



**Rafael Prudencio Sacsá Díaz**

**Avaliação da influência da carga de gás  
em um sistema de condicionamento de  
ar automotivo**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial  
para obtenção do grau de Mestre pelo Programa  
de Pós-graduação em Engenharia Mecânica do  
Departamento de Engenharia Mecânica da  
PUC-Rio.

Orientador: Prof. Sérgio Leal Braga

Rio de Janeiro  
Outubro de 2002.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

### **Rafael Prudencio Sacsa Díaz**

Graduou-se em Engenharia Mecânica Elétrica na UNSA (Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa - Perú) em 1996. A tese para obter o diploma de Engenheiro Profissional foi sobre a melhora de sistemas elétricos em hospitais para serviços especiais feitos no hospital Antonio Lorena no ano de 1999. Animado por seu constante desejo de melhorar veio para o Rio de Janeiro, afastando-se da atividade profissional, onde iniciou seus estudos de mestrado na linha de pesquisa de Refrigeração, área de Termociências no ano 2000, desenvolvendo-se no Laboratório de Refrigeração e Aquecimento LRA. PUC-Rio Brasil.

#### Ficha Catalográfica

Sacsa Díaz, Rafael Prudencio

Avaliação da influência da carga de gás em um sistema de condicionamento de ar automotivo / Rafael Prudencio Sacsa Díaz ; orientador: Sergio Leal Braga. – Rio de Janeiro : PUC, Departamento de Engenharia Mecânica, 2002.

[21], 143 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Mecânica.

Inclui referências bibliográficas.

1. Engenharia mecânica – Teses. 2. Refrigeração automotiva. 3. Condicionamento de ar. 4. Estudo experimental. 5. Ciclo de refrigeração. 6. Carga de gás refrigerante. 7. R-134 a. I. Braga, Sergio Leal. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. III. Título.

CDD: 621

Aos meus pais Maria e Prudencio,  
Pela educação, confiança e carinho.

A Roxana,  
Por um mundo melhor.

## Agradecimentos

- Ao meu Orientador o Professor Sérgio Leal Braga, pelas importantes contribuições, esclarecimentos, paciência, tempo dispensado na orientação e auxílio concedido, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.
- Aos meus grandes irmãos, Miguel e Juan Carlos que próximos ou distantes, me incentivaram nesta jornada, pela luta e perseverança deles exemplo de força para mi, durante a vida toda.
- Aos professores do Departamento de Engenharia Mecânica por terem colaborado em minha formação.
- Ao Alexandre e Rogério pelo auxílio.
- Aos funcionários Rosely, Leninaldo, Jandir e Lourenço
- Aos amigos do Laboratório de Refrigeração e Aquecimento, LRA PUC-Rio: Elizabet, Daniel, Márcia, Epifanio, Frank, Joel, Jaime, José, Hugo, Carlos Ingar.
- Ao departamento do ITUC, em especial a Beth, Fada e Marcos.
- Aos meus amigos “Wolf” pela época, à lembrança deles de um tempo que não voltara mais e a Deus pela saudade: Lalo, César, Joel, Erick, Marco, Jhony, José.
- À CAPES, pelo apoio financeiro através da bolsa de estudo.

Muito grato.  
Rafael Prudencio Sacsa Díaz

## Resumo

Díaz, Rafael Prudencio Sacsá; Braga, Sergio Leal. **Avaliação da influência da Carga de gás em um sistema de condicionamento de ar automotivo**. Rio de Janeiro, 2002. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A tecnologia automotiva moderna alcança progressos consideráveis tanto no aspecto mecânico como funcional, com esses avanços tecnológicos, o maior progresso foi feito na estrutura dos automóveis e dos sistemas de ar condicionado.

O presente trabalho é desenvolvido considerando a importância da utilização de gás refrigerante, já que se tornou um assunto ambiental de grande importância pelo fato de ter um papel na destruição da camada de ozônio.

Foi construída uma bancada experimental que consta de duas câmaras isoladas para a colocação do equipamento, instrumentos, dispositivos de medição e geração de carga térmica, em seguida foi montado um condicionador de ar automotivo composto por componentes originais do sistema de condicionamento de ar de um automóvel para simular funcionamentos, com a finalidade de avaliar os parâmetros de funcionamento afetados quando são utilizadas diferentes cargas de gás refrigerante.

Foram realizados testes controlando a temperatura e umidade constantes no habitáculo automotivo (câmara 1), para variações de temperatura na câmara (2), da vazão mássica no sistema e variações de torque e velocidade, no sistema motor - compressor, com diferentes quantidades de gás refrigerante originando situações de insuficiência de carga, carga adequada e sobre carga.

Para o controle da carga térmica dentro das câmaras foram utilizados controladores de potência e um software aplicativo. Os parâmetros de operação do equipamento foram obtidos e arquivados mediante um sistema automático de aquisição de dados.

Os resultados experimentais mostraram o comportamento real do ciclo de refrigeração, a queda de pressão nas linhas de descarga e de sucção, assim como no condensador e no evaporador. Apresenta-se o sub-resfriamento do refrigerante na saída do condensador bem como o superaquecimento na sucção. Verifica-se uma tendência politrópica, no lugar do processo isentrópico do ciclo ideal. Esta divergência do ciclo faz com que a temperatura de descarga do compressor ( $T_2$ ) seja elevada.

A carga de gás refrigerante exerce influência no desempenho de um sistema de condicionamento de ar e os resultados do presente trabalho concordaram bem com as expectativas teóricas do problema considerado.

### **Palavras - chave**

Refrigeração automotiva; condicionamento de ar; estudo experimental; ciclo de refrigeração; carga de gás refrigerante; R-134a

## Abstract

Díaz, Rafael Prudencio Sacsá; Braga, Leal Sergio. Evaluation of the gas load influence on an automotive air conditioning system. Rio De Janeiro, 2002. Master degree Dissertation. Department of Mechanical Engineering, Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro.

The modern automotive technology reaches considerable progress's in the mechanical aspect as in the functional, with these technological advances, the biggest progress was made in the structure of the automobiles and in the air conditioning systems. Considering the importance of the use of refrigerant, the present work is developed, because the refrigerant gas became a great importance ambient subject for its paper in the ozone layer destruction.

An experimental bench was constructed; it consists of two isolated chambers, where equipment, instruments, devices of measurement and thermal load generation were installed. After that, an automotive air conditioner was mounted, made up of original components from an automobile air conditioning system to simulate operation, with the purpose to evaluate the operation parameters affected when using different refrigerant loads.

Tests with constant temperature and humidity in the simulated automotive chamber (1) for variations of chamber (2) temperature, of mass outflow in the system and variations of torque and speed in the motor-compressor system were performed with different refrigerating amounts creating situations of insufficient load, adequate load and over load.

For the chambers thermal load controlling, power controlling and appropriate software were used. The equipment operational parameters had been gotten and filed by means of an automatic data acquisition system.

The experimental results had shown the real behavior of the refrigeration cycle, the pressure drop in the discharge and suction lines, as well as in the condenser and the evaporator. Also the refrigerant sub-cooling in the exit of the condenser, the gas overheating in the suction, the polytropic trend instead of the ideal cycle isentropic process was observed. This divergence from the ideal cycle makes the discharge compressor temperature ( $T_2$ ) was higher.

The refrigerant gas charge influences the performance of an air conditioning system and the present work results agreed well with the theoretical expectations for the considered problem.

### **keywords**

Refrigeration automotive; air conditioning; experimental study; refrigeration cycle; refrigerant charge; R-134a

## Sumário

1. Capítulo I: Introdução	22
1.1. Motivação	22
1.2. Situação atual	23
1.3. Objetivos.	23
1.4. Descrição do trabalho	23
1.5. Organização do trabalho	25
2. Capítulo II: Ar Condicionado Automotivo	27
2.1. Ar Condicionado, Refrigeração e refrigerante utilizado.	27
2.2. Elementos que compõem o condicionamento de ar automotivo	28
2.3. Processos durante a troca de calor do ciclo veicular	32
2.4. Determinação das potências térmicas	33
2.5. Revisão Bibliográfica.	34
3. Capítulo III: Construção da bancada de testes	36
3.1. Descrição	36
3.2. Construção na etapa I.	36
3.2.1. Câmara de testes	37
3.2.1.1. Equipamento das câmaras	38
3.2.1.2. Carga térmica	41
3.2.1.3. O umidificador	42
3.3. Construção na etapa II.	43
3.4. construção na etapa III.	45
3.4.1. Instrumentação das câmaras (1) e (2)	45
3.4.1.1. Medidas de temperatura	45
3.4.1.2. Posicionamento dos sensores de temperatura no Compartimento do condensador e evaporador.	46
3.5. Construção na etapa IV.	50
3.5.1. Cilindro dosador	50

3.5.2. Determinação da carga de gás	52
3.6. Construção na etapa V.	53
3.6.1. Controlador de temperatura	53
3.6.2. Controlador de umidade	54
3.6.3. Controlador de potência	55
3.6.4. Sistema de aquisição de dados (DAS)	56
3.7. Construção na etapa VI.	56
3.8. Implementação do controle	58
4. Capítulo IV: Procedimento experimental	62
4.1. Apresentação geral da bancada	62
4.2. Condições de operação das câmaras de ensaios	66
4.3. Condições de operação do ciclo de refrigeração automotivo.	66
4.3.1. Condições de teste	66
4.3.2. Condições de operação	67
4.3.3. Medição da temperatura na câmara ambiente	67
4.3.4. Medição da temperatura na câmara automotiva	68
4.3.5. Condições ambientais	69
4.4. O circuito de compressão de vapor automotivo	69
4.5. Instrumentação da bancada	73
4.5.1. Transdutores de pressão	73
4.5.2. Transdutores de temperatura	73
4.5.3. Tacômetro estroboscópico digital	74
4.5.4. Sensor magnético	74
4.5.5. Controlador de umidade	75
4.5.6. Bomba de vácuo	76
4.5.7. Detectores de vazamento	77
4.5.8. Cilindro dosador	77
4.5.9. Determinação da carga de gás	78
4.5.10. Quadro de controle do sistema geral.	80
4.6. Fluxo de ar variável no evaporador e no condensador.	81
4.7. Sistema de alimentação de água.	82
4.8. Restrição do sistema de controle e aquisição de dados na simulação da carga térmica na câmara (1).	82

4.9. Restrição do sistema de controle e aquisição de dados na simulação da carga térmica na câmara (2).	84
4.10. Implementação do sistema de aquisição de dados e controle.	86
5. Capítulo V: Resultados.	94
5.1. Análise da influência das variações de resistência no eletroventilador do evaporador.	117
5.2. Influência da $T_{cd}$ no diagrama P-h com $T_{ev} = 18^{\circ}C$ , Carga 2	134
5.3. Influência da $T_{cd}$ no diagrama P-h com $T_{ev} = 21^{\circ}C$ , Carga 2	136
5.4. Influência da $T_{cd}$ no diagrama P-h com $T_{ev} = 24^{\circ}C$ , Carga 2	137
5.5. Influência da $T_{cd}$ no diagrama P-h com $T_{ev} = 18^{\circ}C$ , Carga 3.	138
5.6. Influência da $T_{cd}$ no diagrama P-h com $T_{ev} = 21^{\circ}C$ , Carga 3.	139
5.7. Influência da $T_{cd}$ no diagrama P-h com $T_{ev} = 24^{\circ}C$ , Carga 3.	140
5.8. Efeito da variação da carga de gás refrigerante no diagrama P-h. Carga 2	141
6. Capítulo VI: Conclusões.	143
6.1. Sugestões para trabalhos futuros	145
7. Referências bibliográficas	146
8. Apêndice A	152

## Lista de figuras

Figura 1.1- Câmaras de ensaios com sistemas de recirculação de fluxo para o Condensador e Evaporador.	24
Figura. 2.1. Posicionamento do sistema de condicionamento de ar no veículo.	28
Figura 2.2- Compressor de disco inclinado.	28
Figura 2.3- Esquema de um sistema de condicionamento de ar automotivo-típico.	30
Figura 2.4- Diagrama dos componentes principais do condicionamento de ar num veículo.	32
Figura 2.5- Diagrama Pressão – Volume específico do ciclo e pontos de troca de calor no veículo.	33
Figura 3.1- Disposição do condensador dentro da câmara de ensaios.	37
Figura 3.2- Disposição do evaporador dentro da câmara de ensaios.	38
Figura 3.3- Câmaras de ensaios para Condensador e Evaporador.	40
Figura 3.4- Linhas de posicionamento dos sensores de temperatura nas câmaras de ensaios. Condensador (1)-Evaporador (2).	41
Figura 3.5- Distribuição das resistências que fazem parte da carga térmica da Câmara (1).	42
Figura 3.6- Distribuição das resistências que fazem parte da carga térmica da Câmara (2).	43
Figura 3.7- Medidor de Vazão Mássica Coriolis.	44
Figura 3.8- Conjunto equipe dosificador para efetuar cargas de gás.	51
Figura 3.9- Curva Cilindro Dosificador a $T=25,32\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $P=92\text{ Psig}$ .	52
Figura 3.10- Esquema Carga de Gás ao Sistema.	53

Figura 3.11- Seqüência dos passos para a programação do controlador Omega.	54
Figura 3.12- Esquema do Controle da Temperatura e Umidade nas Câmaras.	55
Figura 3.13- Esquema ENCODER.	56
Figura 3.14- Interface de comunicação ENCODER.	57
Figura 3.15.- Esquema do Monitoramento de Torque e rotação no Compressor.	58
Figura 3.16- Interface principal de comunicação com o usuário feito no LabView.	59
Figura 3.17- Interface de comunicação Conversão Câmara (2).	60
Figura 3.18- Interface de comunicação Conversão Slot300.vi Câmara (2).	61
Figura 4.1- Visual geral da bancada de Condicionamento de Ar Automotivo.	62
Figura 4.2- Vista esquemática geral de montagem do aparato experimental automotivo.	63
Figura 4.3- O Condensador na Câmara de ensaios N° (1).	64
Figura 4.4- O Evaporador na Câmara de ensaios N° (2).	65
Figura 4.5- Condicionamento interno e externo da câmara de ensaios (2).	67
Figura 4.6- Instrumentação da câmara de ensaios (1).	68
Figura 4.7- Instrumentação da câmara de ensaios (2).	69
Figura 4.8- Sistema Motor - Compressor.	71
Figura 4.9- Localização Válvula de expansão	72
Figura 4.10- Elementos constitutivos da bancada.	73
Figura 4.11- Posicionamento do Sensor Magnético no compressor.	75
Figura 4.12- Posicionamento do Controlador de Umidade	76
Figura 4.13- Construção do cilindro dosificador de gás R-134 <sup>a</sup>	78
Figura 4.14- O Sistema de Carga de Gás.	80
Figura 4.15- Quadro de controle do Sistema de Refrigeração.	81
Figura 4.16- Conjunto umidificador - ventilador.	82
Figura 4.17.- Sistema de malha fechada avaliado através do Simulink.	84
Figura 4.18. Gráfico Simulink mostra a resposta do sistema para câmara (1).	84

Figura 4.19- Sistema de malha fechada avaliado através do Simulink.	85
Figura 4.20- Gráfico Simulink mostra a resposta do sistema para Câmara (2).	85
Figura 4.21- Configuração da Interface HP 34970 – Instr.	86
Figura 4.22- Configuração dos slots de controle e aquisição de dados.	87
Figura 4.23- Configuração sub-rotina Output.	88
Figura 4.24- Configuração da distribuição do processamento do string.	89
Figura 4.25- Configuração sub-rotina Conversão para a Câmara (2).	91
Figura 4.26- Configuração sub-rotina ConversãoSlot300 para a Câmara ( 1).	93
Figura 5.1.- Fluxo de massa em função das rotações do compressor. $T_{cd} = 34^{\circ} C$	98
Figura 5.2.- Fluxo de massa em função das rotações do compressor. $T_{cd} = 37^{\circ} C$	98
Figura 5.3.- Fluxo de massa em função das rotações do compressor. $T_{cd} = 40^{\circ} C$	99
Figura 5.4.- Fluxo de massa em função das rotações do compressor. $T_{cd} = 37^{\circ} C$	99
Figura 5.5.- Fluxo de massa em função das rotações do compressor. $T_{cd} = 37^{\circ} C$	100
Figura 5.6.- Fluxo de massa em função das rotações do compressor. $T_{cd} = 34^{\circ} C$	100
Figura 5.7.- $\dot{Q}_{ev}$ em função das rotações do compressor, $T_{cd} = 34^{\circ} C$	101
Figura 5.8.- $\dot{Q}_{ev}$ em função das rotações do compressor, $T_{cd} = 37^{\circ} C$	101
Figura 5.9.- $\dot{Q}_{ev}$ em função das rotações do compressor, $T_{cd} = 40^{\circ} C$	102
Figura 5.10- COP em função das rotações do compressor, $T_{cd} = 34^{\circ} C$	102
Figura 5.11- COP em função das rotações do compressor, $T_{cd} = 37^{\circ} C$	103
Figura 5.12- COP em função das rotações do compressor, $T_{cd} = 40^{\circ} C$	103
Figura 5.13- COP em função das rotações do compressor, $T_{cd} = 34^{\circ} C$	104

Figura 5.14-	COP em função das rotações do compressor, $T_{cd} = 37^{\circ} C$	104
Figura 5.15-	COP em função das rotações do compressor, $T_{cd} = 40^{\circ} C$	105
Figura 5.16-	$\dot{W}_c$ em função das rotações do compressor, $T_{cd} = 34^{\circ} C$	105
Figura 5.17-	$\dot{W}_c$ em função das rotações do compressor, $T_{cd} = 37^{\circ} C$	106
Figura 5.18-	$\dot{W}_c$ em função das rotações do compressor, $T_{cd} = 40^{\circ} C$	106
Figura 5.19-	$\dot{W}_c$ em função das rotações do compressor, $T_{cd} = 34^{\circ} C$	107
Figura 5.20-	$\dot{W}_c$ em função das rotações do compressor, $T_{cd} = 37^{\circ} C$	107
Figura 5.21-	$\dot{W}_c$ em função das rotações do compressor, $T_{cd} = 40^{\circ} C$	108
Figura 5.22-	$\dot{W}_c$ em função das rotações do compressor, $T_{cd} = 34^{\circ} C$	108
Figura 5.23-	$\dot{W}_c$ em função das rotações do compressor, $T_{cd} = 37^{\circ} C$	109
Figura 5.24-	$\dot{W}_c$ em função das rotações do compressor, $T_{cd} = 40^{\circ} C$	109
Figura 5.25-	$\dot{Q}_{ev}$ em função da temperatura de evaporação, $T_{cd} = 34^{\circ} C$	110
Figura 5.26-	$\dot{Q}_{ev}$ em função da temperatura de evaporação, $T_{cd} = 37^{\circ} C$	110
Figura 5.27-	$\dot{Q}_{ev}$ em função da temperatura de evaporação, $T_{cd} = 40^{\circ} C$	111
Figura 5.28-	$\dot{Q}_{cd}$ em função da temperatura de condensação, $T_{ev} = 18^{\circ} C$	111
Figura 5.29-	$\dot{Q}_{cd}$ em função da temperatura de condensação, $T_{ev} = 21^{\circ} C$	112
Figura 5.30-	$\dot{Q}_{cd}$ em função da temperatura de condensação, $T_{ev} = 24^{\circ} C$	112
Figura 5.31-	$\dot{Q}_{cd}$ em função da temperatura de condensação, $T_{ev} = 27^{\circ} C$	113
Figura 5.32-	Fluxo mássico em função da temperatura de evaporação, $T_{cd} = 34^{\circ} C$	113
Figura 5.33-	Fluxo mássico em função da temperatura de evaporação, $T_{cd} = 37^{\circ} C$	114
Figura 5.34-	Fluxo mássico em função da temperatura de evaporação, $T_{cd} = 40^{\circ} C$	114

Figura 5.35- Fluxo mássico em função da temperatura de condensação, $T_{cd} = 18^{\circ} C$	115
Figura 5.36- Fluxo mássico em função da temperatura de condensação, $T_{cd} = 21^{\circ} C$	115
Figura 5.37- Fluxo mássico em função da temperatura de condensação, $T_{cd} = 24^{\circ} C$	116
Figura 5.38- Fluxo mássico em função da temperatura de condensação, $T_{cd} = 27^{\circ} C$	116
Figura 5.39- $\dot{W}_c$ em função da resistência do eletroventilador, $T_{cd} = 34^{\circ} C$	117
Figura 5.40- $\dot{W}_c$ em função da resistência do eletroventilador, $T_{cd} = 37^{\circ} C$	118
Figura 5.41- $\dot{W}_c$ em função da resistência do eletroventilador, $T_{cd} = 40^{\circ} C$	118
Figura 5.42- $\dot{Q}_{ev}$ em função da resistência do eletroventilador, $T_{cd} = 34^{\circ} C$	119
Figura 5.43- $\dot{Q}_{ev}$ em função da resistência do eletroventilador, $T_{cd} = 37^{\circ} C$	119
Figura 5.44- $(P_{cd} - P_{ev})$ em função da resistência do eletroventilador do evaporador, $T_{cd} = 34^{\circ} C$	120
Figura 5.45- $(P_{cd} - P_{ev})$ em função da resistência do eletroventilador do evaporador, $T_{cd} = 40^{\circ} C$	120
Figura 5.46- $(P_{cd} - P_{ev})$ em função da resistência do eletroventilador do evaporador, $T_{cd} = 34^{\circ} C$	121
Figura 5.47- $(P_{cd} - P_{ev})$ em função da resistência do eletroventilador do evaporador, $T_{cd} = 37^{\circ} C$	121
Figura 5.48- $(P_{cd} - P_{ev})$ em função da resistência do eletroventilador	

do evaporador, $T_{cd} = 40^{\circ} C$	122
Figura 5.49- $(P_{cd} - P_{ev})$ em função da resistência do eletroventilador do evaporador, $T_{cd} = 34^{\circ} C$	122
Figura 5.50- $(P_{cd} - P_{ev})$ em função da resistência do eletroventilador do evaporador, $T_{cd} = 37^{\circ} C$	123
Figura 5.51- $(P_{cd} - P_{ev})$ em função da resistência do eletroventilador do evaporador, $T_{cd} = 40^{\circ} C$	123
Figura 5.52- Vazão mássica em função da resistência do eletroventilador. $T_{cd} = 34^{\circ} C$	124
Figura 5.53- Vazão mássica em função da resistência do eletroventilador. $T_{cd} = 37^{\circ} C$	124
Figura 5.54- Vazão mássica em função da resistência do eletroventilador. $T_{cd} = 40^{\circ} C$	125
Figura 5.55- Vazão mássica em função da resistência do eletroventilador. $T_{cd} = 34^{\circ} C$	125
Figura 5.56- Vazão mássica em função da resistência do eletroventilador. $T_{cd} = 37^{\circ} C$	126
Figura 5.57- Vazão mássica em função da resistência do eletroventilador. $T_{cd} = 40^{\circ} C$	126
Figura 5.58- Vazão mássica em função da resistência do eletroventilador. $T_{cd} = 34^{\circ} C$	127
Figura 5.59- COP em função da resistência do eletroventilador. $T_{cd} = 34^{\circ} C$	127
Figura 5.60- COP em função da resistência do eletroventilador. $T_{cd} = 37^{\circ} C$	128
Figura 5.61- COP em função da resistência do eletroventilador. $T_{cd} = 40^{\circ} C$	128
Figura 5.62- $\dot{W}_c$ em função das rotações do compressor, $T_{ev} = 18^{\circ} C$	130

Figura 5.63- $\dot{W}_c$ em função das rotações do compressor , $T_{ev} = 21^\circ C$	130
Figura 5.64- $\dot{W}_c$ em função das rotações do compressor , $T_{ev} = 23^\circ C$	131
Figura 5.65.- Vazão mássica em função das rotações do compressor. $T_{ev} = 18^\circ C$	131
Figura 5.66.- Vazão mássica em função das rotações do compressor. $T_{ev} = 21^\circ C$	131
Figura 5.67.- Vazão mássica em função das rotações do compressor. $T_{ev} = 23^\circ C$	132
Figura 5.68- COP em função das rotações do compressor, $T_{ev} = 18^\circ C$	132
Figura 5.69- COP em função das rotações do compressor, $T_{ev} = 21^\circ C$	132
Figura 5.70- COP em função das rotações do compressor, $T_{ev} = 23^\circ C$	133
Figura 5.71-Diagrama P- h com $T_{cd} = 34^\circ C$	135
Figura 5.72- Diagrama P- h com $T_{cd} = 37^\circ C$	135
Figura 5.73-Diagrama P- h com $T_{cd} = 40^\circ C$	135
Figura 5.74-Influência sobre o ciclo de refrigeração P- h com $T_{cd}$ variável.	135
Figura 5.75- Diagrama P- h com $T_{cd} = 34^\circ C$	136
Figura 5.76- Diagrama P- h com $T_{cd} = 37^\circ C$	136
Figura 5.77- Diagrama P- h com $T_{cd} = 40^\circ C$	136
Figura 5.78- Influência sobre o ciclo de refrigeração P- h com $T_{cd}$ variável.	136
Figura 5.79- Diagrama P- h com $T_{cd} = 34^\circ C$	137
Figura 5.80- Diagrama P- h com $T_{cd} = 37^\circ C$	137
Figura 5.81- Diagrama P- h com $T_{cd} = 40^\circ C$	137
Figura 5.82-- Influência sobre o ciclo de refrigeração P- h com $T_{cd}$ variável.	137
Figura 5.83- Diagrama P- h com $T_{cd} = 34^\circ C$	138
Figura 5.84- Diagrama P- h com $T_{cd} = 37^\circ C$	138

Figura 5.85- Diagrama P- h com $T_{cd} = 40^{\circ} C$	138
Figura 5.86- Influência sobre o ciclo de refrigeração P- h com $T_{cd}$ variável.	138
Figura 5.87- Diagrama P- h com $T_{cd} = 34^{\circ} C$	139
Figura 5.88- Diagrama P- h com $T_{cd} = 37^{\circ} C$	139
Figura 5.89- Diagrama P- h com $T_{cd} = 40^{\circ} C$	139
Figura 5.90- Influência sobre o ciclo de refrigeração P- h com $T_{cd}$ variável.	139
Figura 5.91- Diagrama P- h com $T_{cd} = 34^{\circ} C$	140
Figura 5.92- Diagrama P- h com $T_{cd} = 37^{\circ} C$	140
Figura 5.93- Diagrama P- h com $T_{cd} = 40^{\circ} C$	140
Figura 5.94- Influência sobre o ciclo de refrigeração P- h com $T_{cd}$ variável.	140
Figura 5.95-Variação das cargas de gás no diagrama P-h com N=2500rpm.	141
Figura 5.96- Variação das cargas de gás no diagrama P-h com N=2800rpm.	142
Figura 5.97- Variação das cargas de gás no diagrama P-h com N=3100rpm.	142
Figura A.1. Curva Cilindro Dosificador a $T=25,32^{\circ} C$ e $P=92$ PSIG	156
Figura A.2. Curva de calibração P1.	160
Figura A.3. Curva de calibração P2.	161
Figura A.4. Curva de calibração P3.	162
Figura A.5. Curva de calibração P4.	163
Figura A.6. Curva de calibração P5.	164

## Lista de tabelas

Tabela 2.A.1. Tipos alternativos de CFCs.	31
Tabela 3.A.1. Canais e parâmetros registrados pelo HP lado Condensador Câmara(1)	46
Tabela 3.A.2. Canais e parâmetros registrados pelo HP lado Evaporador Câmara(2)	48
Tabela 3.A.3. Canais e parâmetros registrados pelo HP do Ciclo de refrigeração.	49
Tabela 3.A.4. Canais e parâmetros existentes no Ciclo de Refrigeração.	49
Tabela 3.A.5. Canais e parâmetros existentes no Ciclo de Refrigeração. Slot 34907-A	50
Tabela 4.A.1- Fluxo de refrigerante através do visor	79
Tabela 5.A.1- Posições da Resistência variável do evaporador	95
Tabela 5.A.2- Variação de parâmetros no sistema mantendo a temperatura na câmara (2) a 18°C	96
Tabela 5.A.3- Distribuição de testes do sistema para resistência fixa no eletroventilador do evaporador de 1.16 Ω	129
Tabela A.1. Calibração do cilindro dosificador	155
Tabela A.2. Calibração do transdutor de pressão P1 carga e descarga	159
Tabela A.3. Calibração do transdutor de pressão P1.	159
Tabela A.4. Calibração do transdutor de pressão P2 carga e descarga	160
Tabela A.5. Calibração do transdutor de pressão P3 carga e descarga	161
Tabela A.6.- Calibração do transdutor de pressão P4 carga e descarga	162
Tabela A.7.- Calibração do transdutor de pressão P5 carga e descarga	163