



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ**

**MAURÍCIO SOARES DE ALMEIDA**

**ATIVACÃO DOS NÚCLEOS DE CONDENSACÃO DE NUVENS**

**FORTALEZA – CEARÁ  
2011**

MAURÍCIO SOARES DE ALMEIDA

ATIVACÃO DOS NÚCLEOS DE CONDENSAÇÃO DE NUVENS

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Física do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Gerson Paiva Almeida.

FORTALEZA – CEARÁ  
2011

A447a Almeida, Maurício Soares  
Ativação dos Núcleos de Condensação de Nuvens/  
Maurício Soares de Almeida. — Fortaleza, 2011.  
33 p.  
Orientador: Prof. Dr. Gerson Paiva Almeida.  
Monografia (Graduação em Física) – Universidade  
Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia.  
1. Câmara. 2. Condensação. 3. Núcleos. 4. Nuvens.  
I. Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e  
Tecnologia.  
CDD: 530

MAURÍCIO SOARES DE ALMEIDA

ATIVACÃO DOS NÚCLEOS DE CONDENSAÇÃO DE NUVENS

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Física do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Licenciado em Física.

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Gerson Paiva Almeida (Orientador)  
Universidade Estadual do Ceará – UECE

---

Prof. Dr. João Bosco Verçosa Leal Junior  
Universidade Estadual do Ceará – UECE

---

Prof. Dr. Lutero Carmo de Lima  
Universidade Estadual do Ceará – UECE

À minha mãe.

## AGRADECIMENTOS

Lembrar o nome de pessoas pode não ser uma tarefa fácil, nem justa. Por isso, agradeço a todos que, em algum momento, fizeram parte da minha vida e contribuíram para a construção de quem sou hoje.

Em especial, agradeço:

A Deus, por se fazer presente em todos os momentos da minha vida.

À minha mãe, Maria Soares de Almeida, por tudo que fez e faz por mim. Muito obrigado mãe!

À minha tia Elizeuda e seu marido Roosevelt, por terem norteado os meus passos nessa vida. Sem vocês nada disso seria possível!

Ao professor Gerson Almeida, pela paciência, dedicação e conselhos que foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Aos meus amigos, pelos bons momentos compartilhados. Como já dizia Vinícius de Moares: “Eu poderia suportar, embora não sem dor, que tivessem morrido todos os meus amores, mas enlouqueceria se morressem todos os meus amigos!” Obrigado a todos!

*Procure ser um homem de valor, em vez de ser um homem de sucesso.*

Albert Einstein

## **RESUMO**

O estudo do aerossol atmosférico tem se difundido cada vez mais devido às evidências de sua atuação como fator determinante nas mudanças climáticas, quer seja de forma direta, absorvendo ou refletindo a radiação solar, ou de forma indireta, atuando como núcleo de condensação de nuvem. Neste trabalho foram explicados, de forma resumida, os princípios de funcionamento dos equipamentos mais utilizados para o estudo dos núcleos de condensação. Com o intuito de aperfeiçoar algumas limitações temporais desses aparelhos, foi proposto um projeto onde seria possível criar uma câmara cilíndrica de resfriamento de fluxo contínuo de ar, capaz de promover a ativação de tais núcleos. Para o funcionamento de tal câmara foi preciso desenvolver um circuito controlador de temperatura que consiste na peça chave para o bom funcionamento do projeto. Este circuito foi criado e simulado por meio de um software de equipamentos e componentes eletrônicos.

**Palavras-chave:** Câmara. Condensação. Núcleos.

## **ABSTRACT**

The study of atmospheric aerosol has been increasingly widespread because of evidence that its performance as a determining factor in climate change, either directly, by absorbing or reflecting solar radiation, or indirectly by acting as cloud condensation nuclei. In this work were explained, briefly, the operating principles of equipment commonly used for the of condensation nuclei. In order to improve some temporal limitations of these devices, we proposed a project where you could create a cylindrical chamber cooling stream of air that can promote the activation of these nuclei. For the operation of such a chamber was necessary to develop a circuit temperature controller that is the key to the smooth operation of the project. This circuit was designed and simulated by software equipment and electronic components.

**Keywords:** Chamber. Condensation. Nuclei.

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 Reflexão da radiação solar de onda curta devido ao aumento da concentração de aerossóis.
- FIGURA 2 As partículas BC absorvem radiação solar e liberam calor.
- FIGURA 3 Partícula de aerossol atuando como núcleo de condensação.
- FIGURA 4 Caracterização de uma Câmara Estática de Gradiente Térmico.
- FIGURA 5 Imagem da câmara de condensação do CCNC do laboratório LIMMA da UECE. Ao centro são visualizadas várias gotas em fase de condensação e queda. A resolução numérica da imagem foi diminuída em relação à original.
- FIGURA 6 Esquema de funcionamento do CPC.
- FIGURA 7 Esquema da Câmara Cilíndrica de Resfriamento.
- FIGURA 8 Semicondutor do tipo-n e do tipo-p.
- FIGURA 9 Esquema de uma pastilha termoelétrica.
- FIGURA 10 Microcontrolador PIC16F877.
- FIGURA 11 Apesar da variação da largura dos pulsos, o período da onda se mantém constante.
- FIGURA 12 Circuito controlador das pastilhas termoelétricas. No pino 16 foi conectado o osciloscópio para visualizar a variação no pulso das ondas emitidas pelo microcontrolador.
- FIGURA 13 Simulação feita para a temperatura de aproximadamente 25 °C.
- FIGURA 14 Simulação feita para a temperatura de aproximadamente 20 °C.
- FIGURA15 Simulação feita para uma temperatura de aproximadamente 30 °C.

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

BC	Black Carbon
CCN	Cloud Condensation Nuclei
CCNC	Cloud Condensation Nuclei Count
CPC	Contador de Partículas de Condensação
PWM	Pulse-Width Modulation
RISC	Reduced Instruction Set Computer

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>14</b>
	2.1 Os Aerossóis	14
	2.2 Câmara Estática de Gradiente Térmico	17
	2.3 Contador de Partículas de Condensação	20
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>22</b>
	3.1 O Processo de Condensação	22
	3.2 Construção de Uma Câmara Cilíndrica de Resfriamento de Fluxo Contínuo de Ar	23
<b>4</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>28</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>34</b>

## ANEXOS

**A - TABELA DE PASTILHAS TERMOELÉTRICAS**

**B - DATA SHEET DA PASTILHA DV-50-10**

**C - DATA SHEET DISPLAY LCD 16X2**

**D – PIC 16F877**

## 1 INTRODUÇÃO

Até alguns anos atrás, o conhecimento sobre as partículas do aerossol atmosférico não eram suficientes para obter avaliações conclusivas sobre seus efeitos climáticos. Durante muito tempo eles foram tratados como um personagem secundário nesse aspecto. No entanto, relatórios recentes, como os apresentados pelo Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC), deixaram evidentes a sua enorme contribuição para o clima.

Uma hipótese aceita é a da existência de interações dos aerossóis com as nuvens implicando que mudanças da concentração de Núcleos de Condensação de Nuvem (CCN do inglês *Cloud Condensation Nuclei*) podem conduzir a mudanças importantes do ciclo de vida das nuvens e na formação da precipitação. Uma investigação do ciclo acoplado é necessária para uma melhor compreensão do sistema terrestre de formação de precipitação, incluindo origem química dos aerossóis, poluição atmosférica, cobertura vegetal e ecologia.

Dentro deste ponto de vista é muito importante conhecer as fontes de aerossóis e CCN e as características que definem a ativação e o crescimento subsequente como gotas de nuvens.

Nas últimas décadas começaram a surgir os contadores de partículas, ainda pouco utilizados no Brasil, que são instrumentos capazes de melhorar de forma significativa os resultados das pesquisas desse ramo. Atualmente, esses equipamentos, em sua grande maioria, são do tipo óptico e baseiam-se no espalhamento da luz pelas partículas e na detecção deste espalhamento.

Existem contadores de partículas de tipos diferentes que permitem contar e detectar partículas com diâmetros muito menores que os contadores ópticos anteriormente mencionados. Estes aparelhos são conhecidos como medidores ou monitores CNC (do inglês *Condensation Nucleus Counters*), ou Contadores de Núcleos de Condensação. O funcionamento deles é um pouco diferente e envolve um pré-tratamento da amostra.

Apesar dos avanços na fabricação desses equipamentos, muitos problemas e incertezas ainda são encontrados, principalmente quando se trata da calibração do feixe de luz.

A Universidade Estadual do Ceará dispõe de um UW83-1 CCN *Counter* (CCNC), que é um contador de CCN baseado numa câmara de difusão de vapor estática. Este instrumento determina a concentração de CCN para uma vasta faixa de supersaturação (0,2 a 2,0%) que são especificadas pelo usuário.

Embora estas câmaras sejam de pequenos tamanhos, o seu funcionamento, com longos tempos para amostragem, impõe grandes limitações aos seus resultados. Isto acontece porque é necessário cerca de 20 segundos para a finalização de uma medida, o que acaba limitando a representação estatística das observações.

O presente trabalho fornece um modelo para a construção de uma câmara cilíndrica de resfriamento de fluxo contínuo de ar. A grande vantagem dessa câmara é a diminuição do tempo para a finalização das medidas, pois, devido ao seu funcionamento ininterrupto, será possível fornecer dados a cada segundo de medida resolvendo, dessa forma, as limitações atuais.

O circuito que controla a temperatura da amostra de ar no interior da câmara foi desenvolvido e simulado através do Proteus (software que cria e simula o funcionamento de circuitos eletrônicos).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Os Aerossóis

O aerossol atmosférico é constituído por um conjunto de partículas sólidas e/ou líquidas em suspensão na atmosfera, que possuem tamanhos variados, oscilando em torno de alguns nanômetros até dezenas de micrômetros (Seinfeld e Pandis, 1998). Essas medidas são, em geral, expressas em relação ao seu tamanho aerodinâmico, definido como o diâmetro de uma esfera que possui densidade unitária e mesma velocidade de sedimentação que a partícula em questão (Hinds, 1982 – citado em Oliveira, 2007).

Os aerossóis podem ser classificados como de origem primária, em que são emitidos diretamente de uma fonte na forma sólida ou líquida, ou de origem secundária onde sua formação se dá a partir de transformações físico-químicas na atmosfera. De forma sucinta, a classificação do aerossol está associada com o fato das fontes serem naturais ou antropogênicas.

Segundo Oliveira (2007), os processos naturais de geração de aerossol estão relacionados com a ação do vento no solo e nas rochas (gerando poeira), no mar (produzido pelo *spray* marinho), com emissão biogênica (incluindo a vegetação) e ainda com vulcões e queimadas. Esses processos originam, em geral, aerossol primário. Processos industriais e de queima de combustíveis, levam a emissões de gases que na atmosfera se convertem para material particulado sendo, portanto, esse particulado de origem secundária (Andrade, 1993).

Essas partículas apresentam efeitos visíveis na radiação solar e são suficientemente bem distribuídas espacialmente ao ponto que esses efeitos tenham implicações no estudo do clima. Entretanto, existe certa dificuldade em se quantificar sua contribuição nos balanços radiativo regional e global, haja vista que seu tempo de vida na atmosfera é relativamente curto e irregular. Os aerossóis troposféricos (com tempo de vida que não dura uma semana e uma distribuição espacial horizontal

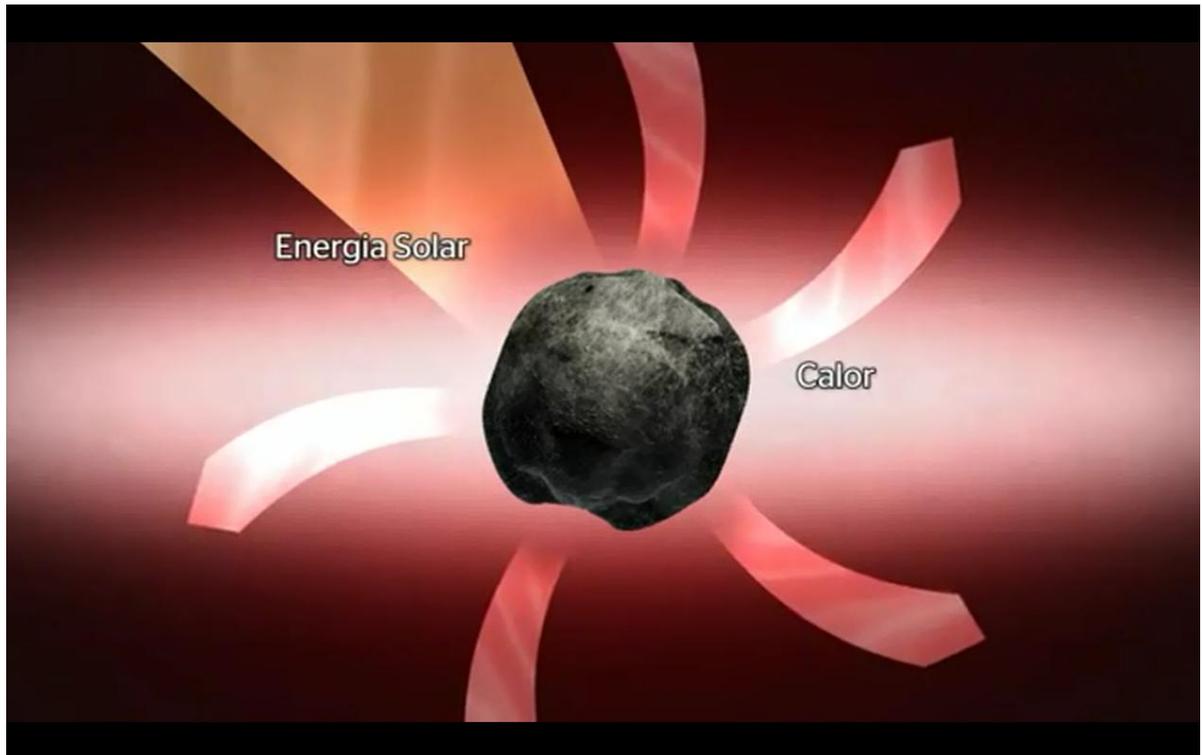
heterogênea) podem, de maneira geral, ocasionar um resfriamento climático em função do seu efeito radiativo direto (Garcia e Yamasoe, 2004).

Segundo Holben (1996), as partículas de aerossol na troposfera influenciam o clima de forma direta ou indireta. O efeito direto é resultado do mesmo processo físico responsável pela redução da visibilidade. Ao se aumentar a concentração de aerossóis, aumenta-se o espalhamento da radiação solar de onda curta e, conseqüentemente, a quantidade de radiação refletida pelo planeta, diminuindo a quantidade da energia solar que chega à superfície da Terra (Figura 1). Neste caso existe uma forçante radiativa negativa, tendendo a esfriar a superfície.



**Figura 1-** Reflexão da radiação solar de onda curta devido ao aumento da concentração de aerossóis.

Existem também a presença de partículas de Carbono Preto (Figura 2), ou *black carbon* (BC) dentro das gotas das nuvens que podem fazer com que parte da radiação solar incidente nas nuvens seja absorvida, resultando num aquecimento local e conseqüentemente na evaporação das gotas, reduzindo também dessa forma o potencial de precipitação de tais nuvens (Holben *et al.*, 1996).



**Figura 2-** As partículas BC absorvem radiação solar e liberam calor.

Já o efeito indireto se caracteriza pela atuação das partículas de aerossóis como núcleos de condensação para formação de nuvens (Figura 3), afetando indiretamente o balanço radiativo devido às alterações ocorridas nas propriedades microfísicas das mesmas.



**Figura 3-** Partícula de aerossol atuando como núcleo de condensação.

Durante a estação de queimadas na região Amazônica, por exemplo, a abundância de partículas de aerossol na atmosfera que atuam como núcleos de condensação, aumenta consideravelmente a concentração de gotículas no interior das nuvens, resultando numa distribuição de gotas menores e com menor eficiência de precipitação (Garcia e Yamasoe, 2004).

## 2.2 Câmara Estática de Gradiente Térmico

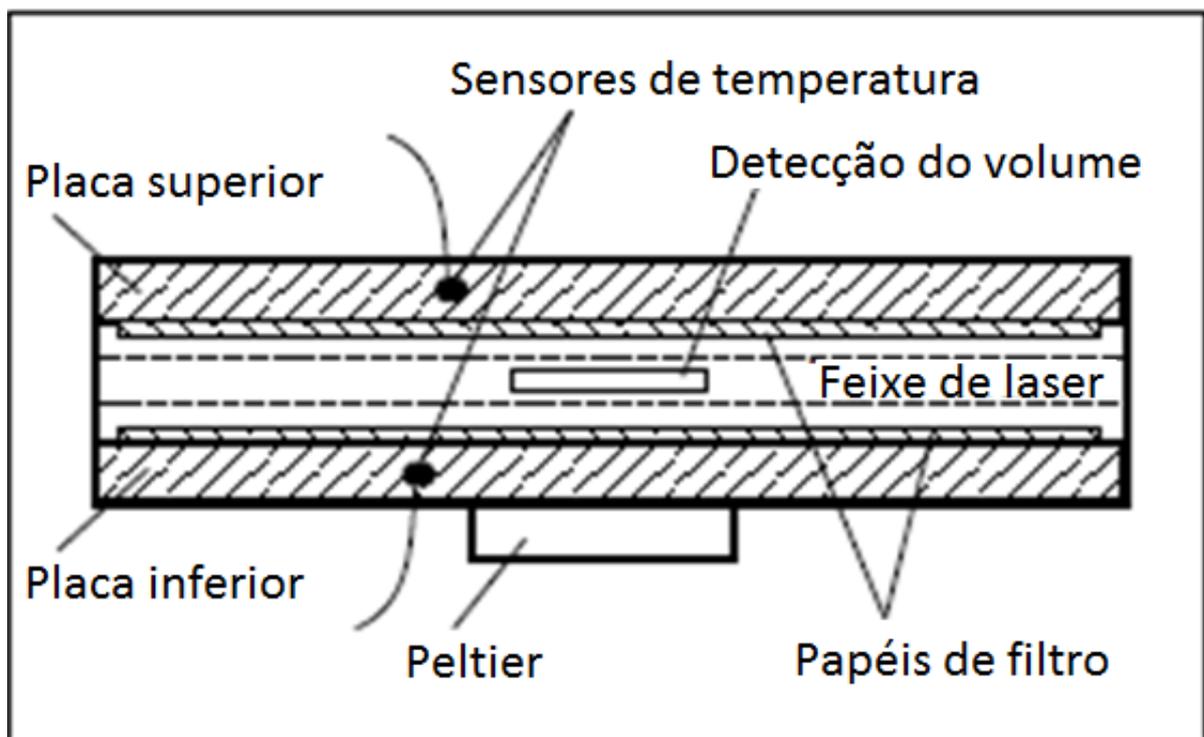
Os Núcleos de Condensação de Nuvem (CCN do inglês *Cloud Condensation Nuclei*) são um subconjunto da população atmosférica de aerossóis que tem afinidade com a água e auxiliam na formação de gotículas de nuvens. Segundo Williams et al (2002) e Andrea et al. (2004), embora a importância das interações de Aerossol – CCN – Nuvem e os efeitos subsequentes na hidrologia e no clima já sejam conceitualmente reconhecidos há muito tempo, as medidas de CCN nos trópicos, onde este subconjunto vital dos aerossóis pode exercer seu maior impacto, só há poucos anos passou a receber a devida importância, o que é extremamente relevante devido a importância do mesmo para o clima global.

Segundo Mendes (1995), as concentrações de gotas de nuvens são de fundamental importância na determinação das propriedades radiativas das nuvens e na evolução da precipitação que nelas ocorre. Medidas da concentração de CCN têm uma importância paralela, pois existe de forma razoavelmente clara, porém não simples, uma ligação entre estes núcleos e a concentração de gotículas. Por isso, as medidas de CCN são essenciais para fornecer uma ligação quantitativa entre a microfísica de nuvens e as propriedades físico-químicas dos aerossóis.

As observações são tipicamente representadas pelo número de CCN como uma função da supersaturação do vapor d'água (conhecido como espectro de ativação). Isto é feito porque cada partícula de CCN requer uma supersaturação mínima de vapor d'água, ou uma supersaturação crítica,  $S_c$ , para se converter numa gota d'água. Quando expostas a supersaturações maiores do que  $S_c$ , as partículas crescem a um

diâmetro crítico,  $D_{pc}$ , antes de atingir crescimento instável (ou crescimento sem limites) conhecido como ativação. Durante a ativação, o vapor d'água se condensa espontaneamente sobre o CCN que cresce até grandes diâmetros (10  $\mu\text{m}$  no ambiente das nuvens) limitados somente pela cinemática difusional e a disponibilidade de vapor d'água. Como se sabe,  $Sc$  e  $D_{pc}$  são funções somente do tamanho da partícula seca e da composição química.

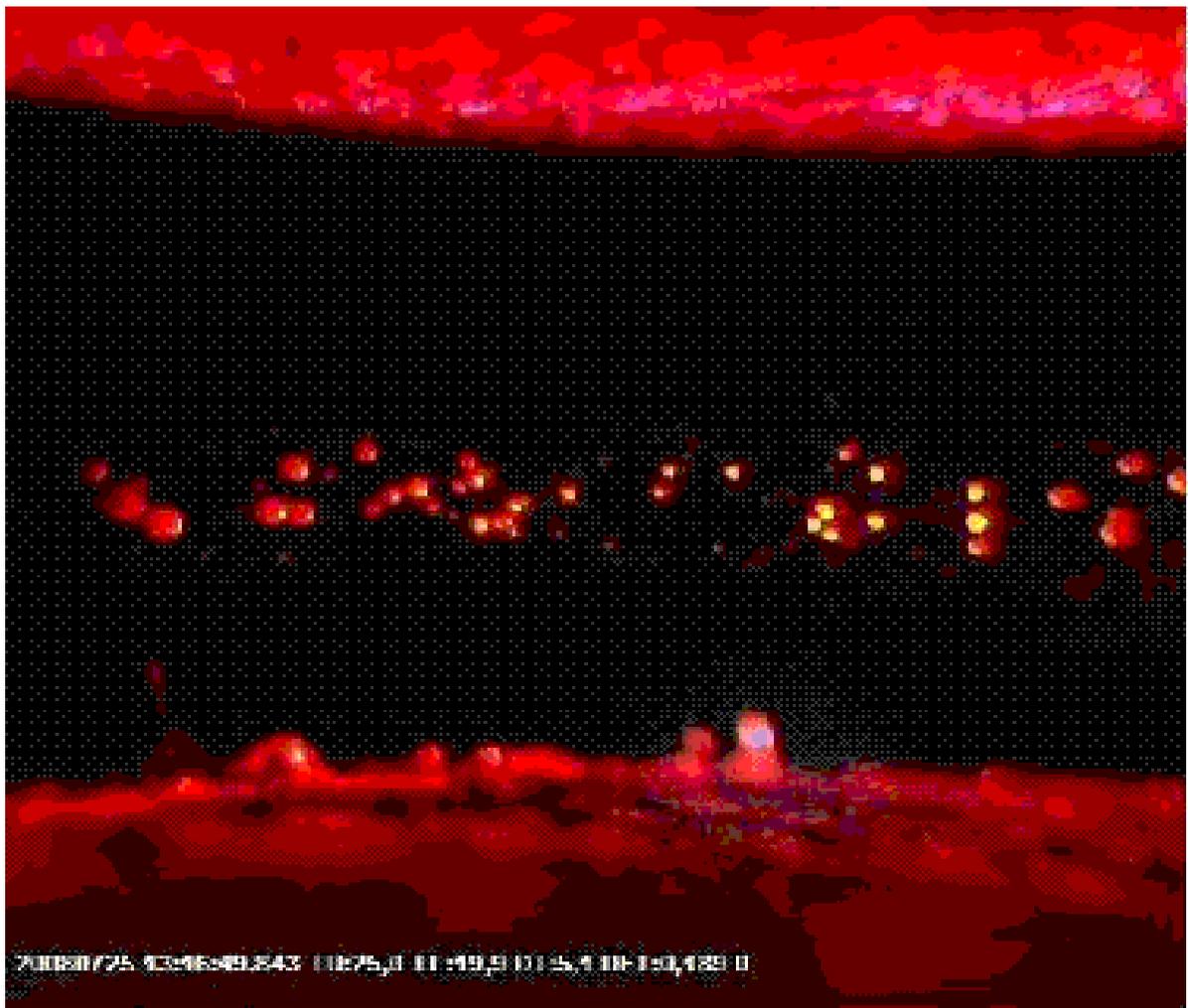
Instrumentos que inferem a concentração de CCN a uma supersaturação específica já existem há várias décadas, por exemplo: câmaras de difusão. A câmara de nuvens por difusão de gradiente térmico (ou câmara de difusão estática) é talvez a mais utilizada desde a sua concepção (Twomey, 1963). Nesta câmara, um perfil de supersaturação é estabelecido entre duas placas paralelas que têm diferentes temperaturas e estão umedecidas, conforme está esquematizado na figura 4.



**Figura 4-** Caracterização de uma Câmara Estática de Gradiente Térmico.

Com o estabelecimento da supersaturação, o vapor começa a condensar sobre as partículas de aerossol que começam a crescer em tamanho. Conseqüentemente, algumas destas gotículas são ativadas (continuam a crescer conforme a disponibilidade

de vapor) e precipitam devido à gravidade. Ao caírem elas passam por um volume de amostragem iluminado (laser) e espalham a luz, conforme pode ser observado na figura 5, sendo que o total de energia refletida é proporcional à concentração de CCN (Lala and Jiusto 1977; Bartlett and Ayers 1981; Oliveira and Vali 1995; Delene et al. 1998). Para determinar a concentração de CCN, a câmara deve ser carregada com uma amostra de ar e estar isolada para permitir que um perfil de supersaturação se desenvolva.



**Figura 5-** Imagem da câmara de condensação do CCNC do laboratório LIMMA da UECE. Ao centro são visualizadas várias gotas em fase de condensação e queda. A resolução numérica da imagem foi diminuída em relação à original.

Embora estas câmaras sejam de pequenos tamanhos, o que permite seu fácil emprego em experimentos de campo, há limitações nos seus resultados, como longo

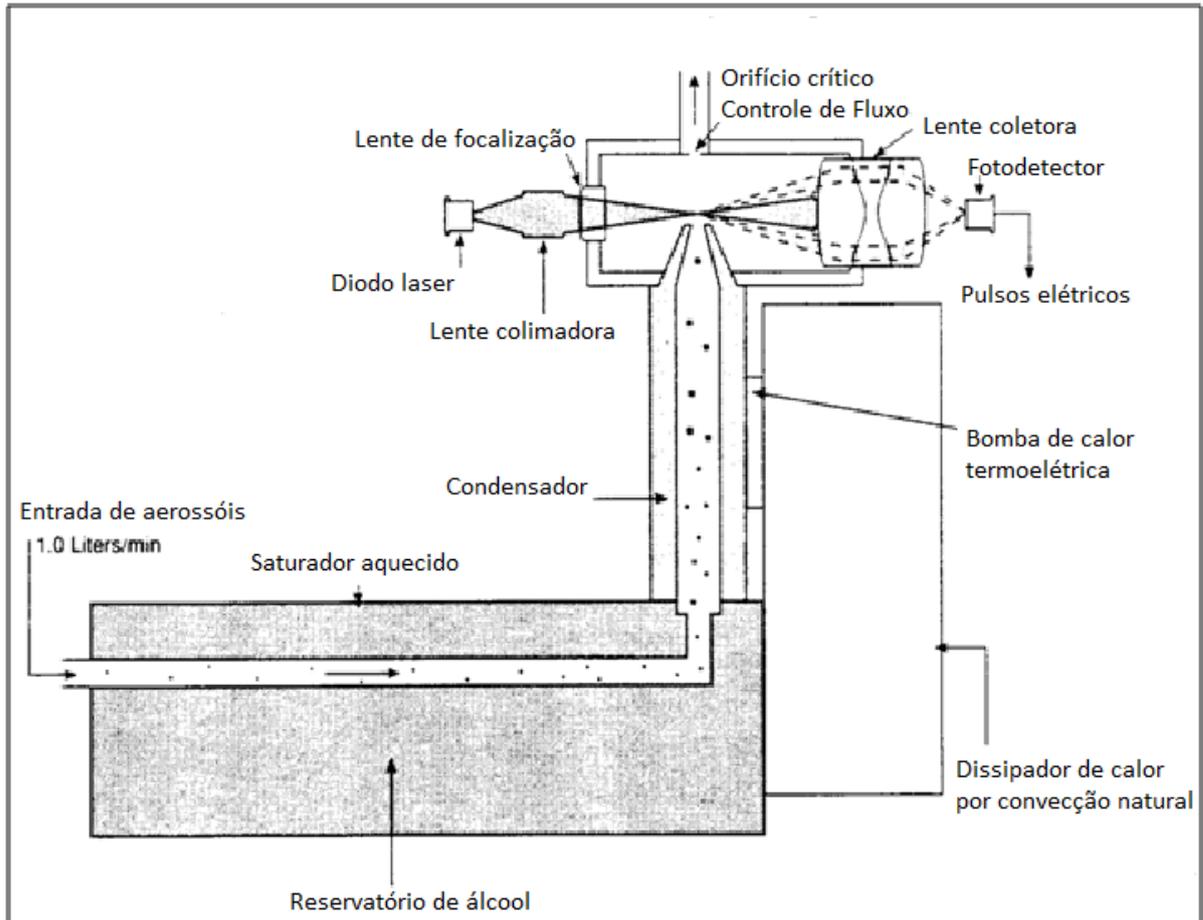
tempo para amostragem e limitação dos menores valores de supersaturação a serem utilizados.

### **2.3 Contador de Partículas de Condensação**

O Contador de Partículas de Condensação (CPC) consiste em um detector compacto para contagem de partículas com diâmetros superiores a  $0,01 \mu\text{m}$ . Ele opera como um contador ótico de partículas, as quais são detectadas através da condensação de vapor de álcool sobre as partículas do aerossol, promovendo o crescimento de gotículas sobre o núcleo embriônico. Essas partículas em forma de gotículas são contadas através do detector ótico (Ribeiro et. al, 2010).

De acordo com o mesmo autor, o ar ambiente é introduzido no equipamento a um fluxo de 1 lpm, o qual atravessa uma região aquecida e saturada de vapor de álcool (Butanol) e, posteriormente, por um meio refrigerador em direção à saída do ar, passando por uma câmara iluminada via sistema ótico por um *Diodo Laser*. As partículas são então detectadas através de um fotodetector após a colimação do feixe (Figura 6).

Esse instrumento utiliza-se do conceito de nucleação heterogênea e segue a formulação do Lord Kelvin, conforme revisto em Miller e Bodhaine (1982), que estabelece que para uma dada supersaturação, o vapor pode condensar sobre essa partícula se esta tiver uma dimensão maior que o raio crítico.



**Figura 6-** Esquema de funcionamento do CPC.

O software utilizado por este equipamento é o *CPCCount* que permite a apresentação dos resultados em número de partículas com diâmetros  $> 0.01 \mu\text{m} / \text{cm}^3$ . O CPC responde bem para dados de concentração até  $10.000 \text{ partículas}/\text{cm}^3$ , acima deste valor os erros nas medidas são consideráveis.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 O Processo de Condensação**

Há duas propriedades em comum nos vários processos de condensação. Primeiro, o ar deve estar saturado, o que acontece quando ele é resfriado abaixo de seu ponto de orvalho, o que é mais comum, ou quando vapor d'água é adicionado ao ar. Segundo, deve haver geralmente uma superfície sobre a qual o vapor d'água possa condensar. Quando da formação do orvalho, objetos próximos ou sobre o solo servem a este propósito. Quando a condensação ocorre no ar acima do solo, as minúsculas partículas em suspensão servem como superfície sobre a qual o vapor d'água condensa.

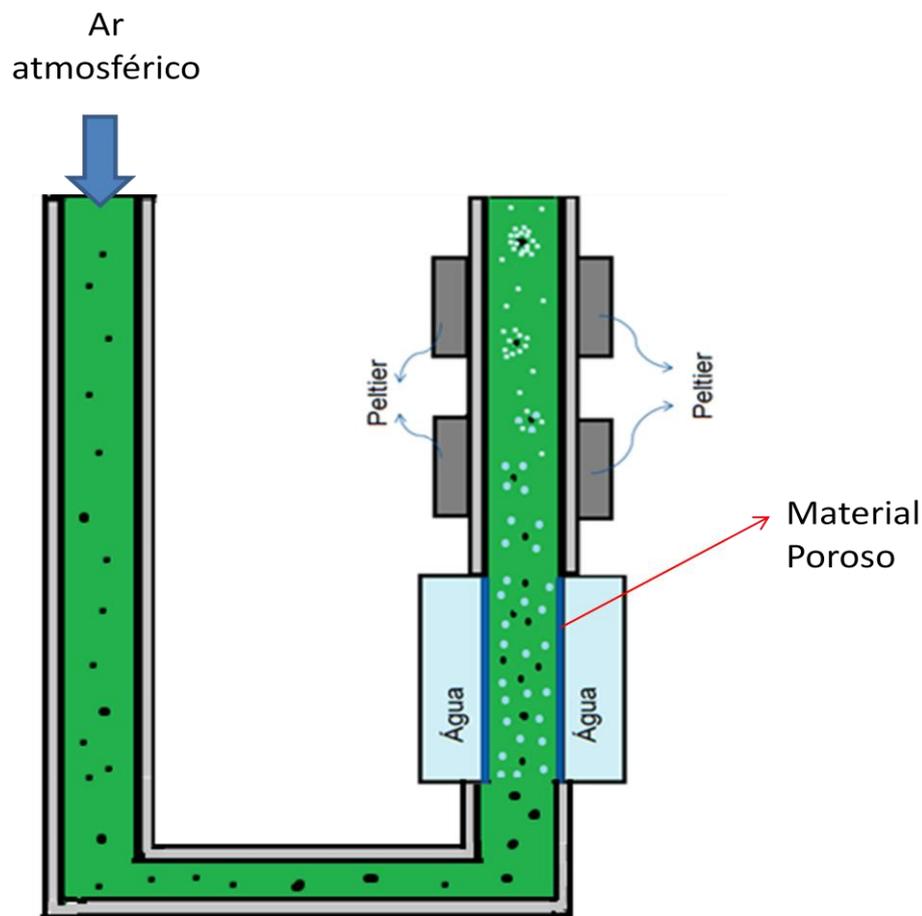
Na atmosfera as gotículas de nuvem não crescem a partir de gotículas menores porque o alto grau de supersaturação necessário para a condensação de gotículas muito pequenas não ocorre na atmosfera real. A atmosfera contém abundância de núcleos de condensação que fornecem superfícies relativamente grandes sobre as quais a condensação ou deposição pode ocorrer. Mais importante que a presença de núcleos relativamente grandes, contudo, é a presença de núcleos higroscópicos, que tem uma afinidade química especial (atração) por moléculas de água (por exemplo, sais marinhos).

A idéia aqui apresentada é uma exemplificação do controle de temperatura, num dispositivo de fluxo contínuo de ar (aquecendo e resfriando logo em seguida), para que possa ser criado um ambiente supersaturado capaz de provocar a ativação da fração dos aerossóis que podem servir como CCN.

### 3.2 Construção de uma Câmara Cilíndrica de Resfriamento de Fluxo Contínuo de Ar.

Esse projeto foi desenvolvido e simulado por meio do software Proteus. Trata-se de um hardware capaz de medir a temperatura inicial do ar dentro de um tubo cilíndrico em forma de “U” e calcular o quanto ele deve ser resfriado/aquecido para que possam ser visualizados os núcleos de condensação.

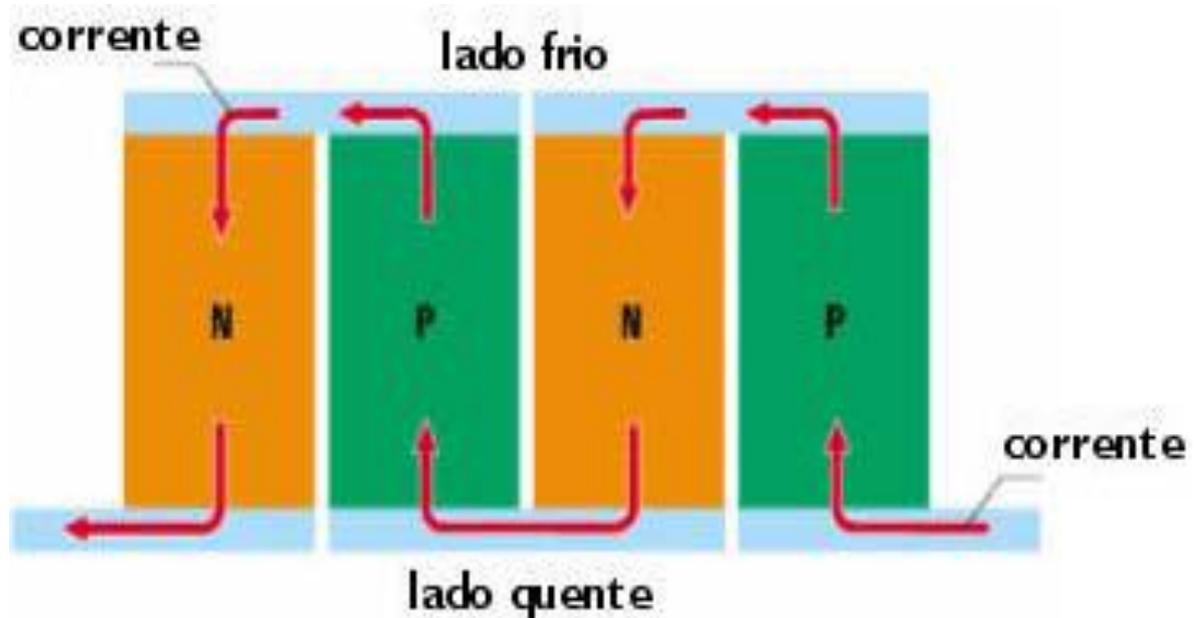
No arranjo da figura 7, o ar atmosférico entra pelo tubo e encontra, mais na frente, uma região com excesso de vapor d’água. Isso ocorre porque, acoplado ao tubo, existe um recipiente com água aquecida, que está em contato quase direto com o ar, separado apenas por um meio poroso. Logo em seguida, a amostra do ar atmosférico será submetida a um resfriamento e aquecimento, respectivamente, para que possa acontecer a condensação do vapor d’água sobre os CCN’s.



**Figura 7-** Esquema da Câmara Cilíndrica de Resfriamento.

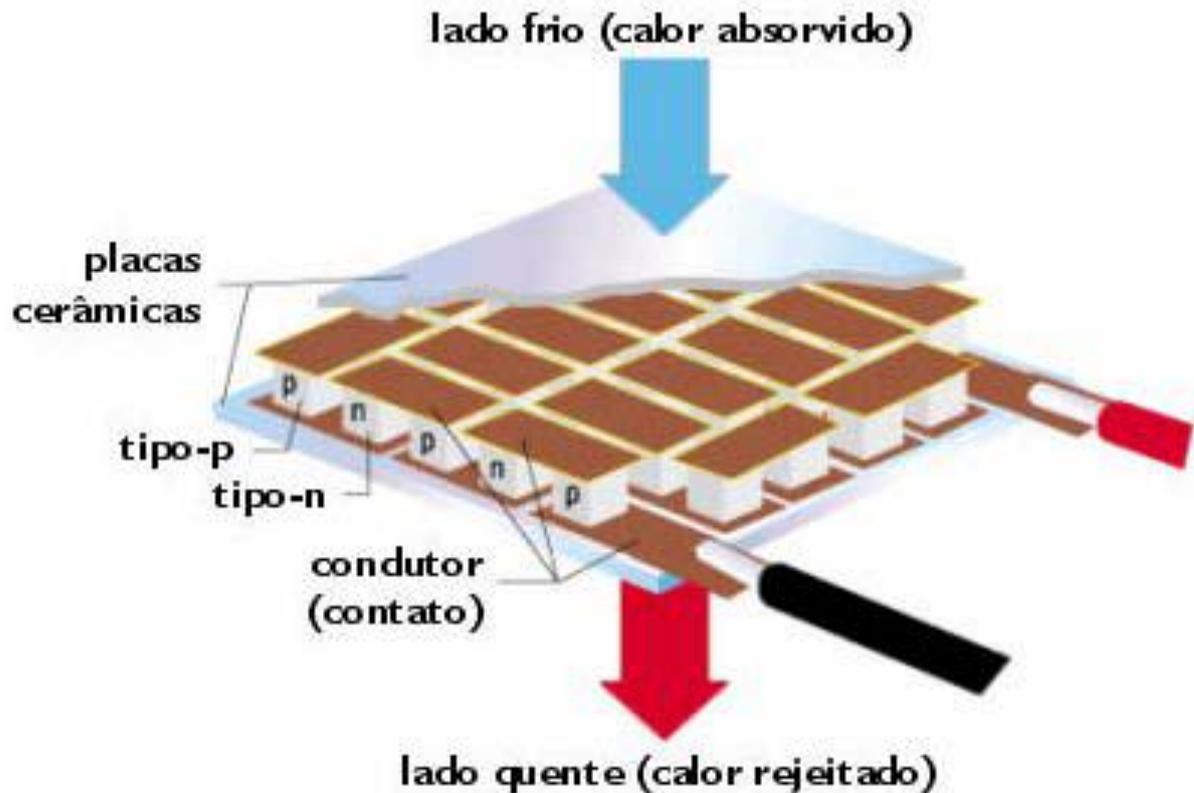
Esse procedimento poderá ser feito utilizando algumas pastilhas do tipo *Peltier*, que funcionarão sob os comandos de um microcontrolador através da modulação por largura de pulso, mais conhecida pela sigla em inglês PWM (*Pulse-Width Modulation*) e, também, sensores de temperatura.

As pastilhas do tipo *Peltier*, também conhecidas como pastilhas termoelétricas, utilizam o efeito resfriador ou aquecedor ao se fazer passar corrente elétrica contínua por dois condutores. Com uma voltagem aplicada entre os pólos, cria-se um diferencial de temperatura entre as faces opostas da placa. Basicamente, as pastilhas são formadas por semicondutores do tipo-p e tipo-n (Figura 8).



**Figura 8-** Semicondutor do tipo-n e do tipo-p.

Esses elementos semicondutores são soldados entre duas placas cerâmicas, eletricamente em série e termicamente em paralelo (Figura 9).



**Figura 9-** Esquema de uma pastilha termoelétrica.

Entre as vantagens do uso dos módulos *Peltier*, podemos destacar: são extremamente leve, possuem controle de temperatura preciso, são totalmente silenciosos, não há vibração, requerem menos espaço físico que os ciclos por compressão e absorção e requerem menos manutenção.

O microcontrolador escolhido para a simulação foi o Pic16f877, fabricado pela *Microship Technology*, por apresentar características adequadas ao equipamento (Figura 10). Possui conversor A/D de 10 bits, possibilitando a conversão das tensões do sensor com eficiência, e um total de 40 pinos, quantidade adequada para o perfeito funcionamento do projeto, tornando possível a visualização do sistema em um display de LCD 16x2, por exemplo. Esse microcontrolador processa dados de 8 bits e possui um conjunto de instruções RISC (*Reduced Instruction Set Computer* ou Computador com um Conjunto Reduzido de Instruções).

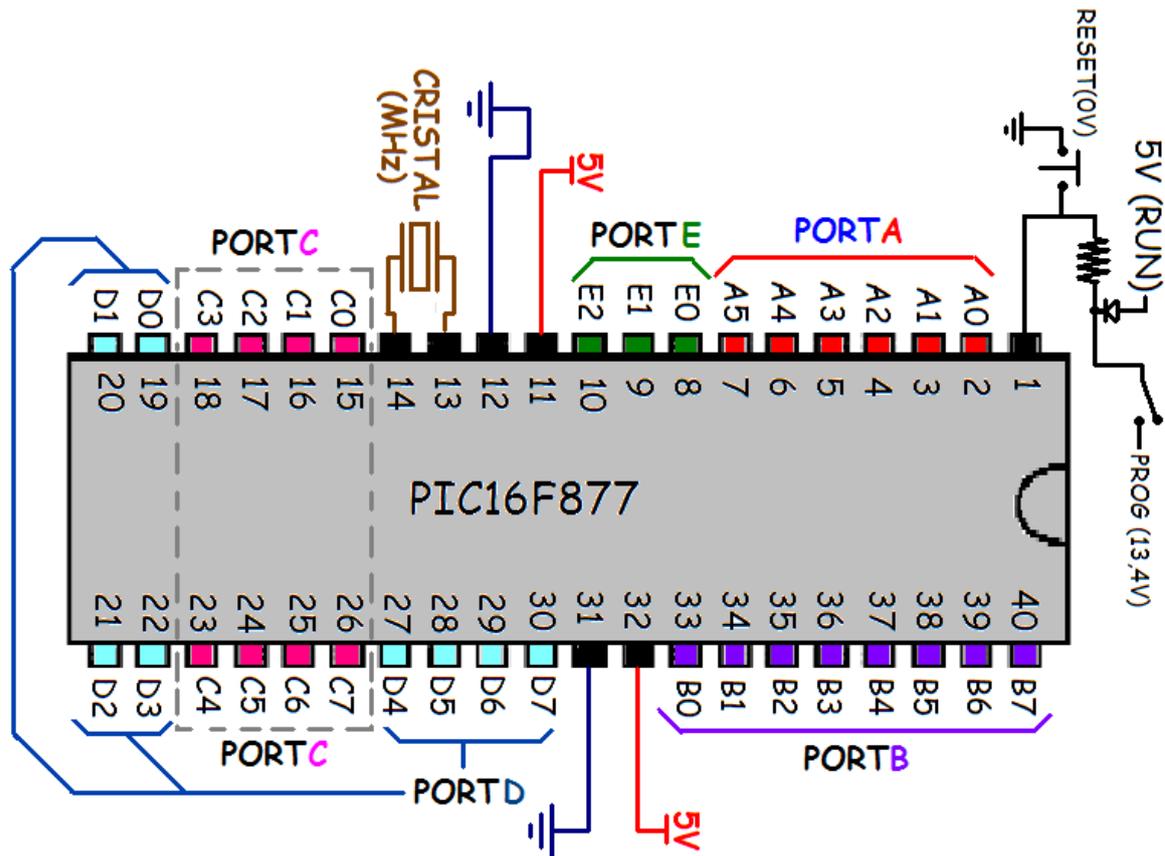


Figura 10- Microcontrolador PIC16F877.

A principal função do microcontrolador será aumentar ou diminuir a intensidade do resfriamento causado pela pastilha *Peltier* através de PWM. Esta técnica consiste em fazer variar a largura do pulso do sinal modulado, de amplitude e período constantes, em função da amplitude do sinal modulante, no contexto de comunicação digital (Fig. 11). Resumidamente trata-se do controle de uma onda quadrada, com largura de pulso variável, que pode ser utilizada no controle da quantidade de energia a ser retirada/cedida num sistema refrigerador/aquecedor, como no nosso caso.



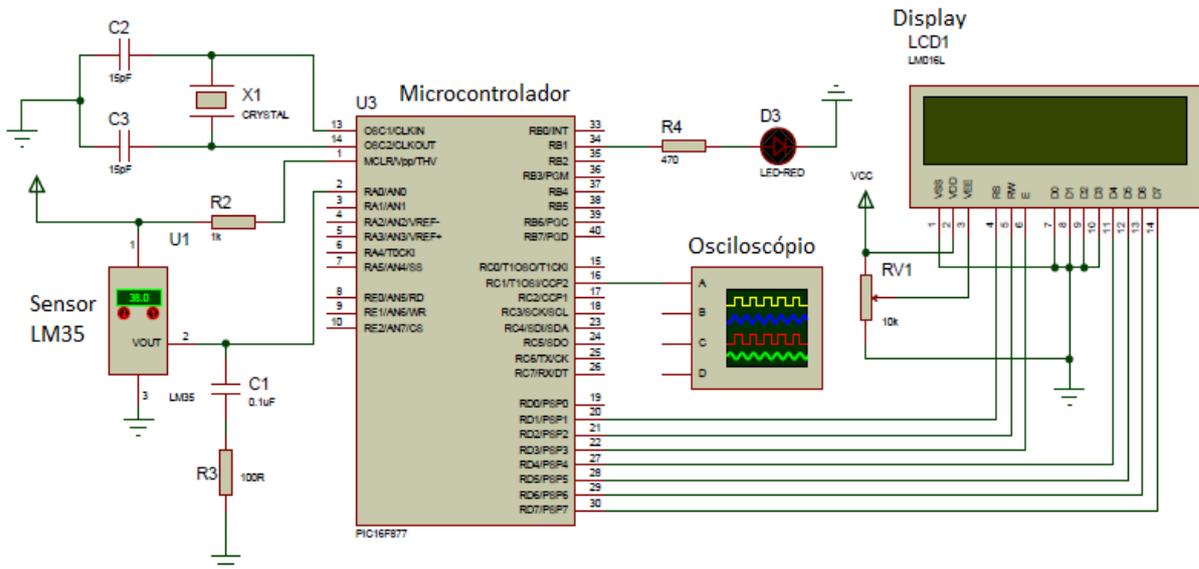
Figura 11- Apesar da variação da largura dos pulsos, o período da onda se matem constante.

Portanto, quando for necessário diminuir a temperatura dentro da câmara de condensação, o pulso de onda enviado pelo microprocessador para as pastilhas, deverá ser alargado a fim de que haja uma maior circulação de corrente elétrica sobre as mesmas e, assim, elas possam resfriar de forma mais intensa o recipiente, resultando na diminuição da temperatura.

## 4 RESULTADO

Para verificar a variação da largura do pulso em função da temperatura, foi criado (e simulado) um hardware no Proteus, onde foram feitos testes para diferentes entradas de temperatura.

A figura 12 mostra o esquema do circuito.



**Figura 12-** Circuito controlador das pastilhas termoeletricas. No pino 16 foi conectado o osciloscópio para visualizar a variação no pulso das ondas emitidas pelo microcontrolador.

Os pulsos de ondas enviados para as pastilhas são provenientes dos pinos 16 ou 17 do microcontrolador. O sensor de temperatura utilizado foi o LM35 (conectado ao pino 2) e para a visualização dos dados fez-se o uso de um display de LCD16x2. A vantagem de adotar o Proteus como simulador é sua vasta lista de componentes e equipamentos eletrônicos, tais como multímetros, amperímetros e osciloscópio que podem melhorar a simulação, apesar de não possuir as pastilhas termoeletricas.

As figuras seguintes mostram o funcionamento do equipamento para diferentes faixas de temperatura. O primeiro caso avaliado foi para uma suposta amostra de ar à cerca de 25 °C (Figura 13).



A figura 14 mostra a simulação para uma amostra de ar à 20 °C.

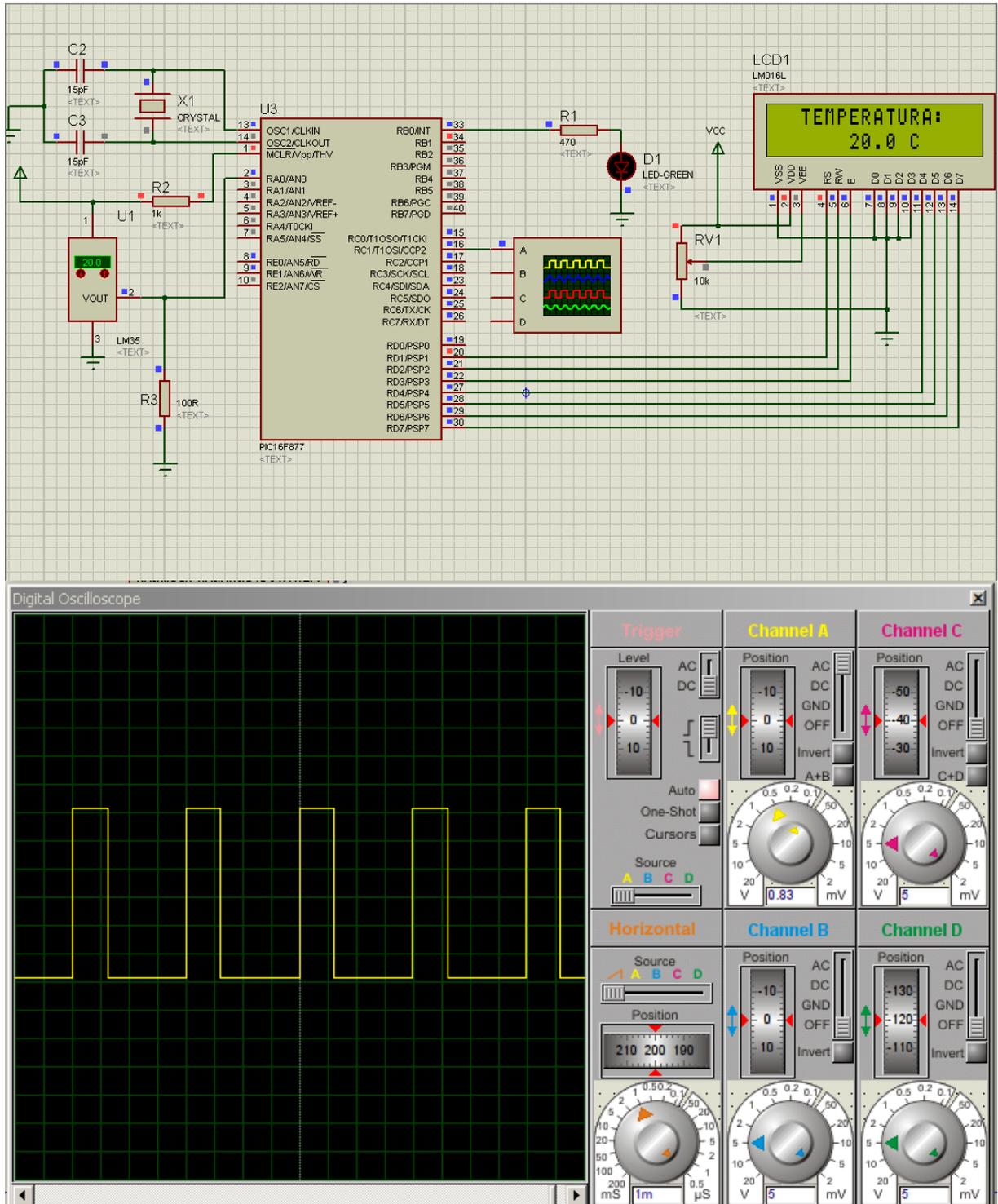


Figura 14- Simulação feita para a temperatura de aproximadamente 20 °C.



Como é possível observar, ao aumentar a temperatura, a largura do pulso da onda quadrada também aumenta. Esse efeito provocaria uma maior refrigeração do ar contido no interior da câmara cilíndrica de resfriamento, caso as pastilhas termoelétricas estivessem conectadas ao microcontrolador. Mais uma vez, o período da onda permanece o mesmo.

Uma grande vantagem de trabalhar com essas pastilhas Peltier é que o efeito de refrigerador ou aquecedor depende apenas do sentido da corrente nela aplicada. Sendo assim, se em algum momento uma das faces da pastilha estiver funcionando como aquecedor, basta apenas uma inversão de polaridade sobre a mesma e o efeito contrário poderá ser observado.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram apresentadas algumas das importâncias dos estudos dos aerossóis, desde a sua ajuda para a formação das nuvens (através dos CCN's), fazendo o vapor de água se acumular ao seu redor, até a sua contribuição para o aquecimento da atmosfera, provocado pelas parcelas procedentes da emissão da queima de combustíveis e florestas, que absorvem radiação e liberam calor, reduzindo assim a umidade do ar.

Foi, também, mencionada a ligação existente entre as medidas das concentrações de gotas de nuvens e os CCN, além da importância de estudá-los de forma mais detalhada, a fim de que conclusões mais concretas possam ser apresentadas em trabalhos futuros.

Apesar dos instrumentos que inferem medidas das concentrações de CCN a uma supersaturação específica já existirem a várias décadas, ainda são pouco difundidos no Brasil. Mesmo com o avanço das pesquisas, esses equipamentos ainda apresentam uma série de limitações, principalmente quando se trata da calibração do feixe de luz para a contagem das partículas.

Mediante as necessidades anteriormente citadas, foi proposta, por essa monografia, a construção de uma Câmara Cilíndrica de Resfriamento de Fluxo Contínuo de Ar, que seria utilizada para a ativação dos possíveis núcleos de condensação de nuvem.

Apesar do hardware aqui descrito não ter sido implementado de forma prática, ficou claro, por meio das simulações, que ele é uma boa opção para a ativação dos CCN's devido o controle de temperatura que se pode obter sobre a amostra de ar contida no interior da Câmara.

## 6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. P. ; MONTEIRO, J. S. . Medidas de CCN em Fortaleza. In: VI Brazilian Micrometeorology Workshop, 2009, Santa Maria. VI Brazilian Micrometeorology Workshop, 2009.

ANDRADE M.F., ORSINI C., MAENHAUT W. (1993a) Receptor Modeling for Inhalable Atmospheric Particles in São Paulo, Brazil. *Nuclear Instrum. And Methods in Phys. Research* B75, pp. 308-311.

ANDRADE, M. F. (1993b). Identificação de fontes da matéria particulada do aerossol atmosférico de São Paulo. Tese de Doutorado apresentada ao IF-USP para obtenção do título de doutor em Física Nuclear.

ANDREAE, M.O., D. ROSENFELD, P. ARTAXO, A. A. COSTA, G. P. FRANK, K. M. LONGO, e M. A. F. SILVA-DIAS: Smoking rain clouds over Amazon. **Science**, **303**, 1337 – 1342, 2004.

BARTLETT, M. B., e AYERS, P. G. (1981). Static Diffusion Cloud Chamber, *J.Rech. Atmos.* 15:231–233.

DELENE, J. D., DESHLER, T., WECHSLER, P., e VALI, A. G. (1998). A Balloon-borne Cloud Condensation Nuclei Counter, *J. Geophys. Res.* 103:8927.

GARCIA, M. P., YAMASOE, M. A.: Resultados de um Estudo Estatístico das Propriedades Ópticas das Partículas de Aerossol de Queimadas via AERONET. In: **XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2004, Fortaleza.

HINDS, W. C. (1982). Aerosol technology: properties, behavior, and measurement of airborne particles. **John Wiley & Sons**, NY.

Holben, B.N., Setzer, A., Eck, T.F., Pereira, A. e Slutsker, I. Effect of dry-season biomass burning on Amazon basin aerosol concentrations and optical properties, 1992-1994. *Journal of Geophysical Research* 101 D14, 19465-19481, 1996.

LALA e JIUSTO 1977: An Automatic Light Scattering CCN Counter, *J. Appl. Meteor.* 16:413–418.

LALA, G. G., e JIUSTO, E. J., 1977: An Automatic Light Scattering CCN Counter, *J. Appl. Meteor.* 16:413–418.

MENDES, C. M.: Calibração de um contador fotoelétrico de núcleos de condensação de nuvens. 1995. Dissertação (Mestrado em Física), Universidade Federal do Ceará. 1995.

MILLER, S. W. and B. A. BODHAINE (1982) “Supersaturation and expansion ratios in condensation nucleus counts: an historical perspective” *J. Aerosol Sci.*, Vol. 13, No. 6, pp. 481-490

OLIVEIRA, J. C. P. e VALI, G. (1995). Calibration of a Photoelectric Cloud Condensation Nucleus Chamber, *Atmos. Res.* 38: 237.

RIBEIRO, A., BEU, C. M. L., MELCHIOR, S. C. L., GONÇALVES, F. L. T., MASSAMBANI, O. e ANDRADE, F.: Núcleos de Condensação do Aerossol Atmosférico em Serra do Navio no Amapá. In: **IX Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 1996.

SEINFELD, J.H., PANDIS, S.N., (1998). Atmospheric Chemistry and Physics: from Air Pollution to Climate Change. *Wiley*, New York.

TWOMEY, S. (1963). Measurements of Natural Cloud Nuclei, *J. Rech. Atmos.* 1:101–105.

WILLIAMS, E., D. ROSENFELD, N. MADDEN, J. GERLACH, N. GEARS, L. ATKINSON, N. DUNNEMANN, G. FROSTROM, M. ANTONIO, B. BIAZON, R. CAMARGO, H. FRANCA, A. GOMES, M. LIMA, R. MACHADO, S. MANHAES, L. NACHTIGALL, H. PIVA, W. QUINTILIANO, L. MACHADO, P. ARTAXO, G. ROBERTS, N. RENNO, R. BLAKESLEE, J. BAILEY, D. BOCCIPPIO, A. BETTS, D. WOLFF, B. ROY, J. HALVERSON, T. RICKENBACH, J. FUENTES, E. AVELINO, Contrasting convective regimes over the Amazon: Implications for cloud

electrification. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 107, NO. D20, 8082, doi:10.1029/2001JD000380, 2002

YAMASOE, M. A., ARTAXO, P., SCHAFER, J., ECK, T. e HOLBEN, B.: Measurements and calculations of the influence of smoke particles on photosynthetically active radiation fluxes reaching the surface in the Amazon. *Eos Trans. AGU*, **81 (48)**, Fall Meet. Suppl., Abstract B61E-07, 2000.

# **ANEXOS**

## ANEXO A – TABELA DE PASTILHAS TERMOELÉTRICAS

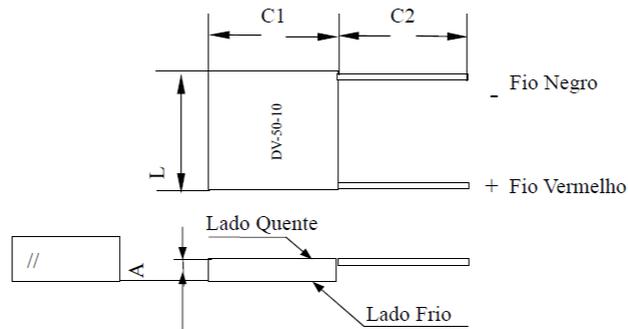
Modelo	Temperatura Ambiente = 27°C			Dimensões (mm)		
	I <sub>max</sub> (A)	Q <sub>max</sub> (W)	V <sub>max</sub> (V)	Com.	Larg.	Altura
DV-15-017-03	3	3.6	2.0	15	15	4.9
DV-20-031-03		6.5	3.8	20	20	
DV-30-071-03		14.9	8.5	30	30	
DV-40-127-03		26.7	15.4	40	40	
DV-15-017-04	4	4.8	2.0	15	15	4.5
DV-20-031-04		8.7	3.8	20	20	
DV-30-071-04		20.1	8.5	30	30	
DV-40-127-04		35.6	15.4	40	40	
DV-15-017-05	5	6	2.0	15	15	4.2
DV-30-071-05		24.9	8.5	30	30	
DV-40-127-05		44.5	15.4	40	40	
DV-15-017-06	6	7.1	2.0	15	15	3.8
DV-20-031-06		13.1	3.8	20	20	
DV-30-071-06		29.8	8.5	30	30	
DV-40-127-06		53.3	15.4	40	40	
DV-15-017-07	7	8.3	2.0	15	15	3.8
DV-30-071-07		34.8	8.5	30	30	
DV-40-127-07		62.2	15.4	40	40	
DV-20-031-08	8	17.4	3.8	20	20	3.3
DV-30-071-08		39.8	8.5	30	30	3.8
DV-40-127-08		71.1	15.4	40	40	
DV-50-127-08		71.1	15.4	50	50	5.1
DV-40-127-09	9	80.1	15.4	40	40	3.4
DV-15-017-10	10	11.9	2.0	15	15	3.3
DV-30-071-10		49.7	8.5	30	30	
DV-40-127-10				40	40	
DV-50-127-10		88.9	15.4	50	50	4.5
DV-62-127-10				62	62	6.1
DV-50-127-12	12	106.7	15.4	50	50	4.2
DV-50-127-14	14	124.4	15.4	50	50	4.3
DV-50-127-15	15	133.3	15.4	50	50	3.6
DV-62-127-30	30	266.7	15.4	62	62	4.8

## ANEXO B - DATA SHEET DA PASTILHA DV-50-10



### Datasheet: DV-50-10

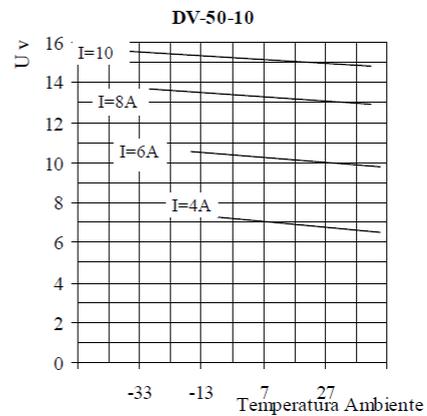
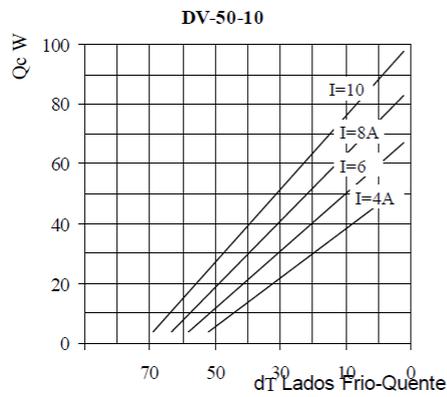
#### 1.1 Diagrama



#### 1.2 Dimensões e Especificações

C1 (mm)	L (mm)	A (mm)	C2 (mm)	Paralelismo
50.0±0.2	50.0±0.2	4.50±0.1	150±3	≤0.05

Pares	I <sub>max</sub> (A)	V <sub>max</sub> (V)	Q <sub>max(w)</sub> dT = 0	dT <sub>max</sub> (C) Q = 0	R(Ω)
127	10	15.4	85.1	68	1.08±0.1



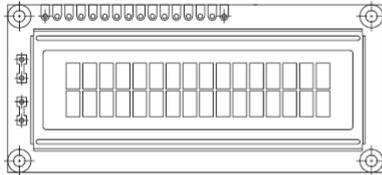
# ANEXO C – DISPLAY LCD 16x2



**LCD-016M002B**

Vishay

## 16 x 2 Character LCD



### FEATURES

- 5 x 8 dots with cursor
- Built-in controller (KS 0066 or Equivalent)
- + 5V power supply (Also available for + 3V)
- 1/16 duty cycle
- B/L to be driven by pin 1, pin 2 or pin 15, pin 16 or A.K (LED)
- N.V. optional for + 3V power supply

MECHANICAL DATA		
ITEM	STANDARD VALUE	UNIT
Module Dimension	80.0 x 36.0	mm
Viewing Area	66.0 x 16.0	mm
Dot Size	0.56 x 0.66	mm
Character Size	2.96 x 5.56	mm

ABSOLUTE MAXIMUM RATING					
ITEM	SYMBOL	STANDARD VALUE			UNIT
		MIN.	TYP.	MAX.	
Power Supply	VDD-VSS	- 0.3	-	7.0	V
Input Voltage	VI	- 0.3	-	VDD	V

NOTE: VSS = 0 Volt, VDD = 5.0 Volt

ELECTRICAL SPECIFICATIONS							
ITEM	SYMBOL	CONDITION	STANDARD VALUE			UNIT	
			MIN.	TYP.	MAX.		
Input Voltage	VDD	VDD = + 5V	4.7	5.0	5.3	V	
		VDD = + 3V	2.7	3.0	5.3	V	
Supply Current	IDD	VDD = 5V	-	1.2	3.0	mA	
Recommended LC Driving Voltage for Normal Temp. Version Module	VDD - V0	- 20 °C	-	-	-	V	
		0°C	4.2	4.8	5.1		
		25°C	3.8	4.2	4.6		
		50°C	3.6	4.0	4.4		
LED Forward Voltage	VF	25°C	-	4.2	4.6	V	
LED Forward Current	IF	25°C	Array	-	130	260	mA
			Edge	-	20	40	
EL Power Supply Current	IEL	Vel = 110VAC:400Hz	-	-	5.0	mA	

DISPLAY CHARACTER ADDRESS CODE:																
Display Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
DD RAM Address	00	01														0F
DD RAM Address	40	41														4F

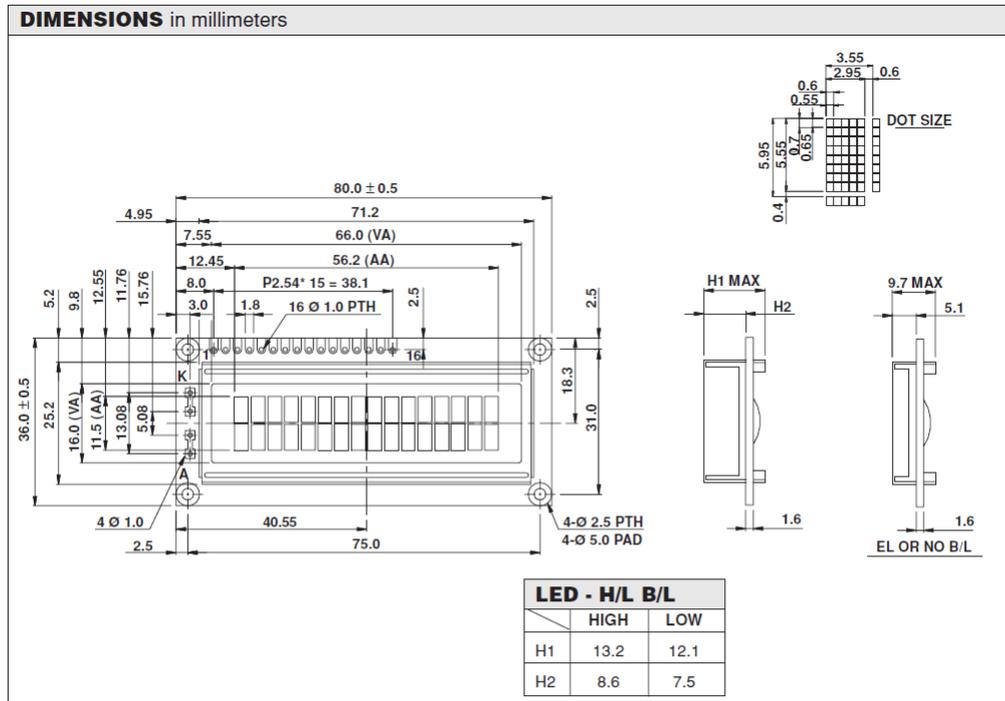
**LCD-016M002B**

Vishay

16 x 2 Character LCD



PIN NUMBER	SYMBOL	FUNCTION
1	Vss	GND
2	Vdd	+ 3V or + 5V
3	Vo	Contrast Adjustment
4	RS	H/L Register Select Signal
5	R/W	H/L Read/Write Signal
6	E	H → L Enable Signal
7	DB0	H/L Data Bus Line
8	DB1	H/L Data Bus Line
9	DB2	H/L Data Bus Line
10	DB3	H/L Data Bus Line
11	DB4	H/L Data Bus Line
12	DB5	H/L Data Bus Line
13	DB6	H/L Data Bus Line
14	DB7	H/L Data Bus Line
15	A/Vee	+ 4.2V for LED/Negative Voltage Output
16	K	Power Supply for B/L (OV)



## ANEXO D – PIC 16F877



## PIC16F87X

## 28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

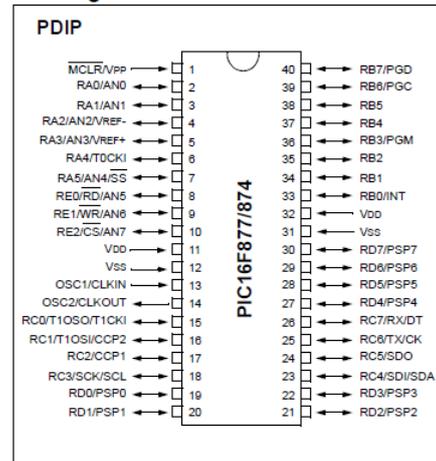
## Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873
- PIC16F874
- PIC16F876
- PIC16F877

## Microcontroller Core Features:

- High performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input  
DC - 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of FLASH Program Memory,  
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM)  
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to the PIC16C73B/74B/76/77
- Interrupt capability (up to 14 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and  
Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC  
oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low power, high speed CMOS FLASH/EEPROM  
technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP) via two  
pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial, Industrial and Extended temperature  
ranges
- Low-power consumption:
  - < 0.6 mA typical @ 3V, 4 MHz
  - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
  - < 1 µA typical standby current

## Pin Diagram



## Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler,  
can be incremented during SLEEP via external  
crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period  
register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
  - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
  - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
  - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master  
mode) and I<sup>2</sup>C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver  
Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address  
detection
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with  
external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for  
Brown-out Reset (BOR)