERTY, J. P.; STARK, A. R. **Manual de Neonatología**, 4ª ed.: Editora MEDSI, 2000.
- COSTA, Enilson José Lima; **Desenvolvimento de um Sistema de Teste, Manutenção e Calibração de Incubadoras Neonatais**. Brasil, 2003.
- ELNATAN, Chagas Ferreira, **Curso IE-763 Sensores e condicionamento de Sinais**, Departamento de Eletrônica e Microeletrônica – Demic, Campinas-SP, 2005.
- FANEM LTDA, **Manual do usuário incubadora microprocessada C186 TS/TS e C186 TS/ST**, São Paulo, 2000.
- GUYTON, Arthur C.. **Tratado de fisiologia médica**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992.
- IAIONE, Fábio. **Desenvolvimento de equipamento eletrônico para ensaio de incubadoras infantis**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.
- LIRA, J. G. A., **Medidor digital de umidade e temperatura baseado em microcontrolador**, Relatório de Projeto e Pesquisa, Campina Grande, 2004.
- MATEUS, C. A., **“C++ Builder 5”**, São Paulo, Érica, 2003.
- PEREIRA, Fábio, **Programação em C**, São Paulo, Érica, 2003. 3ª edição.
- RICHARD C., Lussy. **A Century of Neonatal Medicine**. Minnesota Medical Association. vol. 82. dec, 1999.
- RUBENS, Alexandre de Faria. **Desenvolvimento de uma Incubadora Neonatal Microprocessada de acordo com a Norma Técnica NBR – IEC – 601 – 02 – 19** Curitiba, 2001.
- SANTOS, Marcelo S. M dos, FREIRE, R. C. S., SILVA, J. F. (2006), **Sistema de Aquisição de Dados de Acesso Remoto para Acompanhamento de Recém-Nascidos Prematuros**, XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA, 22 – 26 de Outubro, 2006, São Pedro-SP, Brasil.
- SEARS, Francis Weston & ZEMANSKY, Mark W.. **Física - volume 2 – calor-ondas-ótica**. Rio de Janeiro : Livros Técnicos e Científicos, 1977.
- SEDRA, Smith, **Microeletrônica**, quarta edição, Dezembro 2001