

Monografia de Graduação

Estudo de um sistema de aquisição de dados utilizado na grandeza temperatura e desenvolvimento do procedimento para qualificação e validação de estufas, refrigeradores e salas de estabilidade.

André Lopes César

Natal, agosto de 2011.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - UFRN
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

ANDRÉ LOPES CÉSAR

**ESTUDO DE UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS UTILIZADO
NA GRANDEZA TEMPERATURA E DESENVOLVIMENTO DO
PROCEDIMENTO PARA QUALIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO DE
ESTUFAS, REFRIGERADORES E SALAS DE ESTABILIDADE.**

**NATAL
2011**

ANDRÉ LOPES CÉSAR

**ESTUDO DE UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS UTILIZADO NA
GRANDEZA TEMPERATURA E DESENVOLVIMENTO DO PROCEDIMENTO
PARA QUALIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO DE ESTUFAS, REFRIGERADORES E
SALAS DE ESTABILIDADE.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Formação Profissional em Engenharia Mecânica.

ORIENTADOR: Prof.º MSc. Luiz Pedro de Araújo

CO-ORIENTADOR: Prof.º Walter Link

**NATAL
2011**

ANDRÉ LOPES CÉSAR

**ESTUDO DE UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS UTILIZADO NA
GRANDEZA TEMPERATURA E DESENVOLVIMENTO DO PROCEDIMENTO
PARA QUALIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO DE ESTUFAS, REFRIGERADORES E
SALAS DE ESTABILIDADE.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Universidade Federal do Rio
Grande do Norte – UFRN, como parte dos
requisitos para a obtenção do título de
Formação Profissional em Engenharia
Mecânica.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof.º MSc. Luiz Pedro de Araújo
(Orientador)

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

Prof.º Walter Link
(Co-orientador)

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

Prof.º DSc. Francisco de Assis Oliveira Fontes
(Membro Interno)

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

AGRADECIMENTOS

Dedico em primeiro e exclusivo lugar a Deus, nosso Senhor, que me agraciou com a vida e me abriu as portas para o conhecimento. Agradeço pelas vidas que fazem parte da minha vida e pela misericórdia que ele tem por todos nós. Concretizar um curso de graduação em engenharia mecânica é viver uma dádiva divina. Aos meus amados e inestimáveis pais, Eliete e Ednildo, que tudo fizeram para tornar esse sonho possível. A minha irmã, Andressa, que sempre esteve ao meu lado me dando força e sendo a minha companheira de estudos, a quem eu aproveito para dedicar a minha aprovação no vestibular. A toda minha família em especial a minha mãe-avó-madrinha, minha amada vovó Rita, por todas as orações a mim dedicadas. A minha eterna namorada, Fernanda, por tudo que representa, pelo instrumento de Deus que se confirma na minha vida. Aos verdadeiros amigos, pela amizade e pela irmandade, que mesmo diante de todas as dificuldades enfrentadas nunca me abandonaram, Alex, Francisco Jonas, Kletson, Luiz Henrique, Thalís e aos meus mestres Luiz Pedro e Walter Link.

Meu sincero e profundo agradecimento ao Laboratório de Metrologia da UFRN, representado pela ilustre pessoa do amigo Luiz Pedro de Araújo, que me recebeu de braços abertos, ainda como voluntário, me abrindo as portas da pesquisa acadêmica. Registro também o meu agradecimento ao Programa de Recursos Humanos da Agência Nacional de Petróleo/Petrobras – ANP/PRH14, representado pelo Núcleo de Pesquisa em Petróleo e Gás – NUPEG, que subsidiou minha pesquisa durante todo o seu desenvolvimento. O corpo técnico do laboratório se tornou uma família, a quem eu quero demonstrar a minha gratidão, Ailton, Alex, Luiz Henrique, Luiz Pedro, Raiff, Sanje, Walter Link e todos os meus amigos bolsistas, Igor Lopes, Kletson e Tiago.

Aos meus orientadores Walter Link e Luiz Pedro, por toda paciência, disponibilizando tanto do seu tempo a esta pesquisa. Ao meu inseparável amigo e irmão Alex Araújo de Souza, que esteve presente comigo durante todo o desenvolvimento, colaborando de maneira indispensável para o sucesso deste trabalho.

André Lopes César

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Escalas de temperaturas.....	12
Tabela 2: Principais líquidos utilizados.....	13
Tabela 3: Principais tipos de termopares.....	15

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de termômetro bimetálico.....	12
Figura 2: Exemplo de detector de temperatura à resistência.....	14
Figura 3: Exemplos de termístores.....	16
Figura 4: Estufa de secagem.....	17
Figura 5: Refrigerador vertical simples (doméstico).....	17
Figura 6: Sala de estabilidade.....	18
Figura 7: Módulo de aquisição e registro FieldLogger I/O.....	19
Figura 8: Conversor isolado USB-i485.....	21
Figura 9: Termoresistores do tipo Pt100.....	22

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	08
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
2.1	Transferência de calor.....	10
2.1.1	Condução.....	10
2.1.2	Convecção.....	11
2.1.3	Radiação.....	11
2.2	Medidores de temperatura.....	11
2.2.1	Termômetros bimetálicos.....	12
2.2.2	Termômetro à dilatação de um líquido em um recipiente de vidro....	13
2.2.3	Detector de temperatura à resistência.....	13
2.2.4	Termopares.....	14
2.2.4	Termístores.....	15
2.2.5	Termômetro de radiação.....	16
2.3	Estufas.....	16
2.4	Refrigeradores.....	17
2.5	Salas de estabilidade.....	18
3	METODOLOGIA.....	19
4	PROCEDIMENTO DE INSTALAÇÃO DO SOFTWARE E HARDWARE.....	22
5	PROCEDIMENTO DE UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE E HARDWARE.....	32
6	RESULTADOS E CONCLUSÕES.....	36
	ABSTRACT.....	37
	REFERÊNCIAS.....	38

ESTUDO DE UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS UTILIZADO NA GRANDEZA TEMPERATURA E DESENVOLVIMENTO DO PROCEDIMENTO PARA QUALIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO DE ESTUFAS, REFRIGERADORES E SALAS DE ESTABILIDADE*.

André Lopes César¹

Luiz Pedro de Araújo²

Walter Link²

Resumo: De acordo com a demanda da indústria petrolífera, civil e farmacêutica, surgiu a necessidade de desenvolver um procedimento para qualificação e validação, que viesse a oferecer suporte ao Laboratório de Metrologia, no que se refere à emissão de certificados, e na ampliação de atendimento na grandeza temperatura. Como consequência disso foi desenvolvida uma bancada móvel que viabilizasse o procedimento de maneira a atender os segmentos que exigem a certificação de equipamentos como estufas, refrigeradores e salas de estabilidade. O protótipo é composto por uma bancada móvel contendo um módulo de aquisição e registro, com suporte para até oito sensores térmicos, um conversor isolado USB, um conjunto de termopares K e sensores Pt100, além de um computador portátil para utilização dos softwares de gerenciamento e monitoramento, FieldLogger v1.42 e FieldChart v1.77, adquiridos junto a NOVUS Produtos Eletrônicos, em associação com o Microsoft Excel 2007.

Palavras-Chave: Qualificação. Registrador de dados. Sensores térmicos.

1 INTRODUÇÃO

As estufas nada mais são do que estruturas que acumulam e retêm o calor em seu interior, composta por uma caixa e por uma fonte de calor, estas são utilizadas nas mais variadas indústrias, quer seja petrolífera, civil, na indústria de alimentos ou medicamentos. Em nossa pesquisa trabalhamos com estufas de secagem, na construção civil, e estufas de cultura e de controle bacteriológico na área farmacológica.

Os refrigeradores consistem em armários com prateleiras e portas com função isolante, possuem um compartimento chamado de congelador, onde há a produção do gelo, em nosso caso, trabalhamos com um refrigerador vertical simples.

* Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção de grau de engenheiro mecânico.

1 Graduando em Engenharia Mecânica pela UFRN.

2 Professor Mestre do Curso de Engenharia Mecânica da UFRN.

Os refrigeradores consistem em armários com prateleiras e portas com função isolante, possuem um compartimento chamado de congelador, onde há a produção do gelo, estes têm larga aplicabilidade e muitos modelos disponíveis, industrial, comercial ou residencial, em nosso caso específico, trabalhamos com um refrigerador vertical simples, aplicado também na indústria.

As salas de estabilidade são salas climatizadas especialmente dedicadas a estudos de estabilidade de medicamentos, estas surgiram como uma novidade em meio à pesquisa, todavia foram facilmente enquadradas aos nossos padrões. Todos os mensurandos, ou dispositivos, que foram submetidos à calibração e avaliação, estão localizados no Núcleo de Pesquisa em Alimentos e Medicamentos – NUPLAM, localizado na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, as demais estufas, foram feitas para atendimento da demanda do Laboratório de Metrologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

O objetivo específico no ambiente da produção de medicamentos é de assegurar que os processos de controle bacteriológico atendam os requisitos tecnológicos e científicos. A forma de controle da eficiência é a validação do processo, isto é, validar cada etapa relevante para obter informações sobre o desempenho de cada equipamento. Outra possibilidade de aplicação é verificar a conformidade com a especificação de fabricante.

O processo de validação se baseia em procedimentos operacionais e devem garantir a rastreabilidade da instrumentação utilizada. Esta rastreabilidade deve atender os requisitos das normas ABNT ISO 9000 e ABNT ISO 17025.

Com o desenvolvimento desta bancada móvel será possível determinar o comportamento destas estufas, refrigeradores e das salas de estabilidade, verificando a distribuição de temperatura em seu volume de controle. Serão incluídos no processo de validação questões de extrema importância como: incerteza no processo de medição, determinação gráfica do comportamento e análise dos dados exportados pelo software FieldChart v1.77 e FieldLogger v1.42 diretamente ao Microsoft Excel 2007.

No Microsoft Excel 2007 todos os dados que foram importados serão devidamente avaliados para que seja possível emitir certificados em conformidade, pelo Laboratório de Metrologia da UFRN.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Transferência de calor

A transferência de calor é uma transmissão de energia, calor em trânsito, de uma região para outra, como resultado da diferença de temperatura entre elas. Sendo que essa transferência pode ocorrer por condução, convecção e/ou radiação. Podemos classificar ainda o calor em dois tipos: calor sensível, que provoca apenas variação na temperatura do corpo, e calor latente, que provoca algum tipo de alteração na estrutura física do corpo.

2.1.1 Condução

É uma transferência de calor que ocorre através do contato entre as partículas do corpo em análise. Para entender o processo de condução é necessário entender a aplicação da primeira lei da termodinâmica, imaginando que cada fatia do corpo rígido possui uma espessura que pode ser considerado um sistema, pois a massa de cada fatia é fixa. Aplicando a primeira lei neste sistema e fazendo as devidas operações temos:

$$q_x - q_{x+\Delta x} - w = \frac{\partial E}{\partial t}, \text{ para } E = (\rho A \Delta x)u, \text{ onde } du = cdT,$$

$$q_x = -kA \frac{\partial T}{\partial x}$$

Este é o modelo que descreve a condução, conhecida como lei de Fourier para a condução de calor, onde k é a condutividade térmica e precisa ser determinada experimentalmente.

2.1.2 Convecção

É o processo de transferência de calor executado pelo escoamento de fluido. Sendo que o fluido atua como agente transportador da energia transferida. Esse processo pode ser do tipo laminar ou turbulento, natural ou forçada. Quando se realiza um estudo com convecção é necessário conhecer tanto a distribuição de temperatura na região de escoamento próxima da parede como a distribuição das velocidades nesta região. Assim, as análises da convecção são baseadas não somente nas generalizações da aplicação do princípio de conservação de energia, mas também da conservação da massa e da quantidade de movimento do escoamento. Sendo o modelo matemático abaixo que descreve este tipo de comportamento, onde h é o coeficiente convectivo.

$$q = hA\Delta T$$

2.1.3 Radiação

Para entender a radiação imagine a luz solar. Assim radiação é o processo de transferência de calor que não precisa de um meio para sua transferência. Ocorre em qualquer meio inclusive no vácuo. O modelo matemático é dado por:

$$q_{a-b} = \beta A(T_a^4 - T_b^4), \text{ onde } \beta \text{ é o fator de proporcionalidade.}$$

2.2 Medidores de temperatura

De um modo simples, a temperatura é a medida de quanto um corpo está mais quente ou mais frio que outro. Quanto mais quente um corpo, maior é a sua temperatura e maior é o seu nível de calor (energia). Outra definição simplificada de temperatura se baseia em sua equivalência a uma força acionadora ou potencial que provoca um fluxo de energia em forma de calor.

As principais unidades de temperatura são:

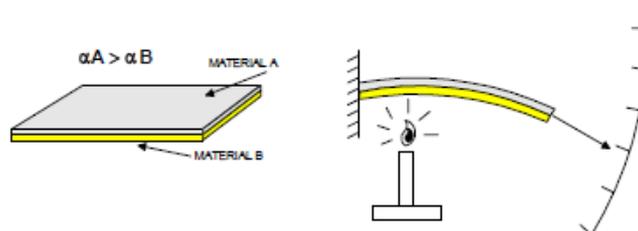
Tabela 1: Escalas de temperaturas.

ESCALAS DE TEMPERATURA		PONTO DE EBULIÇÃO DA ÁGUA	PONTO DE FUSÃO DA ÁGUA	ZERO ABSOLUTO
ESCALAS ABOLUTAS				
Rankine	R	671,67R	491,67R	0
Kelvin	K	373,15K	273,15K	0
ESCALAS RELATIVAS				
Celsius	C	100°C	0°C	-273,15°C
Fahrenheit	F	212°F	32°F	-456,67°F

2.2.1 Termômetros bimetálicos

Baseia-se no fenômeno da dilatação linear dos metais com a temperatura. O termômetro bimetálico consiste em duas lâminas de metais com coeficientes de dilatação diferentes sobrepostas, formando uma só peça e tem exatidão de +/- 1°. Variando-se a temperatura do conjunto, observa-se um encurvamento que é proporcional à temperatura.

Figura 1: Exemplo de termômetro bimetálico.



2.2.2 Termômetros à dilatação de um líquido em um recipiente de vidro

É constituído de um reservatório, cujo tamanho depende da sensibilidade desejada, soldada a um tubo capilar de seção, mais uniforme possível, fechado na parte superior. Após a calibração, a parede do tubo capilar é graduada em graus ou frações deste. Os líquidos mais usados são: mercúrio, tolueno, álcool e acetona.

Tabela 2: Principais líquidos utilizados.

LÍQUIDO	PONTO DE SOLIDIFICAÇÃO (°C)	PONTO DE EBULIÇÃO (°C)	FAIXA DE USO (°C)
Mercúrio	-39	+357	-38 a 550
Álcool etílico	-115	+78	-100 a 70
Tolueno	-92	+110	-80 a 100

2.2.3 Detector de temperatura à resistência

O princípio de medição de temperatura por meio de termoresistores repousa essencialmente sobre a medição da variação da resistência elétrica de um fio metálico em função da temperatura. A relação matemática entre a resistência de um condutor e sua temperatura é dada pela fórmula aproximada:

$$R = R_0 (1 + \alpha T)$$

Onde:

R = resistência a t °C;

R₀ = resistência à 0 °C;

α = coeficiente de variação da resistência do metal com a temperatura;

T = temperatura.

A exatidão dos termoresistores, quando corretamente instalados, é grande e pode atingir a ± 0,01°C. Normalmente as sondas utilizadas industrialmente

apresentam precisão de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Os metais utilizados com maior frequência na confecção de termorresistores são:

PLATINA: (200-600) $^{\circ}\text{C}$ - Ponto de Fusão: 1.774°C .

NÍQUEL: (200-300) $^{\circ}\text{C}$ - Ponto de Fusão: 1.455°C .

COBRE: (200-120) $^{\circ}\text{C}$ - Ponto de Fusão: 1.023°C .

Figura 2: Exemplo de detector de temperatura à resistência.



2.2.4 Termopares

Os termopares são dispositivos de natureza elétrica, com uma extensa aplicabilidade, na medição de temperatura. Esses dispositivos oferecem um baixo custo, e compreendem uma faixa vasta de temperaturas. Oferecem ainda a grande vantagem de serem substituídos sem que sejam inseridos erros relevantes, entretanto possui certa limitação em sua exatidão.

A experiência de SEEBECK demonstrou que em um circuito fechado, formado por dois fios de metais diferentes, colocando dois pontos de junção a temperaturas diferentes, se cria uma corrente elétrica cuja intensidade é determinada pela natureza dos dois metais, utilizados e da diferença de temperatura entre as duas junções.

A seguir são apresentados alguns tipos termopares, os mais utilizados na indústria:

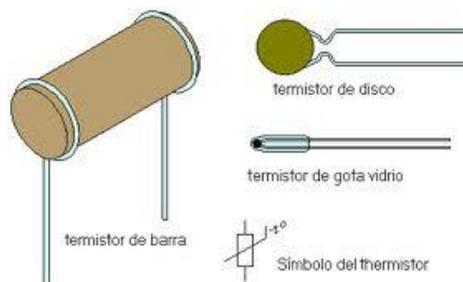
Tabela 3: Principais tipos de termopares.

Tipo	Elemento positivo	Elemento Negativo	Faixa de temperatura usual	Vantagens	Desvantagens
K	Chromel	Alumel	(0-1260) °C	Indicado para atmosfera oxidante; Para faixa de temperatura mais elevada fornece rigidez mecânica melhor do que os tipos S e R e vida mais longa que o tipo J.	Vulnerável em atmosferas redutoras e sulfuradas.
S	Platina 10% Rhodio	Platina	(0-1480) °C	Indicado para atmosferas oxidantes e apresenta boa precisão a altas temperaturas.	Vulnerável em atmosferas não oxidantes; Para altas temperaturas: isoladores e tubos de proteção de Alumina.
R	Platina 13% Rhodio				
T	Cobre	Constantan	(-184-370) °C	Resiste à atmosfera corrosiva; Sua instabilidade o torna útil em temperatura abaixo de 0 °C.	Oxidação do Cobre acima de 310 °C.
J	Ferro	Constantan	(0-760) °C	Baixo Custo; Indicado para serviços contínuos até 740 °C em uma atmosfera neutra ou redutora.	Limite máximo de uso é 760 °C; Necessário um tubo de proteção para trabalhos acima de 480 °C.
E	Chromel	Constantan	(0-870) °C	Alta potência termelétrica; Altamente resistente à corrosão.	Baixa estabilidade em atmosfera redutora.

2.2.5 Termístores

São semicondutores sensíveis a temperatura. Existem basicamente dois tipos, o NTC (do inglês Negative Temperature Coefficient) que são termístores cujo coeficiente de variação de resistência com a temperatura é negativo: a resistência diminui com o aumento da temperatura e o PTC (do inglês Positive Temperature Coefficient) que são termístores cujo coeficiente de variação de resistência com a temperatura é positivo: a resistência aumenta com o aumento da temperatura.

Figura 3: Exemplos de termístores.



2.2.6 Termômetro de radiação

Todos os métodos de medida de temperatura discutidos até então requeriam que o termômetro estivesse em contato físico com o corpo cuja temperatura se quer medir. Além disso, a temperatura era medida quando o elemento sensor atingia a condição “idealizada” de equilíbrio térmico com o corpo ou sistema que se mede. Radiação térmica é a energia emitida por um corpo pelo fato de sua temperatura estar acima do zero absoluto e a ela pode ser atribuídas a frequência e ao comprimento de onda. Esses termômetros possuem uma faixa de indicação de (0-1000) °C, (600-3000) °C ou (500-2000) °C e uma precisão entre (0,25-2,0) % do fundo de escala.

2.3 Estufas

A estufa é um equipamento onde em sua normalidade, é utilizada para cultivar, ou manter plantas, árvores, alimentos e produtos. Nas estufas não há troca de ar entre o interior e o exterior, dessa forma a energia não é perdida com as correntes acendestes que carregariam o calor, normalmente feita de materiais semitransparentes. Alguns exemplos podem ser citados: estufas de secagem,

estufas de cultura de fungos ou ainda estufas elétricas. Em nosso trabalho utilizaremos estufas de secagem e estufas de cultura de fungos.

Figura 4: Estufa de secagem.



2.4 Refrigeradores

Um refrigerador baseia o seu funcionamento em três princípios: o calor é transferido das zonas quentes para as zonas frias, a pressão por sua vez é proporcional à temperatura, assim, com o aumentando da pressão, tem-se o aumento da temperatura.

Figura 5: Refrigerador vertical simples (doméstico).



2.5 Salas de estabilidade

Na crescente necessidade de atender as exigências dos órgãos reguladores, tanto a nível nacional, como a nível internacional, se torna cada vez mais evidente, o investimento no tipo de tecnologia dedicada a este tipo de ambiente. As salas de estabilidade climatizadas têm como por principal função um estudo especial de medicamentos. No cenário nacional, os estudos de estabilidade, são exigidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, para comprovar que, durante o período de validade, o remédio não perca as suas propriedades. Amostras de cada lote são submetidas a condições climáticas controladas com grande exatidão, normalmente em um ponto na faixa de 25 °C a 40 °C e de 60% a 75% de umidade relativa, daí a importância e o real significado da qualificação para estas salas de estudo.

Figura 6: Sala de estabilidade.



3 METODOLOGIA

A metodologia consiste no desenvolvimento de um protótipo de coleta de dados com procedimento de uso e instalação para a aquisição e monitoramento dos dados associados ao desempenho de estufas, refrigeradores e salas de estabilidade (designados como mensurando em outros trechos do projeto).

O protótipo ou bancada móvel será composto por módulo de aquisição e registro do fabricante NOVUS e modelo FieldLogger I/O, sistema que adquire e registra variáveis analógicas composto de uma unidade microprocessada inteligente que pode ser usado como um data logger registrador de forma autônoma ou como um terminal remoto de aquisição de dados em tempo real. Compatível com trilho DIN possui oito canais analógicos na unidade básica e permite expansão por meio de módulos adicionais. O módulo oferece como vantagens:

Possui oito canais analógicos por módulo, aceita termosensores J, K, T, E, N, R, S, B; 4-20 mA, Pt100, 0-50 mV sem alterar hardware, memória interna (opcional) de 128.000 registros e relógio de tempo real, resolução do conversor A/D: 20.000 níveis (14 bits), precisão: 0,1 % do span, varredura: 8 canais em 0,5 segundos, intervalo entre medidas: de 0,2s a 1 dia, alimentação: 100-240 Vca/cc, opcional 24 Vcc/ca, alarmes: 2 relés 3 A para os 8 canais. Entrada digital para START/STOP remoto, RS-485, protocolo MODBUS, 19200 bps, fixação em trilho DIN 35 mm, gabinete em ABS 105 x 90 x 60 mm.

Figura 7: Módulo de aquisição e registro FieldLogger I/O.



Além do módulo de aquisição, contamos ainda com um conversor isolado USB, também do fabricante NOVUS e modelo USB-i485, conversor este que ofereceu uma solução rápida e segura para a interface entre o PC e os barramentos de comunicação industrial RS485 ou RS422. Esse módulo oferece uma grande vantagem, que ao ligar o USB-i485 à porta USB de um PC, ele é automaticamente detectado e instalado como uma porta COM nativa, compatível com qualquer aplicativo existente de comunicação serial. Múltiplos conversores podem ser instalados utilizando hubs USB, permitindo a fácil configuração de um sistema multi-serial, sem qualquer preocupação com configurações de IRQ ou DMA. A isolação de 1500 Vcc entre as portas USB e RS485/RS422 protege o computador dos picos, surtos e erros de ligação no barramento de comunicação. O conversor oferece vantagens de:

Pode ser configurado para ligação em redes RS422, RS485 a 4 fios (Full Duplex) ou RS485 a 2 fios (Half Duplex), quando operando em RS485 a 2 fios, o controle do fluxo de dados é automaticamente controlado pelo conversor. Dois barramentos RS485 a 2 fios podem ser ligados ao conversor, duplicando o número de dispositivos remotos que podem ser instalados, interface com o computador: USB V1.1 Plug and Play, driver de porta serial virtual para sistemas operacionais: Windows 7/Vista/XP/2008Server/2003Server/98/ME/2000/CE, MAC e Linux 2.4.20 ou superior. Opções de 64 bits para sistemas operacionais mais recentes. Interfaces de campo: RS485 Half Duplex (dois barramentos), RS485 Full Duplex ou RS422, seleção RS485 / RS422 por jumper, controle de fluxo automático para RS485 Half Duplex, resistores de terminação 120 Ohms internos, habilitados por jumper, taxa de comunicação: 300 bps a 250 kbps, comprimento máximo dos cabos RS485/RS422: 1200 m, número máximo de dispositivos na rede RS485: Half Duplex: 2 x 32 dispositivos, Full Duplex: 32 dispositivos. LEDs indicadores de transmissão e recepção de dados, alimentação: Pelo barramento USB. Consumo <100 mA, isolação: 1500Vcc entre a interface USB e a interface RS485/RS422, proteção no barramento RS485/422: ± 60 Vcc, 15 kV ESD, conexão USB: Conector Mini-B. Acompanha cabo de 1,5 m com Plugs Mini-B e A, conexão RS485/422: Conector para fios até 1,5 mm² (16 AWG). Alojamento: em ABS com 70 x 60 x 18 mm e ambiente de operação: 0 a 70 °C, 10 a 90%UR sem condensação.

Figura 8: Conversor isolado USB-i485.



O módulo de aquisição e registro, data logger, é configurado através do software NOVUS FieldLogger v1.42, onde define-se data de avaliação, intervalo de tempo entre as aquisições, número de termosensores utilizados e o tipo de termosensor utilizado. Em nossa pesquisa foram utilizados intervalos de aquisição de quinze minutos, três ciclos, totalizando o ciclo de avaliação em quarenta e cinco minutos. No caso dos refrigeradores foram utilizados intervalos de aquisições de quinze minutos, noventa e seis ciclos, totalizando o ciclo de avaliação em mil quatrocentos e quarenta minutos. As salas de estabilidades demandavam intervalos de aquisição diferentes, podendo variar entre um e quatro minutos, sessenta e quinze ciclos, respectivamente, totalizando o ciclo de avaliação em sessenta minutos.

Dada a configuração realizada, os dados são monitorados em tempo real, pelo software NOVUS FieldChart v1.77, que após a configuração e sincronização com o software NOVUS FieldLogger v1.42, possibilita a exportação dos dados para o Microsoft Excel 2007, assim sendo procede-se com a confecção do certificado de calibração e/ou qualificação.

Os termosensores utilizados foram do fabricante SALCAS e de modelo TR-300 – Pt100. Estes termômetros de resistência ou termoresistências são sensores de alta precisão e excelente repetibilidade de leitura. O seu funcionamento se baseia na variação da resistência ôhmica em função da temperatura. Seu elemento sensor na maioria das vezes é feito de platina com o mais alto grau de pureza e encapsulado em bulbos de cerâmica ou vidro. As termoresistências por apresentarem excelentes características, se tornaram um dos sensores de medição

de temperatura mais utilizados nos processos industriais. É também um dos principais padrões para laboratórios de calibração.

Figura 9: Termoresistores do tipo Pt100.



Este procedimento de instalação e utilização tem a finalidade de oferecer mais eficiência, rapidez e segurança.

4 PROCEDIMENTO DE INSTALAÇÃO DO SOFTWARE E HARDWARE

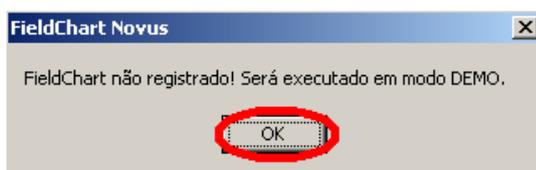
Este procedimento tem por objetivo orientar o técnico a executar, de maneira correta, a instalação do hardware e software no computador.

- 1) Conectar o dispositivo de comunicação USB (USB-i485) a porta USB do computador.
- 2) Instalar o drive do comunicador (USB-i485). Caso o sistema operacional do PC é Windows Vista/Seven o drive será instalado automaticamente ao conectar o dispositivo, caso contrário, instalar o drive manualmente, usando o CD do hardware correspondente.
- 3) Instalar o software FieldLogger Configurator (fieldlogger.exe).

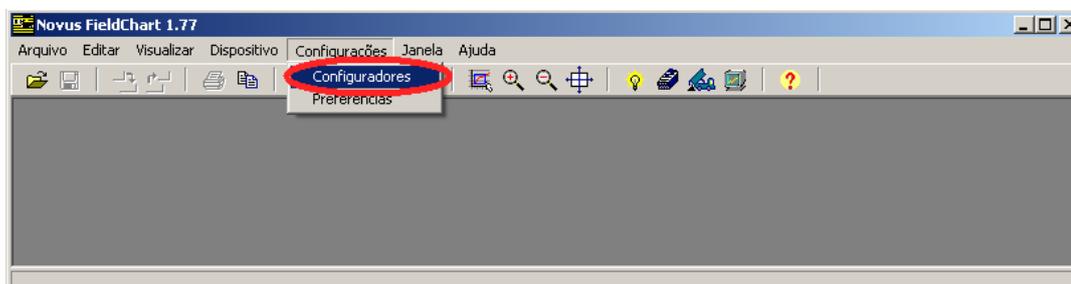
- 4) Instalar o software *Novus FieldChart 1.77* (fieldchartsetup.exe). É necessário fazer o download do software pelo site do fabricante no seguinte endereço:

<http://www.novus.com.br/downloads/Arquivos/fieldchartsetup.exe>

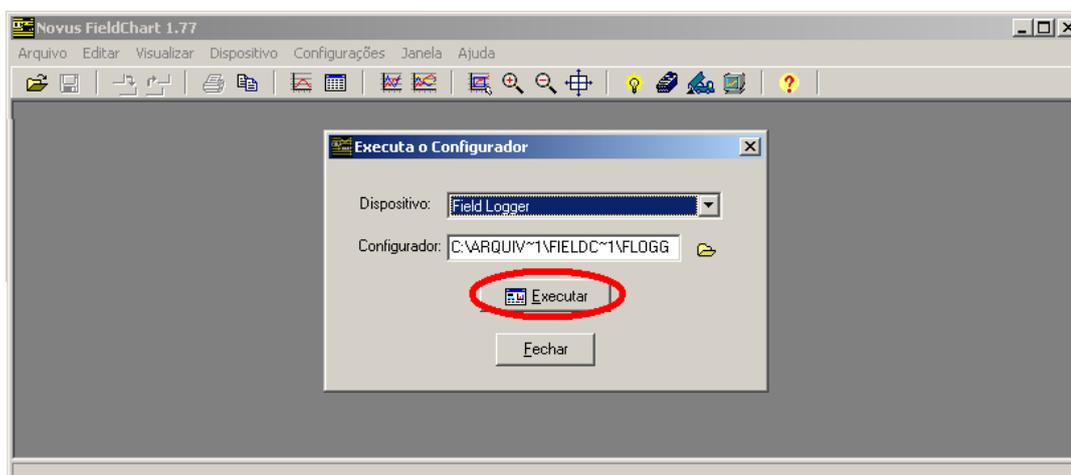
- 5) Configurar a comunicação entre os softwares FieldLogger e FieldChart.
- Ao executar o programa pela primeira vez, surgirá a seguinte tela:



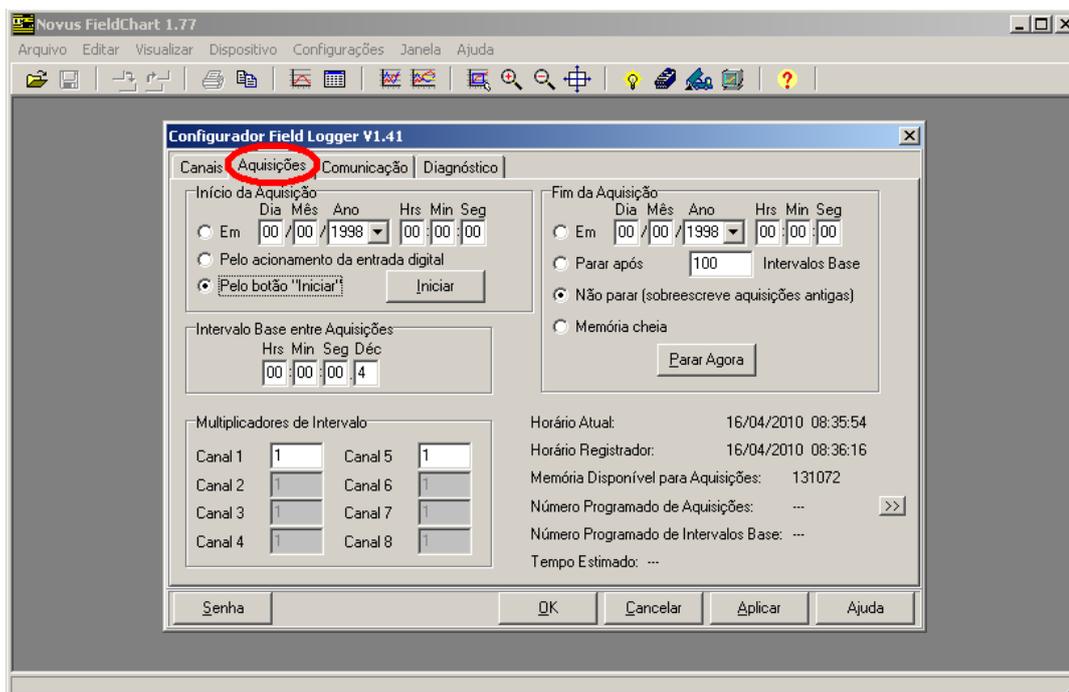
- Clicar em: "OK".
- Com o software iniciado, na nova tela selecionar na barra de menus: "Configurações" e em seguida "Configuradores".



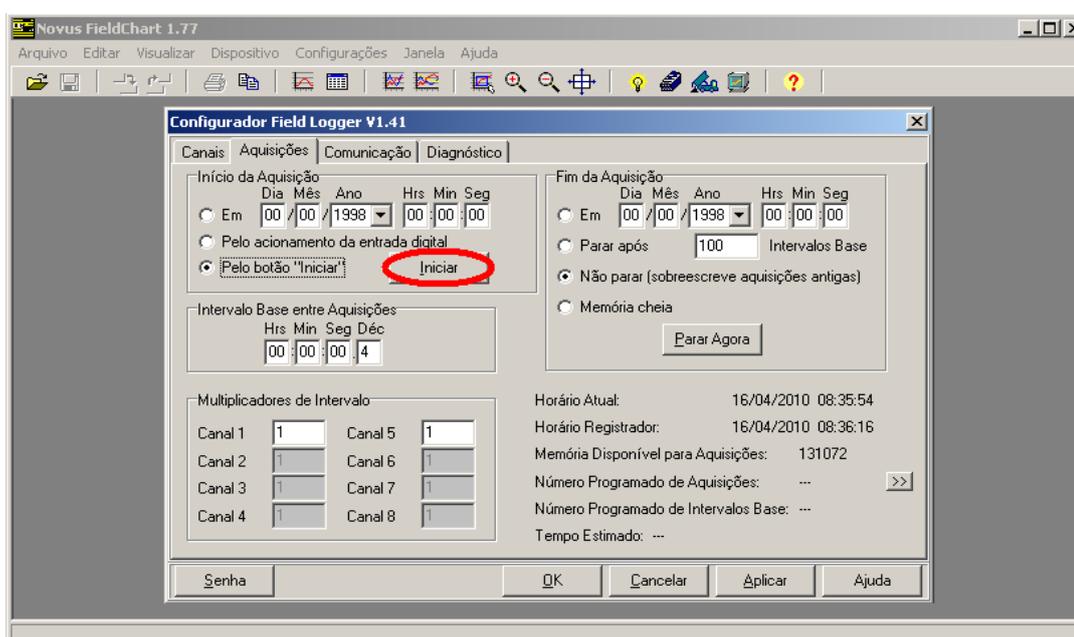
- A tela passa a exibir seguinte janela:



- e. Clicar em: “Executar”.
- f. Na barra de menus – Configurador FieldLogger, configurar as condições de trabalho, selecionando: “Aquisições”.



- g. Após configurar as condições de trabalho, clicar em: “Iniciar”.

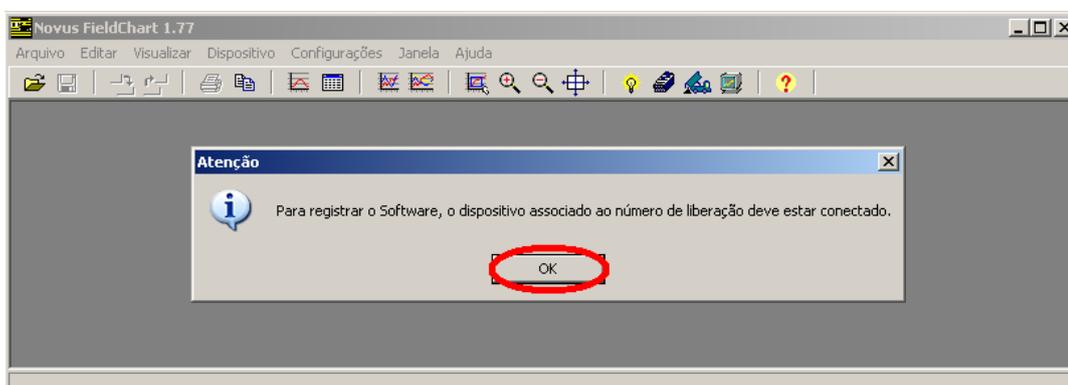


6) Registrar o software de acordo com as opções a seguir:

a) Na barra de menus selecionar: “Ajuda” e em seguida “Registro”.



b) A tela *Novus Field Chart* mostrará a seguinte janela “Atenção”



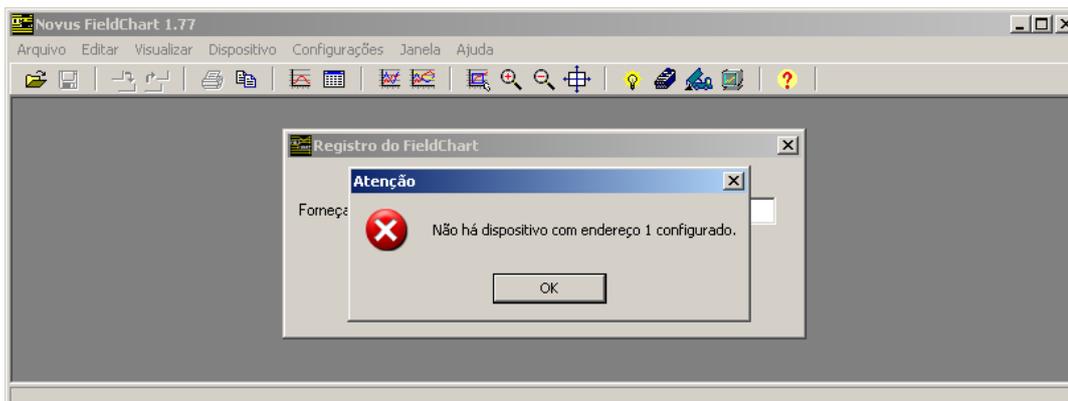
c) Clicar em: “OK”.

d) A tela *Novus Field Chart* mostrará a seguinte janela “Registro do FieldChart”:

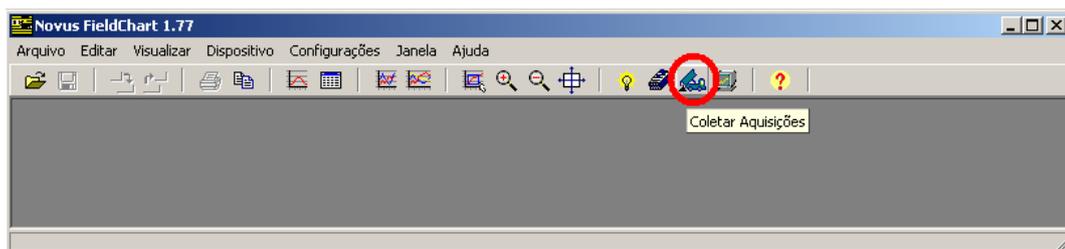


e) Digitar a senha para registro: **1C5505D05**, no espaço assinalado.

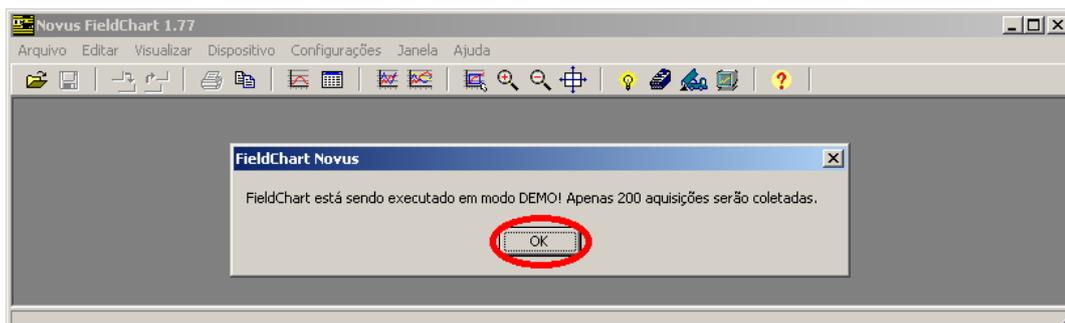
f) A tela mostrará o seguinte aviso:



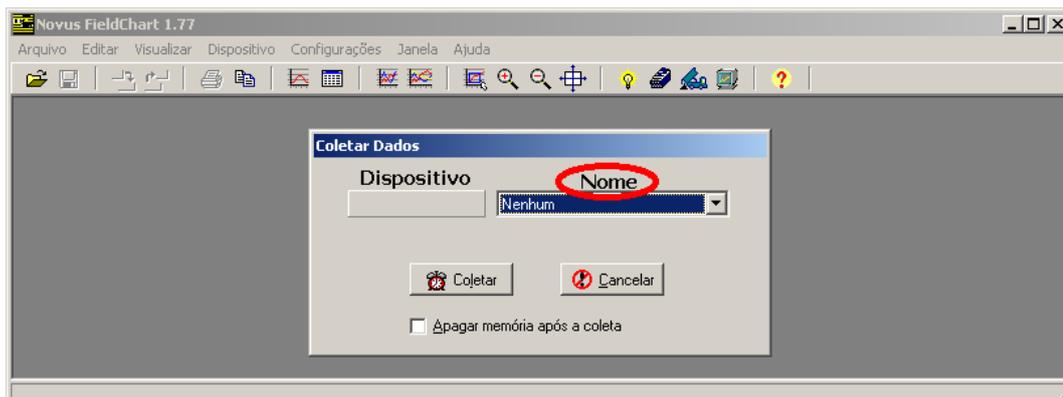
- g) Clicar em: “OK” e em seguida “Cancelar”.
- h) Na tela *Novus FieldChart*, clicar em: “Coletar Aquisições”.



- i) A tela *Novus FieldChart* mostrará e seguinte janela:



- j) Clicar em: “OK”.
- k) A tela *Novus FieldChart* mostrará e seguinte janela: “Coletar Dados”



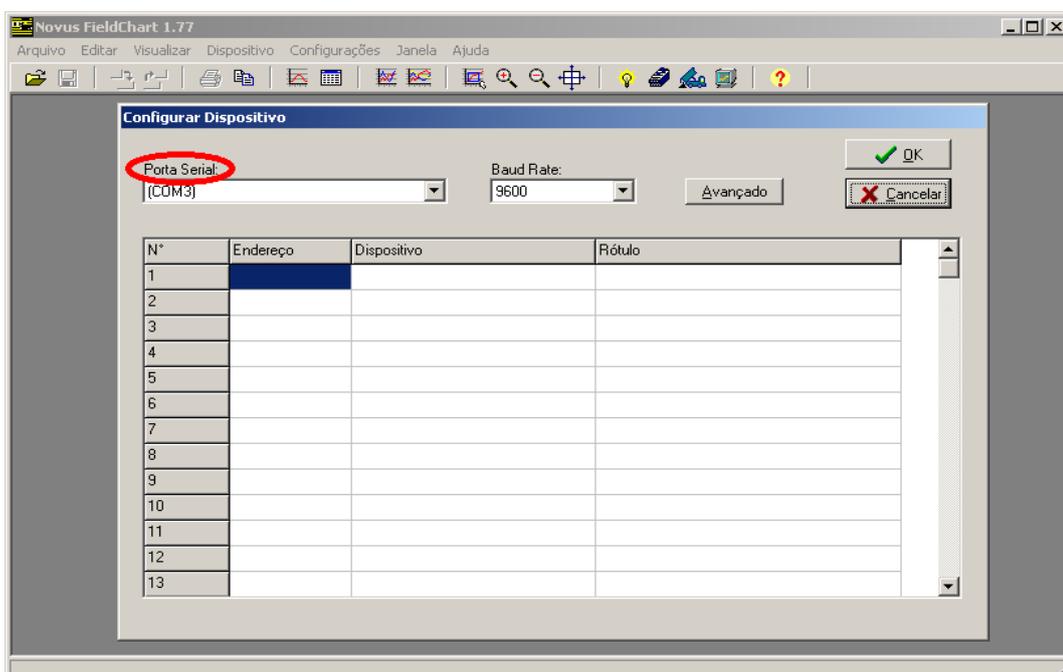
l) Na categoria “Nome”, selecionar o dispositivo.

7) Caso não haja nenhum dispositivo configurado, seguir as seguintes etapas:

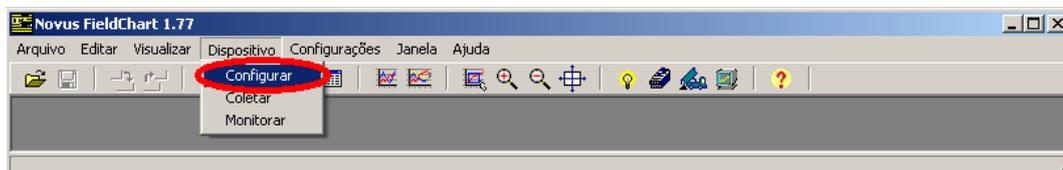
a) Na barra de menu selecionar: “Dispositivo” e em seguida “Configurar”.



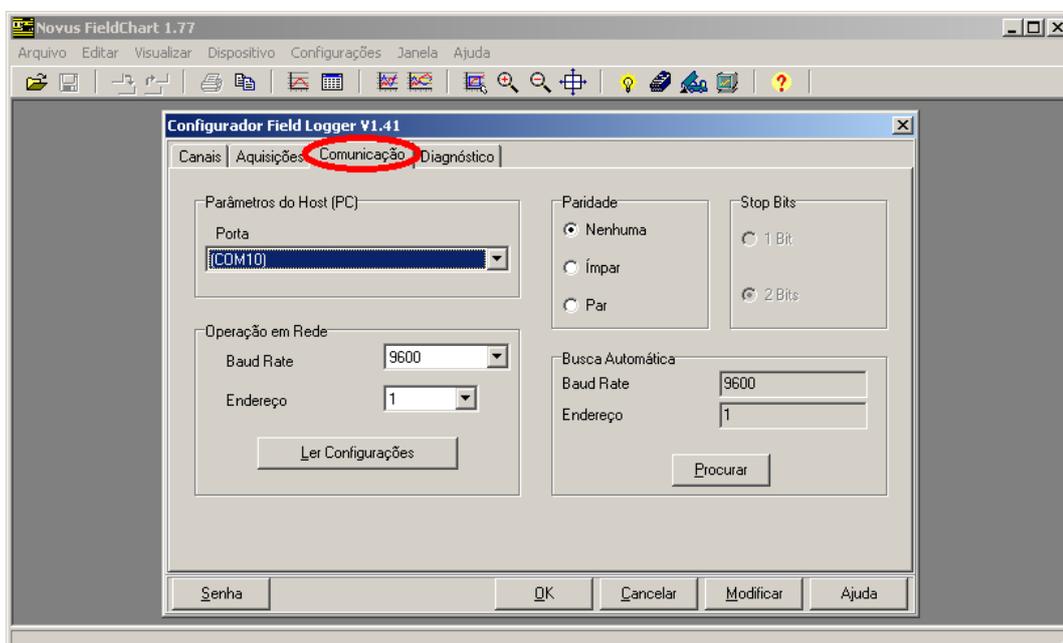
b) Surgirá a seguinte tela de configuração do dispositivo:



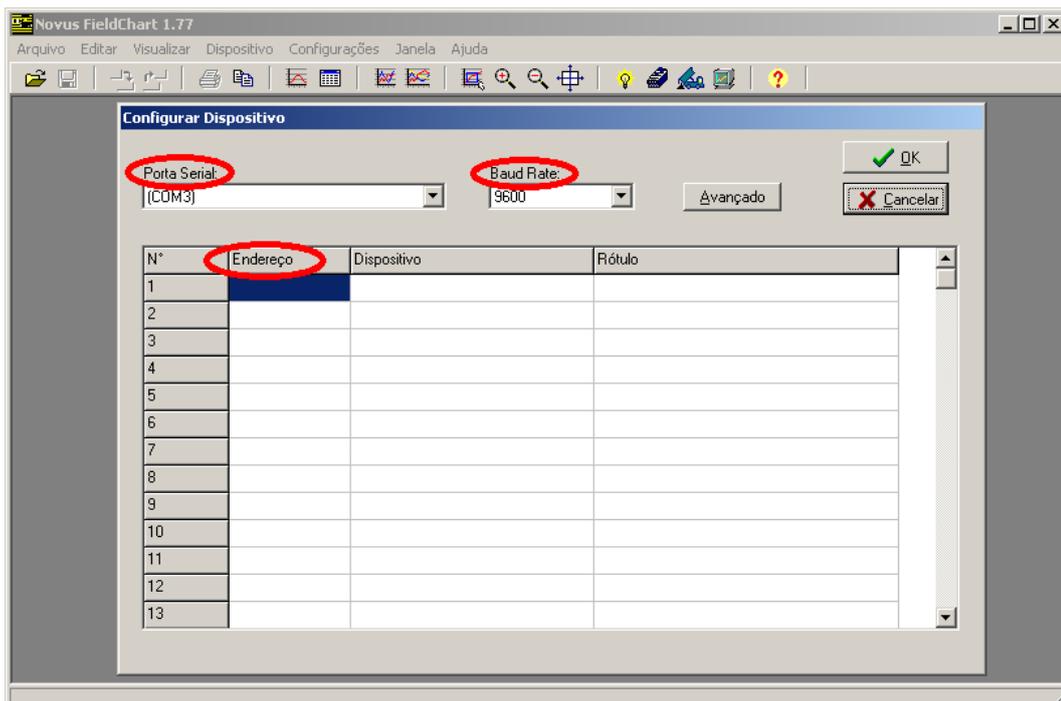
- c) Selecionar a “Porta Serial”, conforme a porta serial padrão instalada.
- d) Para verificar a porta serial instalada, proceda da seguinte forma:
Na barra de menu selecionar: “Dispositivo” e em seguida “Configurar”.



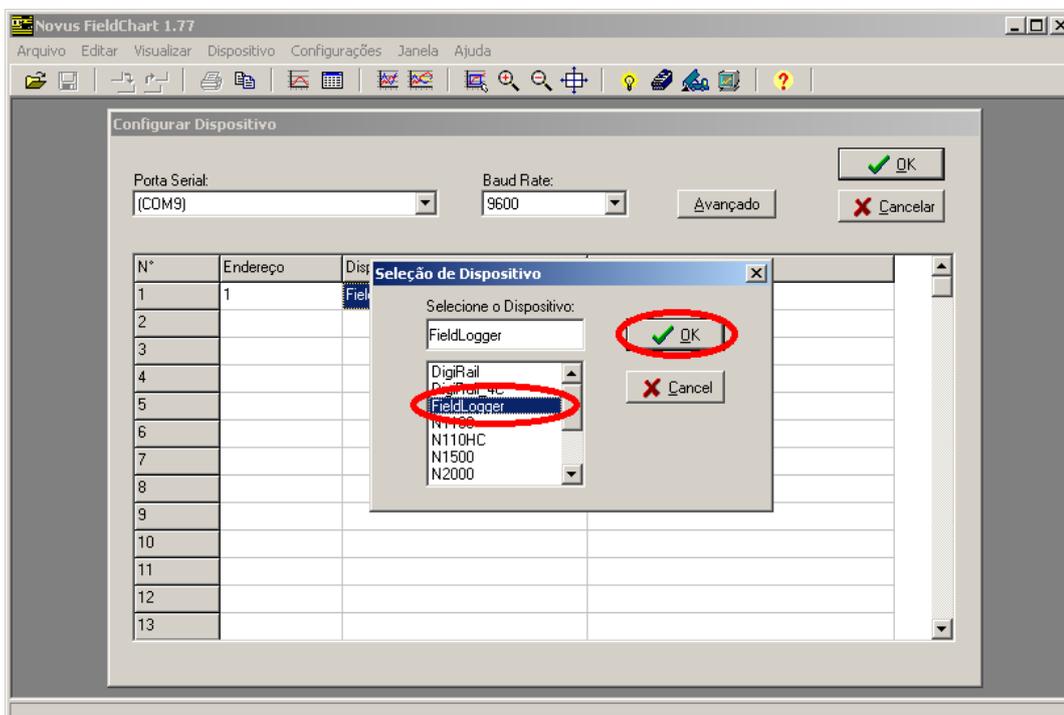
- e) Selecionar “Comunicação”.



- f) Verificar “Porta” em “Parâmetros do Host (PC)”.
- g) Verificar “Baud Rate” e “Endereço” em “Operação de rede”.
- h) Clicar em: “OK”.
- i) Repetir os passos dos subitens “a” e “b” do item “7”, configurando “Porta Serial”, “Endereço” e “Baud Rate” de acordo com a verificação realizada.

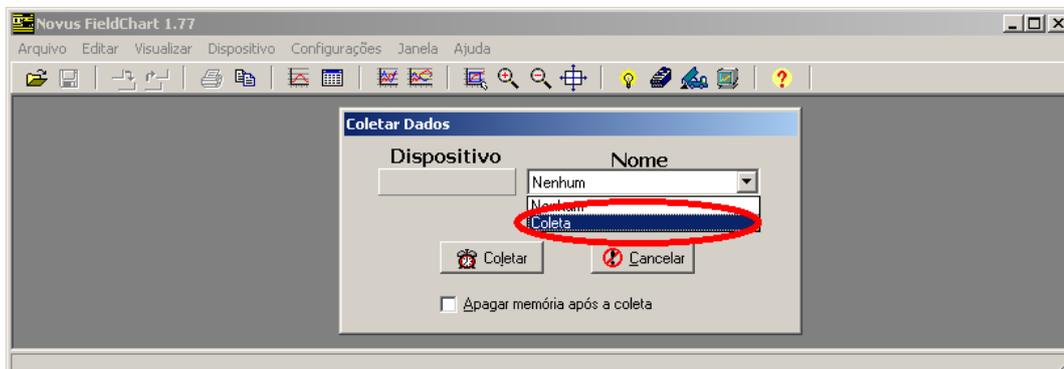


- j) Na coluna do dispositivo, clicar duas vezes sobre a célula em branco, até que surja a seguinte tela:

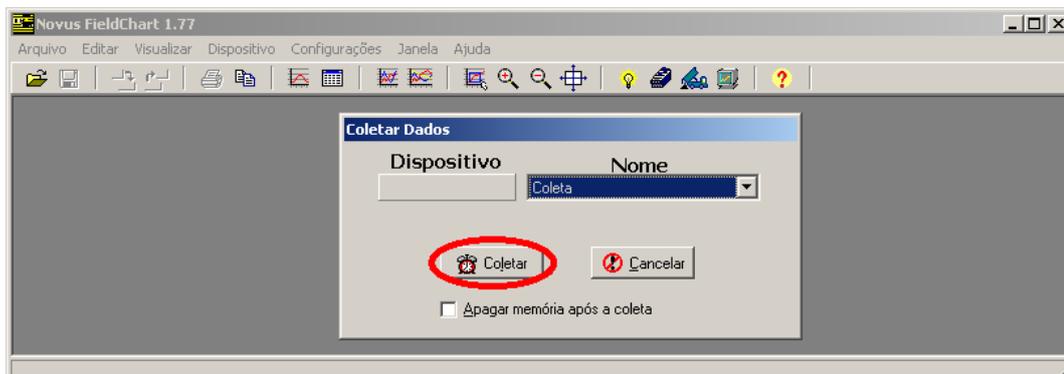


- k) Selecionar o dispositivo "FieldLogger", em seguida clicar: "OK".

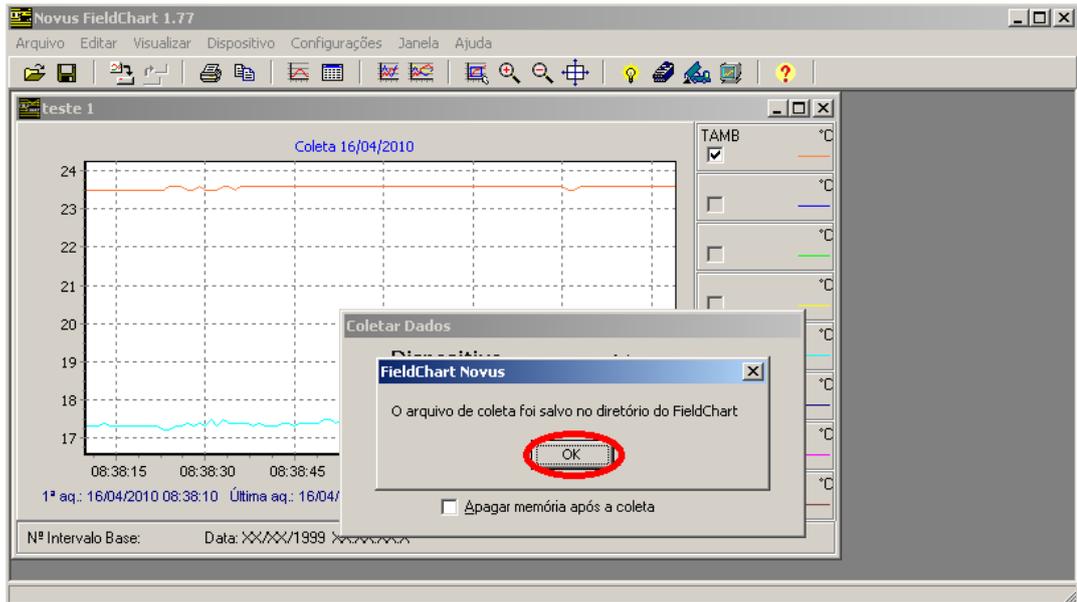
- l) Na célula “Rótulo” escolher um título qualquer, exemplo: “Coleta”.
- m) Repetir os passos dos subitens “h” até “j”.
- n) Surgirá a seguinte tela:



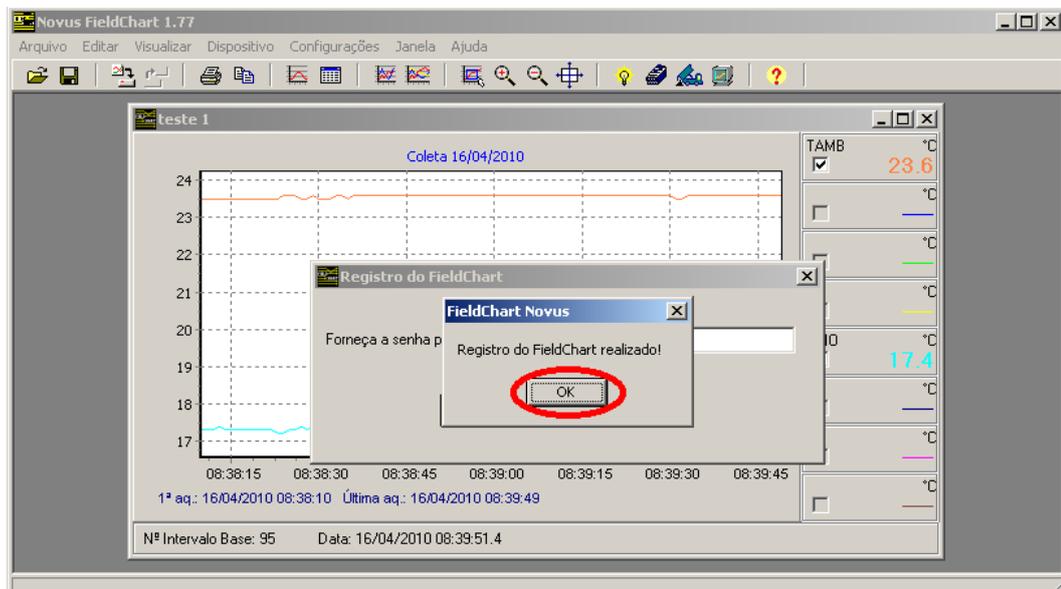
- o) Na categoria “Nome”, selecionar o dispositivo, de acordo com o título escolhido na célula “Rótulo”.



- p) Clicar em: “Coletar”.
- q) Surgirá a seguinte tela:



- r) Clicar em: “OK”.
- s) Com a janela de coleta de dados ainda aberta, proceder com o registro do software.
- t) Registrar o software em seguida, repetindo os passos dos subitens “a” até “e” do item “6”.
- u) Por fim surgirá a seguinte tela:

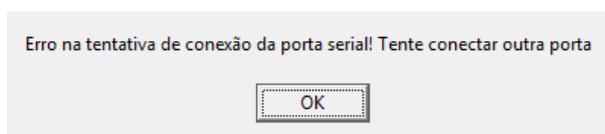


- v) Clicar em: “OK”.

5 PROCEDIMENTO DE UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE E HARDWARE

* Desligue a placa wireless, caso esteja ligada, deslizando o dedo sobre o desenho indicado (“1”).

- 1) Através do botão **‘Iniciar’** , inicialize o programa **‘FieldChart Novus’**, clicando no ícone.
- 2) Na barra de acesso clique em  **‘Executar os configuradores de dispositivos’**.
- 3) Caso a porta serial não esteja configurada, surgirá a janela do **‘Configurador FieldLogger’**, clique em  **‘OK’** para dar procedimento a configuração. Caso contrário vá ao passo número 7.
Conforme a figura abaixo:



- 4) A janela do configurador será aberta **‘Configurador FieldLogger V1.42’**, no campo **‘Porta’**, selecione a porta disponível, por exemplo: ‘USB Serial Port (COM8)’, em seguida clique em **‘Procurar’**.
Conforme a figura abaixo:

Comunicação

Parâmetros do Host (PC)

Porta

Operação em Rede

Baud Rate 9600

Endereço 1

Ler Configurações

Paridade

Nenhuma

Ímpar

Par

Stop Bits

1 Bit

2 Bits

Busca Automática

Baud Rate 9600

Endereço 1

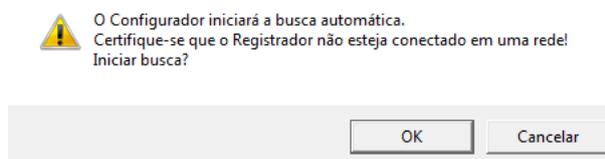
Procurar

Senha OK Cancelar Aplicar Ajuda

Lembrando que os parâmetros 'Baud Rate' e 'Endereço' no campo 'Operação em Rede', são por padrão: 'Baud Rate = 9600' e 'Endereço = 1', caso seja necessário efetue as modificações, para atender esta condição.

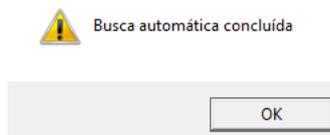
5) Em seguida surgirá a janela '**Atenção**', informando que o configurador iniciará a busca automática e perguntando se deseja iniciar a busca. Clique em '**OK**'. Aguarde a comunicação.

Conforme a figura abaixo:



6) Surgirá a janela '**Sucesso**' informando que a busca automática foi concluída. Clique em '**OK**'. Aguarde a comunicação.

Conforme a figura abaixo:

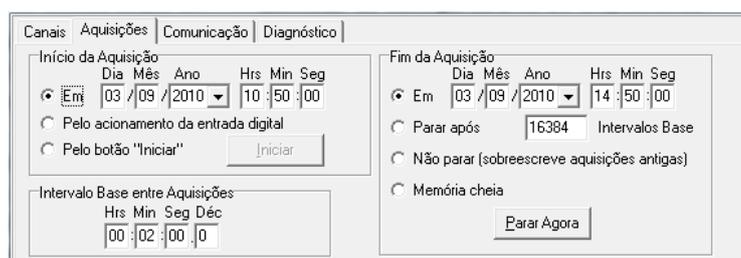


7) Caso tenha configurado a porta serial vá até o passo 9.

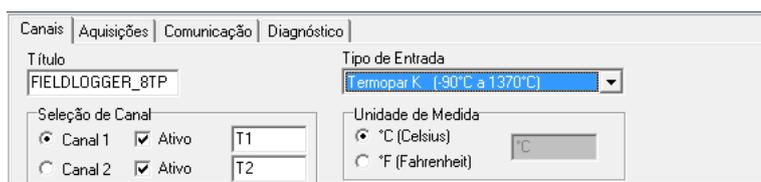
8) Em seguida clique em '**Executar**'.

9) A janela do configurador será aberta, clique na aba '**Aquisições**' para configurar o tempo de duração da calibração.

Conforme a figura abaixo:



- 10) Clique em  **'Aplicar'**.
- 11) Clique na aba **'Canais'** para verificar o tipo de termopar ou termoresistor utilizado, caso seja necessário, efetue as correções, escolhendo entre os modelos disponíveis em **'Tipo de entrada'**.
Conforme a figura abaixo:



- 12) Clique em  **'Aplicar'**, caso tenha feito alguma alteração. Caso contrário clique em  **'OK'**.
- 13) Para dar início ao monitoramento em tempo real, clique na barra de acesso clique em  **'Monitorar'**.
- 14) A janela **'Configuração de penas'** será aberta. No campo **'Nome'** selecione **'LABMETROL'**.
Conforme a figura abaixo:



	Dispositivo	Nome	Parâmetro	Tag	Unid.	Dec.
Pena 1		Nenhum				
Pena 2		LABMETROL				
Pena 3		Nenhum				
Pena 4		Nenhum				
Pena 5		Nenhum				
Pena 6		Nenhum				
Pena 7		Nenhum				
Pena 8		Nenhum				

- 15) Em seguida aparecerá uma nova janela **'Confirm'**, questionando sobre o preenchimento os parâmetros e alertando que o **FieldLogger** deverá estar conectado e energizado.
Conforme a figura abaixo:

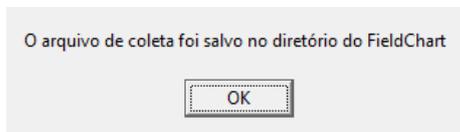


Preencher todos os parâmetros para o FieldLogger? O FieldLogger deverá estar conectado e energizado.

Yes No

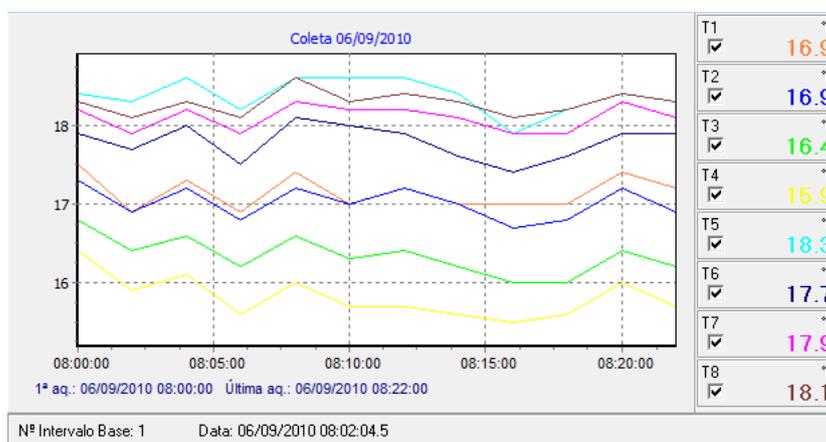
- 16) Em seguida clique em **'Yes'** e aguarde a leitura.
- 17) Após o preenchimento clique em **'Aplicar'**. Dessa forma surgirá o gráfico de monitoramento em tempo real da calibração.
- 18) Ao concluir a calibração, deverá ser realizada a coleta dos dados armazenados no **FieldLogger**, para isso, na barra de acesso clique em  **'Coletar aquisições'**.
- 19) A janela de **'Coleta de dados'** será aberta. No campo **'Nome'** selecione **'LABMETROL'**, assim o dispositivo selecionado será: **'FieldLogger'**. Em seguida clique em  **'Coletar'**. Aguarde o tempo de coleta.
- 20) Em seguida aparecerá uma nova janela **'FieldChart Novus'**, informando que o arquivo de coleta foi salvo no diretório **FieldChart**, clique em **'OK'**.

Conforme a figura abaixo:



- 21) Surgirá o gráfico de coleta com a respectiva data de calibração e os valores coletados.

Conforme figura abaixo:

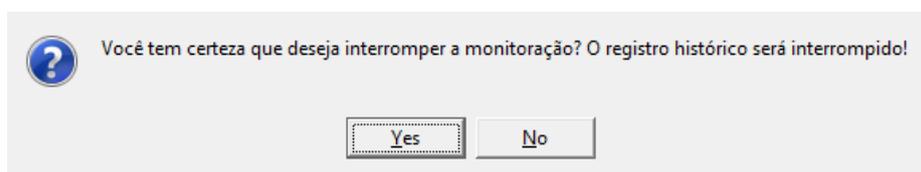


22) Para salvar o gráfico, vá até a barra de menus e clique em **'Arquivo'** << **'Salvar como'**, escolha o destino e clique em **'Salvar'**.

23) Para exportar o gráfico para uma planilha, na barra de acesso clique em  **'Visualizar dados'**. Em seguida clique em **'Arquivo'** << **'Exportar para XLS'**, escolha o destino e clique em **'Salvar'**.

24) Por fim feche todas as janelas, ao encerrar o monitoramento, surgirá a janela **'Confirm'**, perguntando se deseja interromper a monitoração e informando que o registro histórico será interrompido. Clique em **'Yes'**. Em seguida feche o programa.

Conforme a figura abaixo:



6 RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os resultados obtidos foram consoantes com o objetivo principal, ou seja, houve sucesso na realização e na implementação do procedimento de instalação e utilização do protótipo, não obstante foi realizado com sucesso, o objetivo secundário, da montagem do protótipo ou bancada móvel, de maneira a beneficiar as atividades na grandeza temperatura, no Laboratório de Metrologia da UFRN.

As calibrações e qualificações foram realizadas com sucesso, sendo possível dessa forma a confecção e emissão de certificados, garantindo rastreabilidade e segurança ao ensaio, atendendo prontamente as exigências dos órgãos reguladores, como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA.

Concluimos que a pesquisa ofereceu grandes desafios, no que se refere ao estudo, entendimento e domínio dos softwares envolvidos, no gerenciamento e monitoramento, haja vista que estes não haviam sido utilizados anteriormente, ou seja, e que, são programas específicos, todavia, a pesquisa agregou um conhecimento diferenciado nessa área de temperatura, denotando evolução.

ABSTRACT

Summary: According to the demand of the oil industry, engineering industry and the pharmaceutical industry, the need arose to develop a procedure for qualification and validation, which would support the Metrology Laboratory, with respect to the issuance of certificates, and the expansion of service in magnitude temperature. As a consequence we developed a mobile bench that would allow the procedure in order to meet the segments that require certification of equipment such as stoves, refrigerators, rooms and stability. The prototype consists of a mobile bench satisfaction an acquisition and recording module, supporting up to eight temperature sensors, a single USB converter, a set of thermocouple K and Pt100 sensors, plus a laptop to use management software and monitoring, FieldLogger FieldChart v1.77 and v1.42, acquired from NOVUS Electronic Products, in association with Microsoft Excel 2007.

Keywords: Qualification. Datalogger. Thermal sensors.

REFERÊNCIAS

INCROPERA, Frank P. e DEWITT, David P. - **Fundamentos de Transferência de Calor e Massa** - LTC – 5ª Edição.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA Portaria nº 500 de 13 de outubro de 1997 - Anexo I - **Validação do Processo de Esterilização por Vapor**.

<http://www.anvisa.gov.br>

Acessado em 24/04/2010.

NOVUS – Produtos Eletrônicos

http://www.novus.com.br/site/default.asp?TroncoID=621808&SecaoID=607370&SubsecaoID=0&Template=../catalogos/layout_produto.asp&ProdutoID=838073

Acessado em 20/04/2011

NOVUS – Produtos Eletrônicos

http://www.novus.com.br/site/default.asp?TroncoID=621808&SecaoID=607370&SubsecaoID=0&Template=../catalogos/layout_produto.asp&ProdutoID=715210

Acessado em 20/04/2011

SALCAS – Controle em Processos Industriais: a base de um bom negócio.

<http://www.salcas.com.br/produtos2.asp?TIPO=TERMORESISTENCIAS>

Acessado em 20/04/2011

Catálogo de termopares tipo K

<http://www.omega.com/temperature/Z/pdf/z218-220.pdf>

Acessado em 20/04/2011

Omega Thermocouples - **An Introduction**

<http://www.omega.com/thermocouples.html>

Acessado em 20/04/2011

General Control – **Termopares Convencionais I**

<http://www.generalcontrols.com.br/downloads/sensores/temp/sensortempB.pdf>

Acessado em 20/04/2011

Thermomax – **Termopares**

http://www.thermomax.com.br/produtos/view?ID_PRODUTO=4

Acessado em 20/04/2011