



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS

CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**ESTUDO DA CONTAMINAÇÃO POR ÁGUA E SUA INFLUÊNCIA NO
CONSUMO DE ENERGIA EM UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO
POR AMÔNIA**

Rodrigo Pereira Pereira

Lajeado, novembro de 2016

Rodrigo Pereira Pereira

**ESTUDO DA CONTAMINAÇÃO POR ÁGUA E SUA INFLUÊNCIA NO
CONSUMO DE ENERGIA EM UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO
POR AMÔNIA**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, na linha de formação específica em Engenharia Mecânica, do Centro Universitário UNIVATES, com parte da exigência para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Carlos Henrique Lagemann

Lajeado, novembro de 2016

Rodrigo Pereira Pereira

**ESTUDO DA CONTAMINAÇÃO POR ÁGUA E SUA INFLUÊNCIA NO
CONSUMO DE ENERGIA EM UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO
POR AMÔNIA**

A Banca examinadora abaixo aprova a Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso – Etapa II, na linha de formação específica em Engenharia Mecânica, do Centro Universitário UNIVATES, como parte da exigência para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica:

Prof. Carlos Henrique Lagemann, UNIVATES

Mestre pela UFRGS, Porto Alegre

Prof. Guilherme Cortelini da Rosa

Mestre pela UFRGS, Porto Alegre

Prof. Lober Hermany

Doutor pela UFRGS, Porto Alegre

Lajeado, novembro de 2016

Dedico este trabalho a minha esposa, que esteve sempre ao meu lado, desde o início da minha trajetória acadêmica me dando força e encorajamento, a minha filha, que sei que um dia vai entender por que passo tantas noites estudando, a minha mãe que, com muito trabalho e esforço, se dedicou para me dar o melhor que ela poderia.

RESUMO

Para conter a expansão do consumo de energia sem comprometer a qualidade de vida e desenvolvimento econômico são desenvolvidos projetos de eficiência energética, onde se procura produzir equipamentos com melhor rendimento e adequar os equipamentos já instalados com a aplicação de novos conceitos antes não levados em consideração. A eficiência energética consiste em obter o melhor desempenho com o menor gasto de energia, ela relaciona o efeito energético utilizado pelo consumo energético despendido. As empresas de processamento de alimentos são constantemente desafiadas a reduzir o consumo de energia elétrica. Sabendo que os sistemas de refrigeração, utilizados para armazenamento, resfriamento e congelamento de produtos representam 70% do consumo de energia, esses recebem a maior atenção nos projetos de eficiência energética. Muitos dos sistemas de refrigeração das indústrias brasileiras são precários, além de gerarem riscos à segurança, seus projetos são desatualizados comprometendo a operação com processos manuais. Esta monografia apresenta os principais equipamentos que compõem o sistema de refrigeração por amônia. A revisão bibliográfica é baseada em importantes livros da área, para estudar a influência no consumo de energia elétrica causado pela contaminação de água. O estudo de caso, quantitativo e experimental foi realizado em um frigorífico de processamento de aves localizado no vale do taquari. No sistema em análise foi instalado um purificador de amônia (purgador de água) e analisado o coeficiente de eficácia do sistema de refrigeração antes e depois da instalação do equipamento. O desenvolvimento deste trabalho envolve a coleta de dados do sistema de refrigeração dia a dia e amostras de água periódicas, criando um banco de dados suficientes para analisar e comprovar a evolução dos indicadores de eficiência energética do sistema durante o processo de purga do contaminante. Os números após a instalação do purificador mostram a elevação da temperatura de evaporação em 2°C no sistema de baixa pressão, diminuição do trabalho dos compressores, acarretando na diminuição da pressão de condensação, aumento do coeficiente de eficácia do ciclo em 2,7% e uma redução no consumo de energia de 46,51 kWh por dia.

Palavras-Chave: Sistemas de refrigeração por amônia. Coeficiente de performance. Purificador de amônia. Eficiência Energética.

ABSTRACT

To contain the expansion of energy consumption without compromising quality of life and economic development are developing energy efficiency projects, where it is tried to produce machines with better yield and adapt the equipment already installed with the application of new concepts previously not taken into account. Energy efficiency consists of obtaining the best performance with the least energy expenditure, it relates the energy effect used by the detached energy consumption. Food processing companies are constantly challenged to reduce electricity consumption. Knowing that the refrigeration systems used for storage, cooling and freezing of products represent 70% of the energy consumption, they receive the most attention in energy efficiency projects. Many of the refrigeration systems of Brazilian industries are precarious, in addition to generating security risks, their projects are outdated and compromise the operation with manual processes. Esta monografia apresenta os principais equipamentos que compõem o sistema de refrigeração por amônia. The bibliographic review is based on important books of the area, to study the influence in the consumption of electric energy caused by the contamination of water. The case study, quantitative and experimental, was carried out at a poultry processing plant located in the Taquari Valley. In the system under analysis, an ammonia purifier (water trap) was installed and the efficiency coefficient of the cooling system was analyzed before and after the installation of the equipment. The development of this work involves the data collection of the day-to-day cooling system and periodic water samples, creating a database sufficient to analyze and prove the evolution of the system's energy efficiency indicators during the process of purging the contaminant. The numbers after the installation of the purifier show the elevation of the evaporation temperature by 2 °C in the low pressure system, Reduction of the work of compressors, resulting in a reduction in condensation pressure, an increase in the efficiency coefficient of the cycle by 27% and a reduction in energy consumption of 46.51 kWh per day.

Keywords: Refrigeration systems for ammonia. Coefficient of performance. Ammonia purification. Energetic efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema básico de um Ciclo de Refrigeração por Compressão de Vapor.....	19
Figura 2 - Diagrama ph.....	19
Figura 3 - Diagrama ph - Temperatura, volume específico e entropia.....	20
Figura 4 - Diagrama ph – Ciclo básico de refrigeração por compressão de vapor	21
Figura 5 - Compressor Alternativo	22
Figura 6 - Vista em corte de um compressor parafuso	22
Figura 7 - Diagrama ph - Condensação	24
Figura 8 - Condensador casco e tubos	24
Figura 9 - Esquema Condensador Evaporativo	25
Figura 10 - Evaporador de placas	28
Figura 11 - Evaporador de serpentina com aletas.....	28
Figura 12 - Ciclo de Refrigeração com Separador de Líquido.....	29
Figura 13 - Diagrama ph - Ciclo de Refrigeração com SL e sub resfriamento	30
Figura 14 - Diagrama ph - Resfriamento Intermediário (RI)	31
Figura 15 - Resfriador Intermediário.....	32
Figura 16 - Vaso de Expansão.....	33
Figura 17 Sistema Booster: SL/RI/VE	34
Figura 18 - Diagrama ph - Ciclo booster padrão	35
Figura 19 - Fluxograma que representa a metodologia do trabalho	40
Figura 20 - Manômetro de descarga do compressor 16.....	44
Figura 21 - Painel de controle do Compressor de amônia 16.....	45
Figura 22 - Termômetros de bulbo úmido e seco.....	45

Figura 23 - Evaporação da amônia	46
Figura 24 - Retirando amônia do sistema.....	46
Figura 25 – Verificando Percentual de água	46
Figura 26 - Fluxograma da Instalação / ponto da instalação do Purificador	48
Figura 27 - Purificador de Amônia.....	49

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Desvio do indicador kW/tpa em 2015.....	14
Gráfico 2 - Média da temperatura de Evaporação	51
Gráfico 3 - Comparação das condições climáticas com a pressão de condensação	52
Gráfico 4 - Comparação entre o coeficiente de eficácia.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades termodinâmicas da amônia	36
Tabela 2 - Média dos valores operacionais	47
Tabela 3 - Percentual de água.....	50
Tabela 4 - Dados técnicos dos compressores instalados	53
Tabela 5 - Comparação entre os consumos de energia.....	55

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Tema.....	14
1.2	Problema	14
1.3	Objetivos	15
1.3.1	Objetivos específicos	15
1.4	Justificativa	15
1.5	Delimitação do trabalho	16
1.6	Estrutura do trabalho	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1	Refrigeração	17
2.2	Sistemas de Refrigeração em Industrias de Alimentos	18
2.3	Ciclos de Refrigeração por Compressão de Vapor	18
2.3.1	Compressão	21
2.3.2	Condensação	23
2.3.3	Expansão	26
2.3.4	Evaporação	27
2.3.5	Separadores de Líquido.....	29
2.3.6	Sistemas duplo estágios	31
2.4	Coeficiente de Performance	34
2.5	Contaminantes.....	35
2.5.1	Gases não condensáveis	36
2.5.2	Água	37

2.5.3 Óleo.....	37
2.6 Software CoolPack.....	38
3 METODOLOGIA	39
3.1 Método de pesquisa.....	39
3.2 Procedimentos metodológicos	40
3.2.1 Coleta de dados iniciais.....	40
3.2.2 Instalação do Purificador de Amônia.....	42
3.2.3 Verificação dos Resultados	42
3.2.4 Validação do Projeto	42
4 DESENVOLVIMENTO	43
4.1 Coleta de Dados	43
4.1.1 Dados obtidos.....	47
4.2 Instalação do purificador de amônia	47
4.2.1 Dados do equipamento.....	48
4.3 Custo da instalação.....	49
4.4 Análise e discussões dos resultados	50
4.4.1 Percentual de água nos sistema	50
4.4.2 Comparação da pressão de evaporação com o percentual de água nos sistema	51
4.5 Validação dos resultados.....	51
5 CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS	58
APÊNDICES	60
APÊNDICE A – Dados operacionais do sistema de refrigeração	61
APÊNDICE B – Horas de funcionamento dos compressores	67
ANEXOS	73
ANEXO A – Fluxograma de funcionamento do Purificador de ar	74

1 INTRODUÇÃO

Conforme Aneel (2009) o consumo de energia é um dos principais indicadores de desenvolvimento econômico de uma sociedade, ele reflete tanto no ritmo de atividade dos setores industriais quanto na capacidade da população para adquirir bens e serviço. Segundo Eletrobrás (2012) o consumo industrial de energia elétrica no Brasil triplicou desde 1980 demonstrando o crescimento econômico do país.

Para conter a expansão do consumo de energia sem comprometer a qualidade de vida e desenvolvimento econômico é que se desenvolvem projetos de eficiência energética, onde, se procura produzir equipamentos com melhor rendimento e adequar os equipamentos já instalados com a aplicação de novos conceitos antes não levados em consideração. A eficiência energética consiste em obter o melhor desempenho com o menor gasto de energia, ela relaciona o efeito energético utilizado pelo consumo energético desprendido.

Em 2012 o Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento projetou o aumento anual no Brasil de 2,7% no consumo de carnes de frango, 2% no consumo de carne bovina e 1,8% no consumo de carne suína entre os anos de 2012 até 2022 (MAPA, 2012). Se haverá aumento no consumo haverá aumento na produção, resfriamento, congelamento e armazenamento destes alimentos. Estes processos dependem diretamente de sistemas de refrigeração.

A utilização dos sistemas de refrigeração é indispensável. Como consequência, também é indispensável o uso da energia elétrica para o acionamento dos motores e outros equipamentos associados a esses sistemas. Assim, se não é possível evitar a degradação ambiental pela exploração irracional dos recursos naturais, uma

importante contribuição nesse contexto consiste em reduzir ao máximo o uso irracional da energia. Se não pela consciência ambiental da necessidade de deixar para as futuras gerações um planeta em melhores condições de habitabilidade, ao menos para reduzir os custos dos serviços, que, em última análise, serão sempre pagos pela sociedade (CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS, FUPAI/EFFICIENTIA, 2005, p. 15).

1.1 Tema

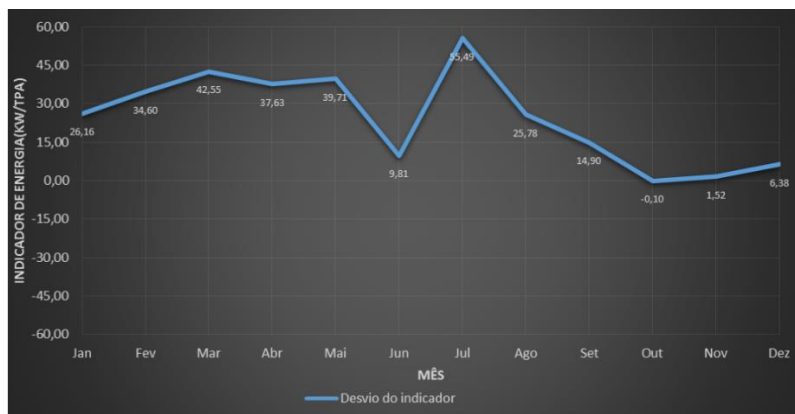
Um dos grandes custos dos frigoríficos é o elevado consumo de energia elétrica, sendo que cerca de 70% do consumo é destinado para a geração de frio para resfriamento, congelamento e transformação de produtos.

O tema desta monografia é o estudo da contaminação por água em um sistema de refrigeração por amônia instalado em um frigorífico de aves, analisando seu efeito no consumo de energia.

1.2 Problema

A empresa onde foi realizado o estudo trabalha com indicadores de produção e um destes indicadores é o consumo de energia por quantidade de produto acabado (kW/tpa). No ano de 2015 a empresa não conseguiu atingir a meta estipulada, conforme Gráfico 1 que demonstra o desvio do indicador no ano, causando perda financeira para a unidade e funcionários, como bônus e participação nos lucros. Estes indicadores servem para comparar a eficiência energética das unidades fabris de mesmo seguimento.

Gráfico 1 - Desvio do indicador kW/tpa em 2015



Fonte: Autor

1.3 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é estudar formas de diminuir o consumo de energia elétrica por quantidade de produto acabado em um frigorífico de processamento de aves.

1.3.1 Objetivos específicos

Entre os objetivos deste trabalho estão:

- Analisar o sistema de refrigeração;
- Avaliar o percentual de contaminantes no sistema;
- Realizar a instalação de um purificador de amônia;
- Comparar os parâmetros operacionais do sistema de refrigeração e consumo de energia antes e depois da instalação do equipamento
- Avaliar o coeficiente de performance do sistema antes e depois da instalação do equipamento

1.4 Justificativa

Toda grande indústria busca a excelência, melhor desempenho nos processos e/ou serviços, uma busca incessante por aperfeiçoamento que gera inovações tecnológicas e conceituais.

Em sistemas de refrigeração a excelência se traduz em ter a melhor performance possível, ou seja, o menor consumo de energia com o mesmo efeito desejado.

Sendo a geração de frio o maior consumidor de energia de um frigorífico, é vital possuir um sistema eficiente. Instalações novas já possuem sistemas de controle e monitoramento de todos os parâmetros necessários para garantir um coeficiente de eficácia alto, enquanto instalações com 20 anos ou mais, como esta em estudo, precisam ser melhoradas e adequadas para novos conceitos de sistemas mais sustentáveis. A partir desta necessidade surgiu a iniciativa deste trabalho de aperfeiçoar um sistema de refrigeração com a purificação do fluido refrigerante (retirada de água). O conceito de purgar a água do sistema de refrigeração não é novo, porém o método de retirar e os impactos que ela causa energeticamente ainda estão em estudo.

1.5 Delimitação do trabalho

Este trabalho foi desenvolvido em uma empresa de processamento de carne de aves situada na cidade de Lajeado, Rio Grande do Sul. A empresa permite divulgar os dados de produção e consumo de energia com a premissa que não seja divulgado o nome.

1.6 Estrutura do trabalho

Nesta monografia serão apresentados seis capítulos.

O primeiro capítulo refere-se à introdução, onde é apresentado o tema da monografia que enfatiza o aumento no consumo de energia elétrica nas indústrias, os objetivos, justificativas, estrutura.

No segundo capítulo é demonstrado o referencial teórico sobre o conceito da refrigeração, sistemas de refrigeração industrial por amônia, equipamentos principais do sistema e seus impactos no consumo de energia.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia do trabalho, com base no referencial teórico, identificando as atividades que deverão ser executadas para validação da proposta estudada.

O quarto capítulo apresenta os dados coletados, instalação do equipamento e a análise e discussões dos resultados.

No quinto e último capítulo é apresentado a conclusão do trabalho com os resultados atingidos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Refrigeração

Conforme Costa (1982) pode se conceituar a refrigeração como o ato de retirar calor de um corpo, ou seja, resfriar um ambiente de forma controlada com o objetivo de diminuir a temperatura de um produto. Ela se divide em três partes:

- Arrefecimento: quando se retira calor de um corpo até a temperatura ambiente;
- Resfriamento: quando se rebaixa a temperatura de um corpo da temperatura ambiente até a temperatura de congelamento; e
- Congelamento: quando se retira calor de um corpo abaixo de sua temperatura de congelamento.

Apesar de não ser necessário dispendir de energia para arrefecer um corpo, este processo poderá ser realizado naturalmente, o sistema de refrigeração é usado para acelerar este processo.

Dossat (2004) descreve que a transferência de calor entre um corpo e o ambiente se dá quando há diferença de temperatura entre ambos. O fluxo sempre vai do corpo mais quente para o mais frio, ou seja, do corpo com maior energia para o corpo com menor energia. A taxa de calor transmitida é proporcional a diferença de temperatura.

2.2 Sistemas de Refrigeração em Indústrias de Alimentos

O sistema de refrigeração tem um papel essencial nas indústrias de processamento de alimentos na sociedade moderna, não só de alimentos como também em indústrias química, de construção e manufatura (STOECKER e JABARDO, 2002).

Stoecker e Jabardo (2002) relatam que em 1880, em um transporte de carne da Austrália para a Inglaterra, a carne congelava devido às baixas temperaturas do ambiente no mar aberto, os tripulantes do navio observaram que o congelamento evitava a degradação, a partir disso a prática de congelar alimentos generalizou, dando início à indústria de alimentos congelados.

Nunca na história da humanidade se necessitou tanto do processo de conservação de alimentos como hoje, a globalização fez com que alimentos produzidos num país seja comercializado em outros países sem importar a distância com a utilização de sistemas de refrigeração nos meios de transporte. Do mesmo modo, alimentos como frutas, que são originados de uma estação, podem ser armazenados para serem consumidos nas outras estações (DOSSAT, 2004).

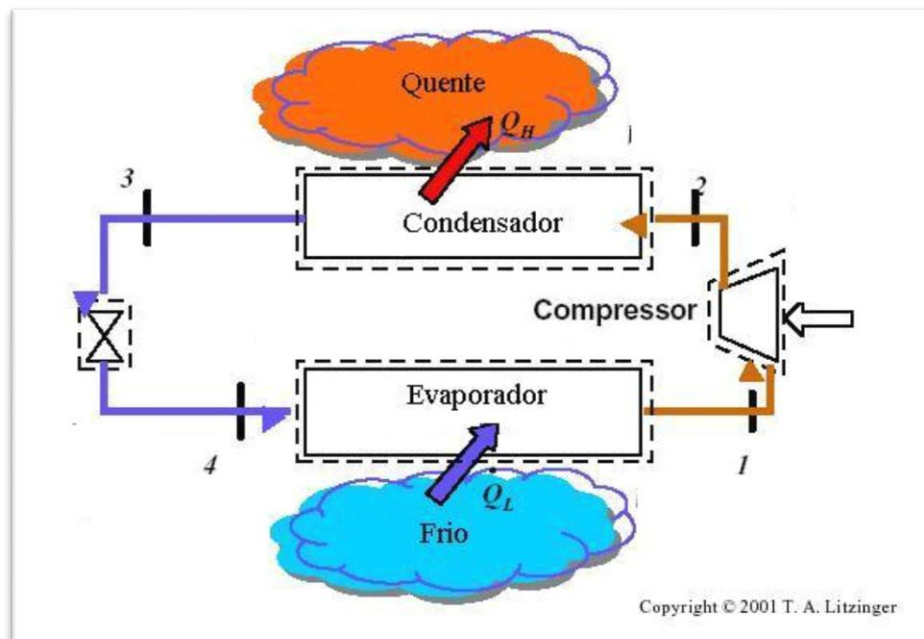
Além do armazenamento de alimentos, sistemas de refrigeração são responsáveis pelo resfriamento e congelamento de produtos, em alguns casos são utilizados fluidos secundários como água e polietileno-glicol. Com o passar dos anos normas surgiram para regularizar os processos de fabricação de alimentos. Essas normas fizeram evoluir os sistemas de refrigeração. Processos tiveram que ser ajustados para garantir maior controle de temperatura e outros processos surgiram para atender diversas necessidades.

2.3 Ciclos de Refrigeração por Compressão de Vapor

Mais utilizado no mundo em indústrias de processamento de carnes está o ciclo de refrigeração por compressão de vapor. Ele consiste em uma série de processos executados sobre e por um fluido refrigerante com o objetivo de utilizar o calor latente da evaporação do fluido para retirar calor de um meio.

Segundo Costa (1982) o ciclo de refrigeração é composto por quatro essenciais elementos: Compressor, Condensador, Válvula de Expansão e Evaporador.

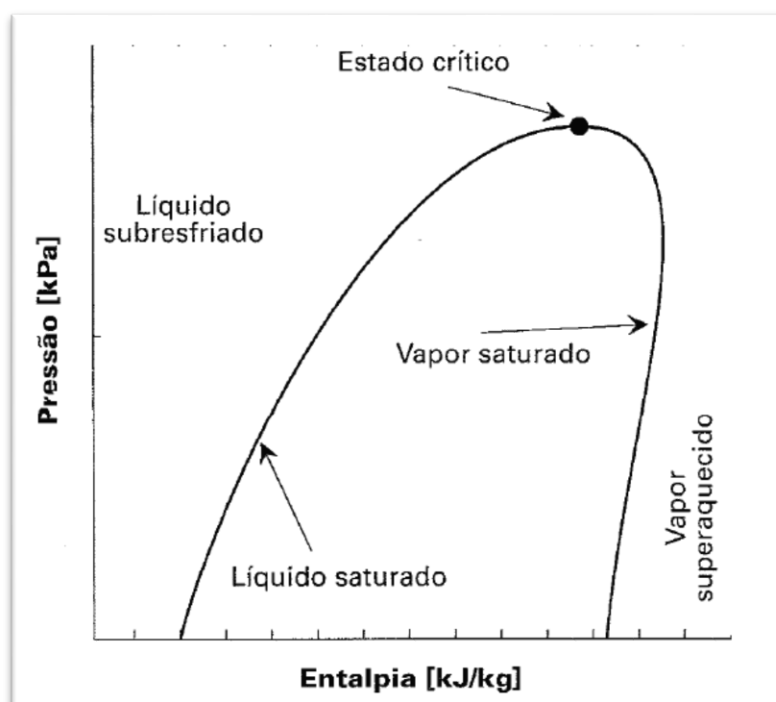
Figura 1 - Esquema básico de um Ciclo de Refrigeração por Compressão de Vapor



Fonte: Silva e Silva (2007)

Segundo Stoecker e Jabardo (2002) para correlacionar o esquema visto na Figura 1 é utilizado o diagrama pressão-entalpia (ph) que demonstra as propriedades do fluido em cada ponto do processo. As fases do refrigerante são identificadas pela sua localização no diagrama conforme pode ser visualizado na Figura 2.

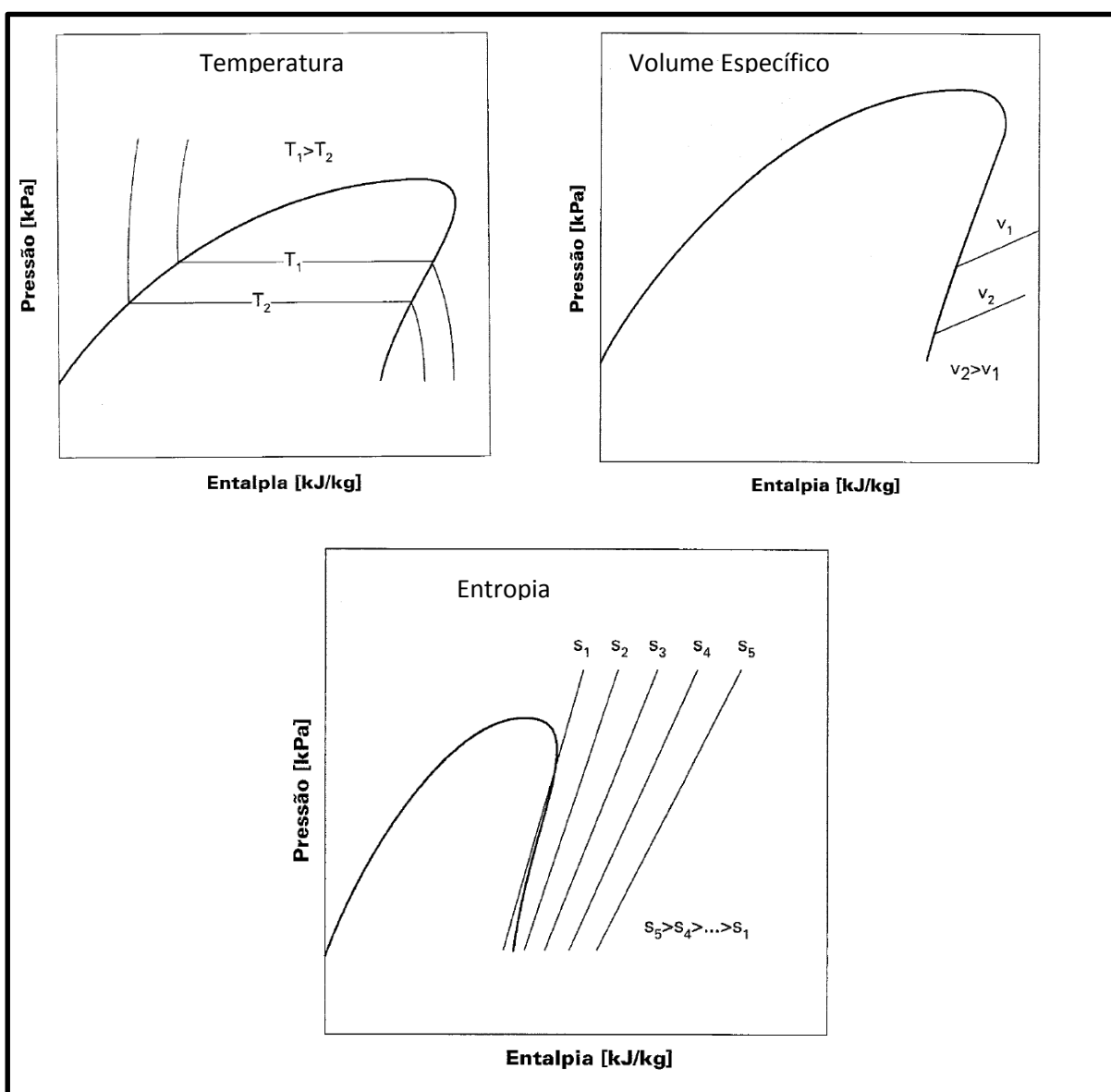
Figura 2 - Diagrama ph



Fonte: Stoecker e Jabardo (2004)

No diagrama se destacam as linhas de saturação, a linha da esquerda é de líquido saturado e a linha da direita vapor saturado. Entre as linhas tem-se a mistura de líquido mais vapor, sendo que quanto mais a esquerda maior será a quantidade de líquido e quanto mais a direita maior será a quantidade de vapor. A direita da curva se localiza a zona de vapor superaquecido e a esquerda o líquido subresfriado ou comprimido (STOECKER e JABARDO, 2004). Além do estado termodinâmico do fluido é possível determinar a temperatura, entropia e volume específico como pode ser visto na Figura 3.

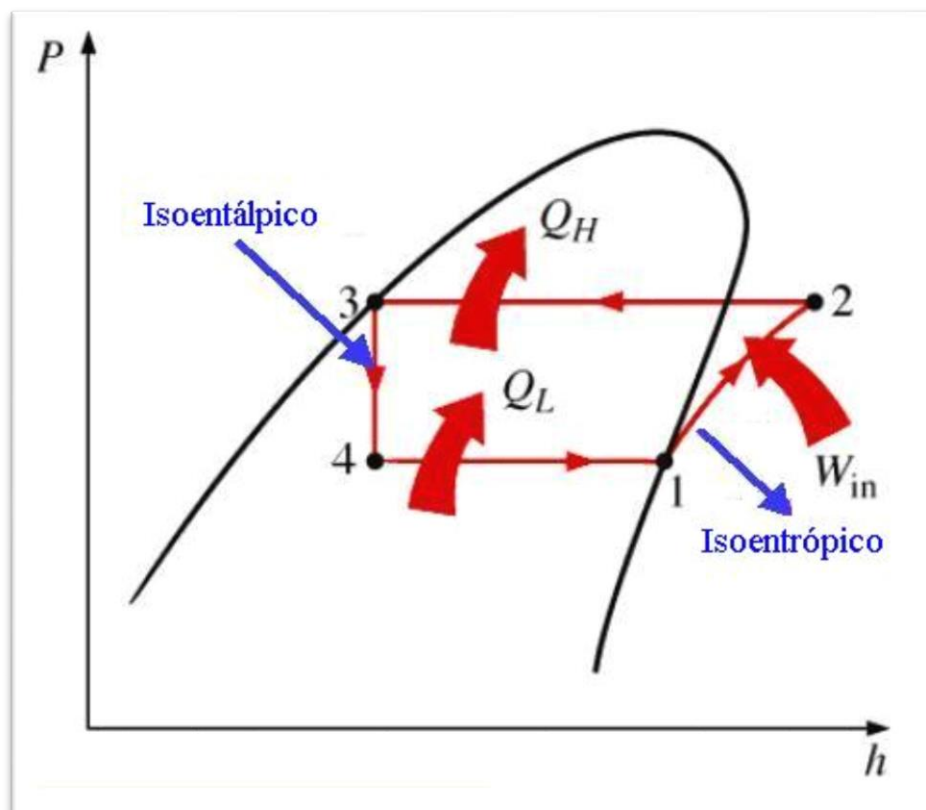
Figura 3 - Diagrama ph - Temperatura, volume específico e entropia



Fonte: Stoecker e Jabardo (2004)

Na Figura 4 pode ser visualizado o ciclo padrão de refrigeração por compressão de vapor, onde leva em consideração a compressão isentrópica, redução de temperatura do vapor seguido de condensação até líquido saturado à pressão constante, expansão isoentálpica até a pressão de evaporação e evaporação do fluido até o estado de vapor saturado a pressão constante (STOECKER e JABARDO, 2004).

Figura 4 - Diagrama ph – Ciclo básico de refrigeração por compressão de vapor



Fonte: Silva e Silva (2007)

2.3.1 Compressão

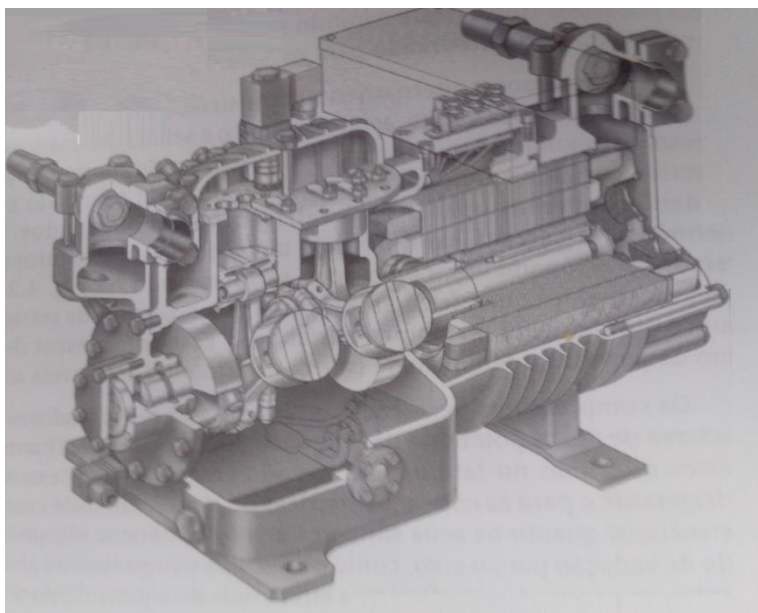
Para se obterem temperaturas baixas de evaporação é necessário submeter o fluido refrigerante a pressões baixas. Quanto mais baixa a pressão menor estará a temperatura de evaporação. Quem determina a pressão de evaporação é o compressor. O processo de compressão trata-se da redução do volume de um fluido no estado de vapor.

No sistema de refrigeração o compressor é responsável pelo deslocamento do fluido, é considerado o coração da instalação, ele mantém a pressão baixa do fluido para a evaporação e retirada do calor de um ambiente e aumenta a pressão, devido ao trabalho de compressão, fazendo ser possível a dissipação do calor absorvido no ambiente.

Entre os tipos de compressores existentes, na refrigeração industrial se destacam dois: parafusos e alternativos.

- Compressores alternativos, mais conhecidos como compressores de pistão, ou compressores de êmbolos. São máquinas de deslocamento positivo, é composto por um pistão que se desloca em dois sentidos ao longo de um cilindro como verificado na Figura 5.

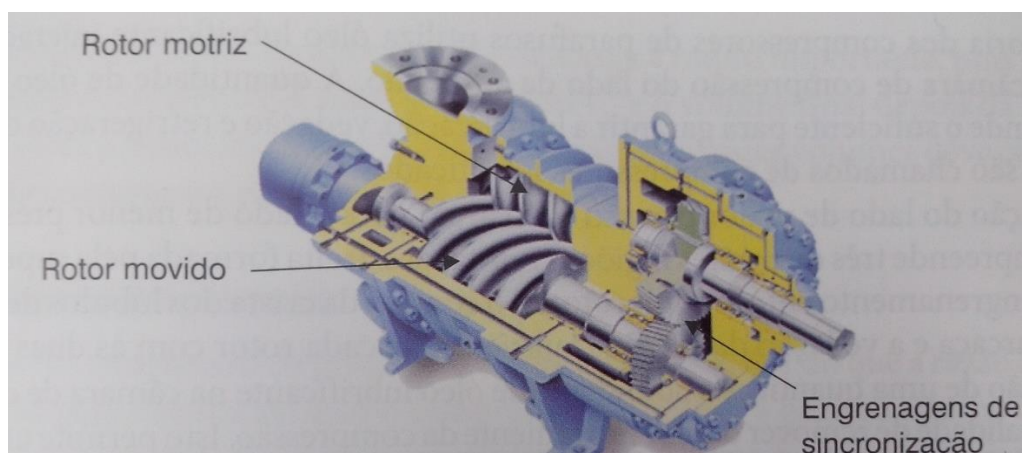
Figura 5 - Compressor Alternativo



Fonte: Stoecker e Jabardo (2004)

- Compressores parafusos, assim como os alternativos são máquinas de deslocamento positivo, é composto por dois rotores helicoidais identificados por rotor motriz e rotor movido na Figura 6 que se engrenam realizando a compressão por diminuição do volume entre os passes do fuso.

Figura 6 - Vista em corte de um compressor parafuso



Fonte: Stoecker e Jabardo (2004)

Segundo Dossat (2004) o processo de compressão é adiabático, ou seja, não há ou é desprezível troca de calor entre o fluido e o compressor, devido ao curto prazo de tempo de compressão. No compressor só há uma entrada e uma saída, podendo ser desprezado as variações de energia cinética e potencial, e admitindo-se que o processo é reversível deve-se considerar um processo isentrópico. Com essas considerações utilizando a equação da primeira lei da termodinâmica para volume de controle chega-se a equação para cálculo da potência do compressor.

$$W_{cp} = (h_s - h_e) \cdot \dot{m} \quad (1)$$

Onde:

W_{cp} = Potência de Compressão, na Figura 5 é simbolizada por W_{in} (kW)

h_s = Entalpia da saída (kJ/kg)

h_e = Entalpia da entrada (kJ/kg)

$\dot{m}$ = fluxo de massa (kg/s)

2.3.2 Condensação

Continuando com o ciclo de refrigeração há o processo de condensação do fluido refrigerante proveniente do compressor. Neste ponto o fluido se encontra no estado vapor superaquecido devido o trabalho de compressão.

Os condensadores têm o objetivo de dissipar o calor retirado pelos evaporadores somado ao calor gerado na compressão. O rendimento deste equipamento impacta diretamente na pressão de trabalho do compressor (DOSSAT, 2004).

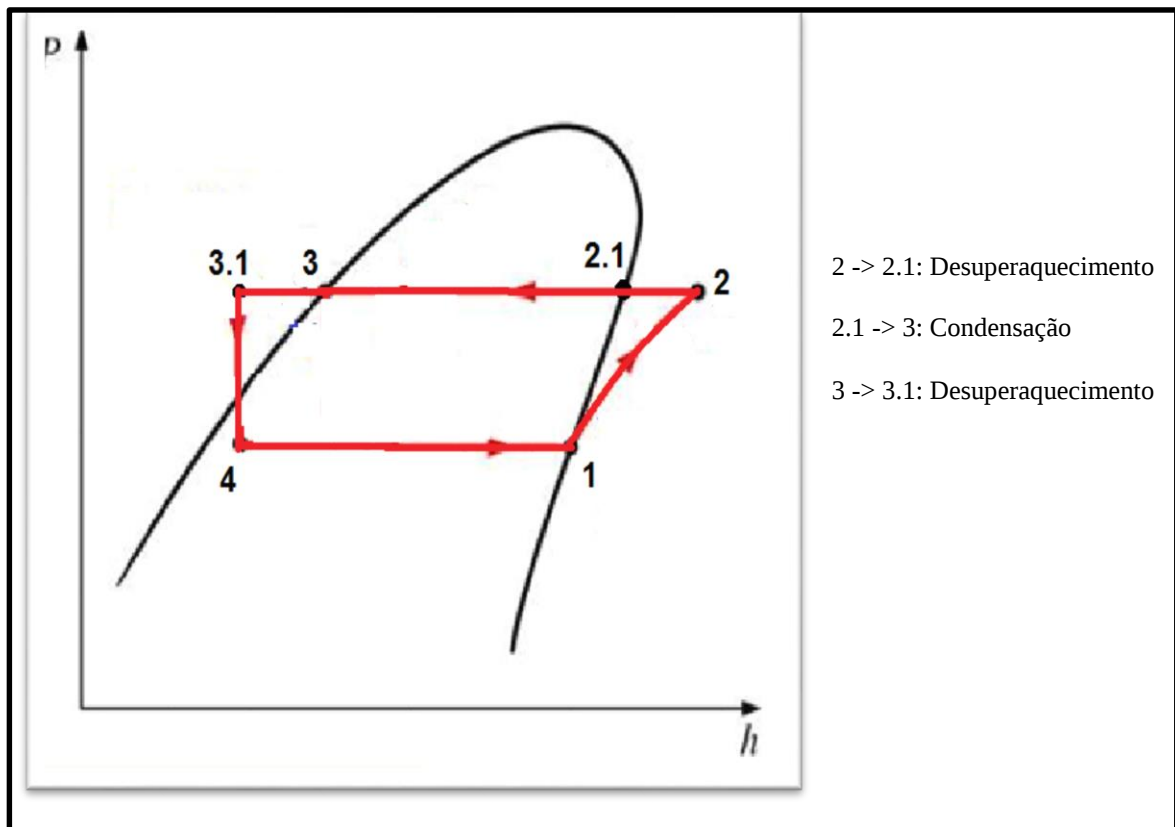
Neste equipamento o fluido passa por três fases:

a) Desuperaquecimento: o fluido sai do compressor superaquecido, o desuperaquecimento é o rebaixamento da temperatura do fluido até a temperatura de saturação.

b) Condensação: após o desuperaquecimento o fluido se encontra no estado de vapor saturado, nesta fase o fluido começa a condensar, passando do estado vapor para líquido, não há mudança de temperatura como pode se notar na Figura 7.

c) Subresfriamento: depois de condensado o fluido pode ainda ceder calor ao ambiente naturalmente, isso pode acontecer em ambientes com temperaturas muito baixas, ou com o superdimensionamento do sistema de condensação. Atualmente é muito comum a instalação de subresfriadores, equipamentos que objetivam o rebaixamento da temperatura do fluido condensado para ganho de eficiência no sistema.

Figura 7 - Diagrama ph - Condensação

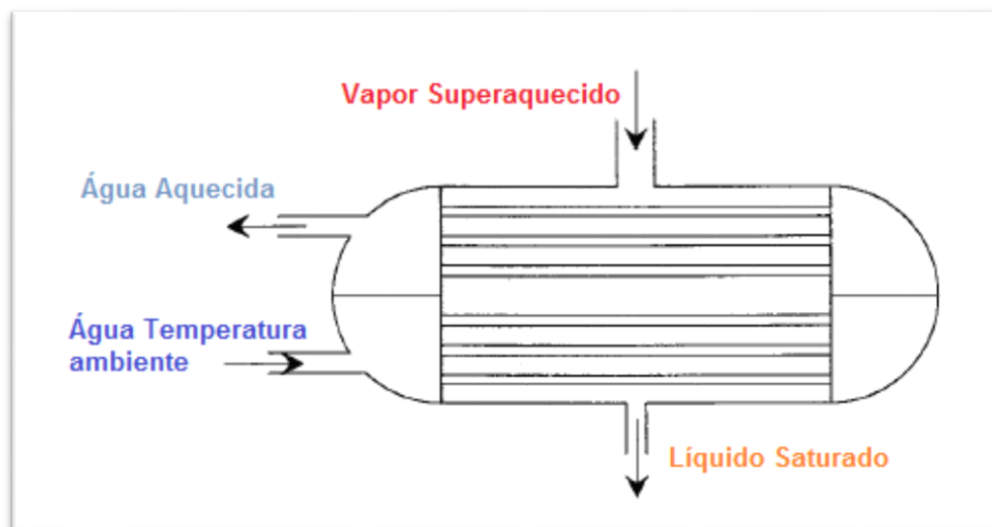


Fonte: Autor

Em sistemas industriais existem dois tipos mais usuais de condensadores, os evaporativos e os casco e tubos.

- Condensadores casco e tubos: mais utilizados em instalações com pouco espaço físico, utiliza-se a água na temperatura ambiente para remover o calor da fluido, geralmente o fluido quente passa em contra fluxo com o fluido frio conforme Figura 8.

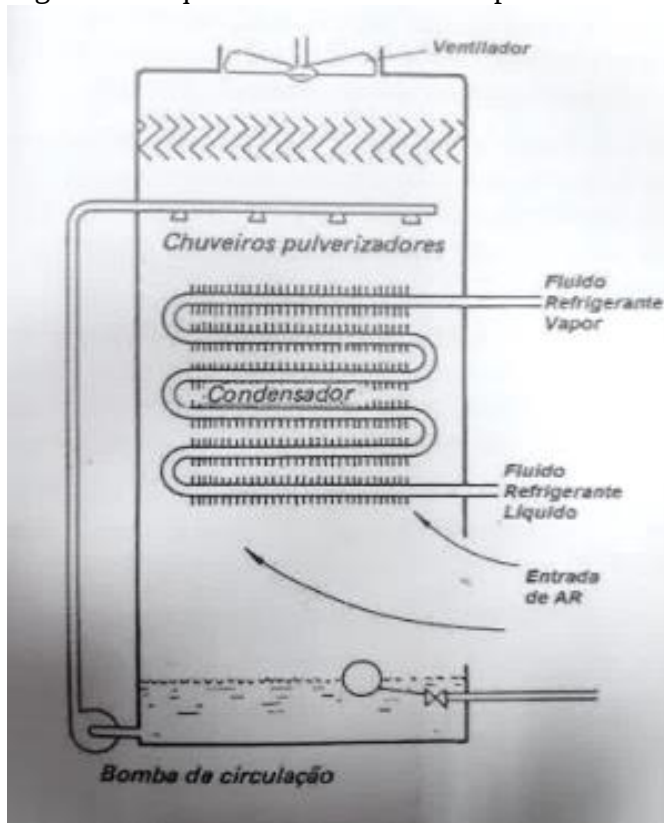
Figura 8 - Condensador casco e tubos



Fonte: Stoecker e Jabardo (2005)

- Condensadores evaporativos: largamente o tipo de condensador mais utilizado nas indústrias, utiliza a evaporação da água para remover calor do fluido refrigerante. Ao mesmo tempo em que a água é aspergida em cima de uma serpentina com o fluído, o ar é ventilado em sentido contracorrente como pode ser visto na Figura 9.

Figura 9 - Esquema Condensador Evaporativo



Fonte: Silva e Silva (2007)

A capacidade de dissipação de calor de um condensador pode ser calculada considerando a transferência de calor do evaporador somado a potência de compressão ou pelo fluxo de massa, as duas formas podem ser vistas nas equações abaixo.

$$Q_{cd} = Q_{ev} + W_{cp} \quad (2)$$

$$Q_{cd} = \dot{m} \cdot (h_e - h_s) \quad (3)$$

Onde:

Q_{cd} = Potência dissipada no condensador, na Figura 5 é simbolizado por Q_H (kW)

Q_{ev} = Potência retirado no evaporador, na Figura 5 é simbolizada por Q_L (kW)

$\dot{m}$ = fluxo de massa (kg/s)

h_e = entalpia de entrada no equipamento (kJ/kg)

h_s = entalpia de saída no equipamento (kJ/kg)

Em sistemas industriais há muita oscilação de capacidade frigorífica devido principalmente as estações do ano, por isso deve ser instalado reservatórios de líquido. Esses reservatórios deverão ter a capacidade de armazenar fluido suficiente para abastecer o evaporador ou conjunto de evaporadores de um mesmo ambiente ou conter um volume igual a vazão máxima do sistema por trinta minutos.

2.3.3 Expansão

A expansão do fluido refrigerante acontece para diminuir a pressão do líquido condensado (saturado ou subresfriado) até a pressão de evaporação. Para Costa (1982) o dispositivo de expansão provoca uma perda de carga, diminuindo a área de passagem do fluido, dividindo o sistema, juntamente com o compressor, em alta e baixa pressão. Esta perda de carga no líquido a alta pressão provoca o chamado efeito *flash* similar ao que acontece num desodorante *spray*.

Parte do líquido que passa pela válvula ou orifício de expansão evapora retirando calor do próprio fluido, diminuindo assim sua temperatura. É possível verificar no diagrama

pressão-entalpia o processo isoentalpico do fluido após a condensação, no ponto 4 o fluido é uma mistura de líquido e vapor, sendo predominante de líquido.

Na refrigeração industrial são utilizados dois tipos de dispositivos de expansão, as válvulas e orifícios. As válvulas de expansão podem regular sua abertura, manualmente ou automaticamente conforme a necessidade do projeto. Os orifícios são apenas reduções nas tubulações gerando a perda de carga necessária, geralmente são calculados a partir da carga térmica no evaporador.

2.3.4 Evaporação

Fechando o ciclo de refrigeração por compressão a vapor tem-se o processo de evaporação do fluido refrigerante, que se dá por meio de um trocador de calor.

Um evaporador é qualquer superfície de transmissão de calor no qual o líquido volátil é vaporizado com o objetivo de remover calor de um espaço ou produto refrigerado (DOSSAT, 2004, pg 321).

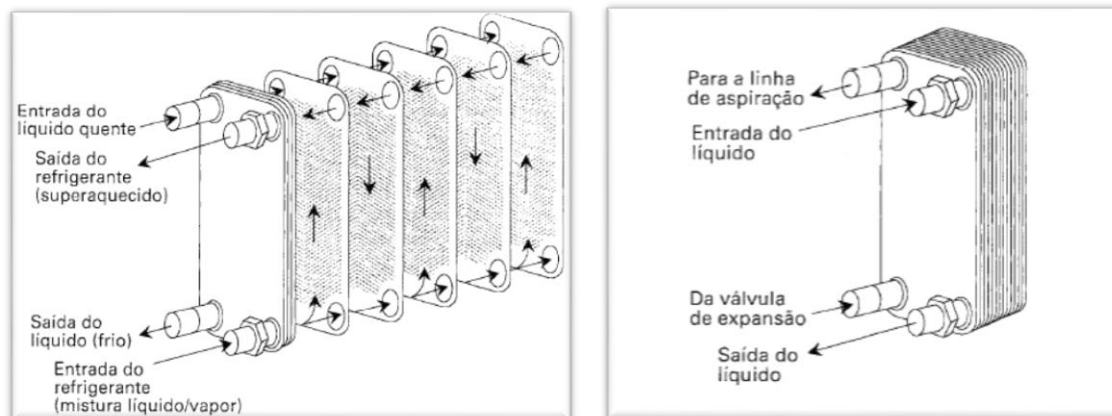
A partir do evaporador é que todo o sistema é dimensionado, é o ponto inicial do balanço de massa e energia do sistema de refrigeração. A temperatura do produto ou ambiente irá definir a temperatura do fluido, em consequência a sua pressão de evaporação e a vazão mássica de fluido.

Existem inúmeros tipos de evaporadores em sistemas de refrigeração industrial, todos dependem da aplicação. Na maioria das vezes os evaporadores resfriam o ar forçado que resfria um produto ou ambiente, em outras vezes é utilizado um fluido secundário como água ou salmoura. Há casos especiais do fluido agir diretamente com o produto como em congelador de placas onde se necessita agilidade no processo ou em resfriadores de massa.

Os evaporadores podem ser classificados em função da construção e da circulação de fluido, sendo que em função da construção são mais utilizados os trocadores a placas e os trocadores de serpentina com aletas.

- Trocadores a placas: utilizados para resfriamento de água ou salmoura, possuem um alto coeficiente de transferência de calor e estão substituindo os trocadores de casco e tubos. Na Figura 10 verifica-se o escoamento dos fluidos em contracorrente.

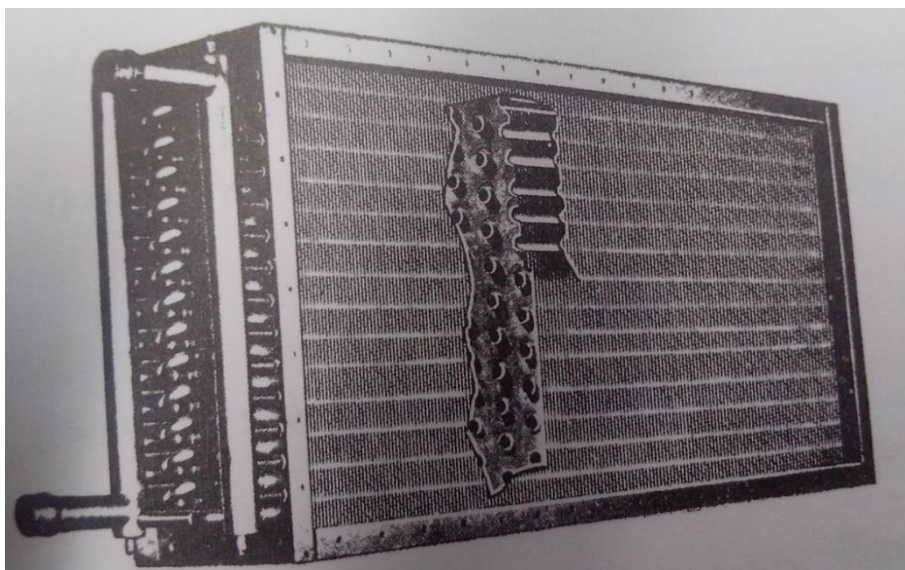
Figura 10 - Evaporador de placas



Fonte: Stoecker e Jabardo (2004)

- Serpentinhas com aletas: utilizados para resfriamento de ar para climatização, desumidificação, câmaras de resfriamento, câmaras de armazenamento e túneis de congelamento. Na Figura 11 pode ser visualizado o detalhe dos tubos da serpentina em contato com as aletas.

Figura 11 - Evaporador de serpentina com aletas



Fonte: Costa (1982)

Classificação dos Evaporadores conforme sua circulação de fluido:

- Evaporadores secos: mais utilizado em refrigeração comercial, mas também pode ser encontrado na industrial. São aqueles evaporadores com a válvula de expansão logo na entrada do equipamento. Geralmente utilizam-se válvulas de expansão do tipo termostática, a quantidade de líquido no interior do evaporador varia com a carga térmica solicitada. Há troca

de calor sensível do fluido refrigerante com o refrigerado, ou seja, o fluido ganha temperatura depois da evaporação gerando um superaquecimento na sucção do compressor.

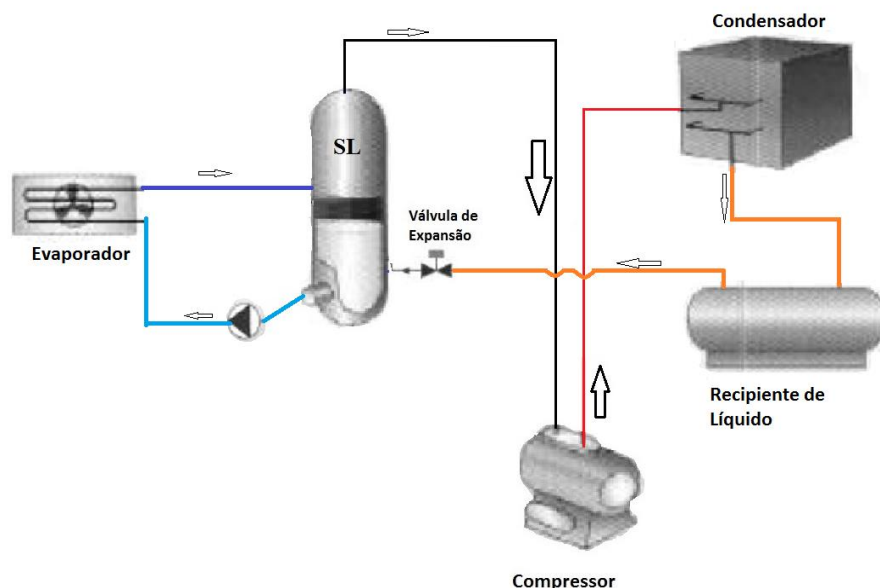
- **Evaporadores Inundados:** voltados para a refrigeração industrial, mantêm sempre um fluxo de líquido no evaporador garantindo a troca constante de calor latente entre o fluido refrigerante e o refrigerado. Não há superaquecimento, pelo contrário, há retorno de líquido na saída do equipamento, por isso necessita de um acumulador de líquido na sucção do compressor para evitar que a aspiração de líquido.

Evaporadores inundados podem ser abastecidos por gravidade ou bombeados, ambos os casos necessitam de um separador de líquido, equipamento que se torna tão importante quanto o compressor ou condensador.

2.3.5 Separadores de Líquido

Em sistemas industriais o separador de líquido (SL) é essencial, garante a alimentação dos evaporadores com fluido líquido e funciona como acumulador de sucção evitando a aspiração de líquido pelo compressor como pode ser visto na Figura 12.

Figura 12 - Ciclo de Refrigeração com Separador de Líquido



Fonte: Adaptado pelo autor com base em Silva e Silva (2007)

A diferença na eficiência dos sistemas a seco e inundados pode ser vista no cálculo da carga térmica de evaporação. Sabendo-se que a energia cinética e potencial no evaporador são desprezíveis em relação a energia interna, e que é considerado um processo com pressão constante, pode-se resumir a equação da carga térmica no evaporador como:

$$Q_{ev} = \dot{m} \cdot (h_s - h_e) \quad (4)$$

Onde:

Q_{ev} = Carga térmica requerida do ambiente ou produto (kW)

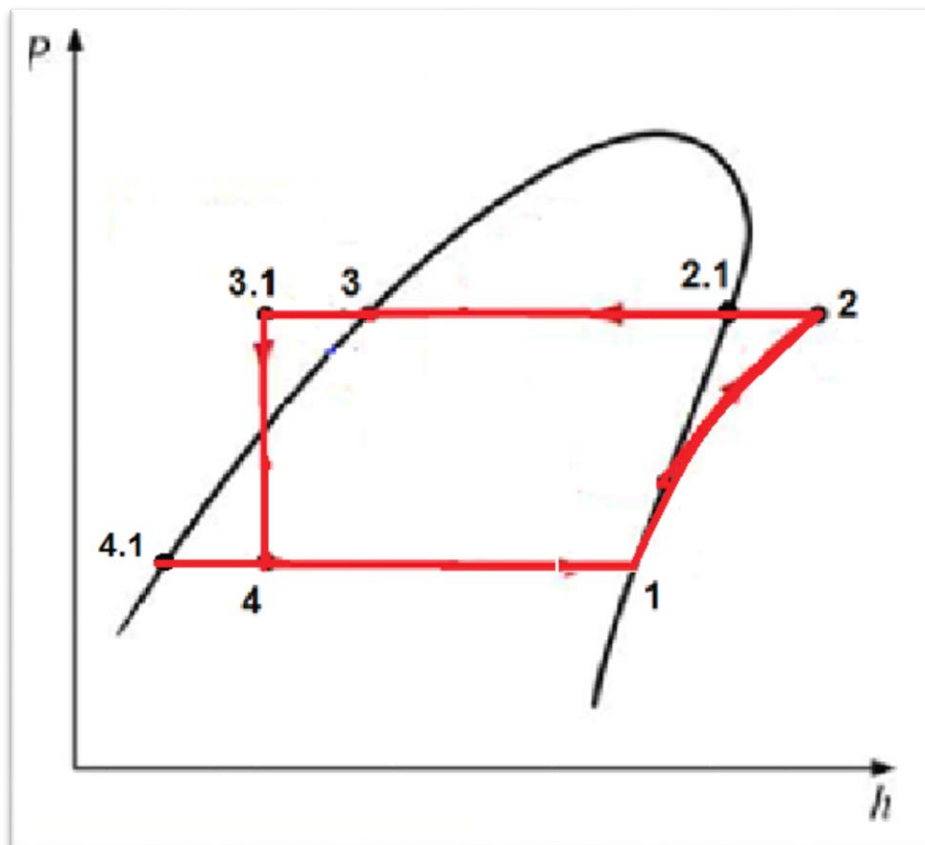
$\dot{m}$ = fluxo de massa (kg/s)

h_e = entalpia de entrada no equipamento (kJ/kg)

h_s = entalpia de saída no equipamento (kJ/kg)

No caso da entalpia que sai, nos dois casos será a mesma conforme Figura 13, porém nos evaporadores a seco o fluido entra com um valor de entalpia (ponto 4) maior do que nos inundados (ponto 4.1) necessitando de uma vazão mássica maior para a mesma carga térmica.

Figura 13 - Diagrama ph - Ciclo de Refrigeração com SL e sub resfriamento



Fonte: Adaptado pelo autor com base em Stoecker e Jabardo (2004)

Câmaras de armazenamento e congelamento de produtos exigem temperaturas muito baixas, a legislação brasileira que regulariza o processamento de carne de aves exige que

a temperatura de uma câmara de estocagem nunca seja superior à -18°C . Túneis de congelamento necessitam operar entre -25°C a -35°C . Para isto é necessário temperaturas de evaporação muito baixas, em média 10°C de diferença entre a evaporação e a temperatura da sala.

Costa (1982) explica que para ter uma boa eficiência na condensação deve se utilizar o parâmetro da temperatura de condensação em 35°C para sistemas de refrigeração por amônia (pressão de condensação manométrica de $12,7 \text{ kgf/cm}^2$). Stoecker e Jabardo (2004) complementam que diferenças de temperaturas entre evaporação e condensação muito altas apresentam problemas operacionais e baixo rendimento do sistema. Para isso deve ser utilizado sistemas de múltiplos estágios, também chamado de sistemas *booster*.

2.3.6 Sistemas duplo estágio

O sistema duplo estágio é encontrado em praticamente todos sistemas de refrigeração industrial. Nele há dois estágios de compressão: o estágio de baixa onde os compressores aspiram vapor a baixa pressão e descarregam a uma pressão intermediária; o estágio de alta onde os compressores aspiram o vapor na pressão intermediária e descarregam nos condensadores na pressão de condensação. Quatro fatores são muito importantes serem analisados nesses sistemas, são eles:

- Pressão intermediária ótima: Stoecker (2004) define a pressão intermediária ótima como a média geométrica das pressões de operação.

$$P_{io} = \sqrt{(P_{aspiracao}) \cdot (P_{descarga})} \quad (5)$$

Onde:

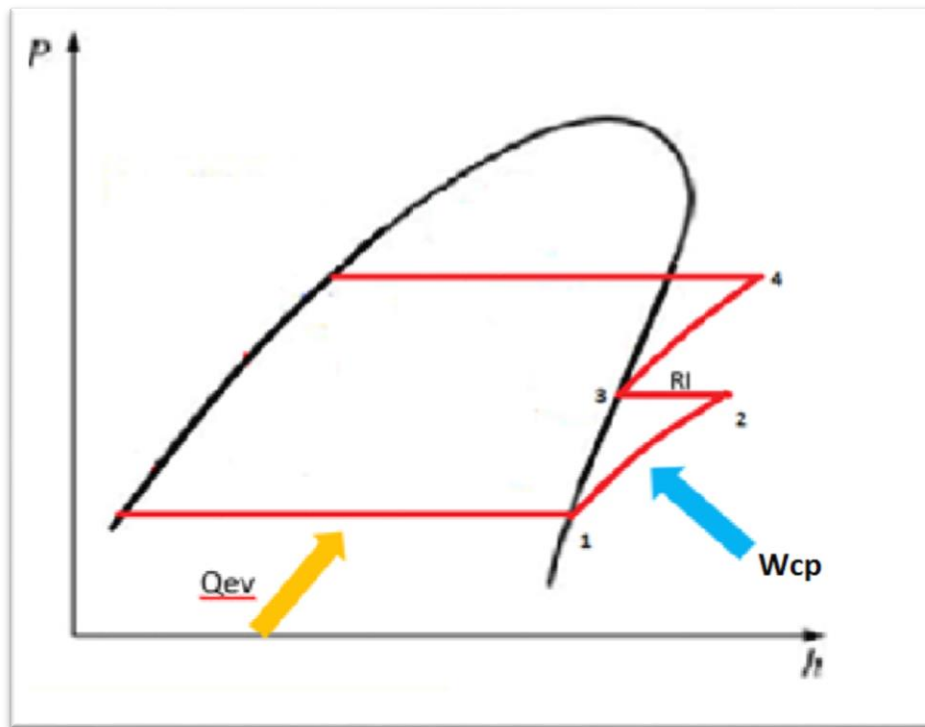
P_{io} = pressão intermediária ótima

$P_{aspiracao}$ = pressão de aspiração dos compressores de baixa

$P_{descarga}$ = pressão de descarga dos compressores da alta

- Resfriamento intermediário: devido aos compressores de baixa descarregarem o fluido no estado de vapor superaquecido na sucção dos compressores de alta é necessário o resfriamento deste vapor até a temperatura de saturação ou próxima.

Figura 14 - Diagrama ph - Resfriamento Intermediário (RI)



Fonte: Adaptado pelo autor com base em Stoecker e Jabardo (2004)

Observando o diagrama pressão-entpia na Figura 14 nota-se que o resfriamento intermediário ocorre a uma pressão constante, considerando um ciclo ideal pode-se calcular a quantidade de calor retirada do fluido no ponto 2 para chegar ao ponto 3, ou seja para resfriar o vapor superaquecido até a linha de vapor saturado com a equação 6.

$$Q_{RI} = \dot{m} \cdot (h_2 - h_3) \quad (6)$$

Onde:

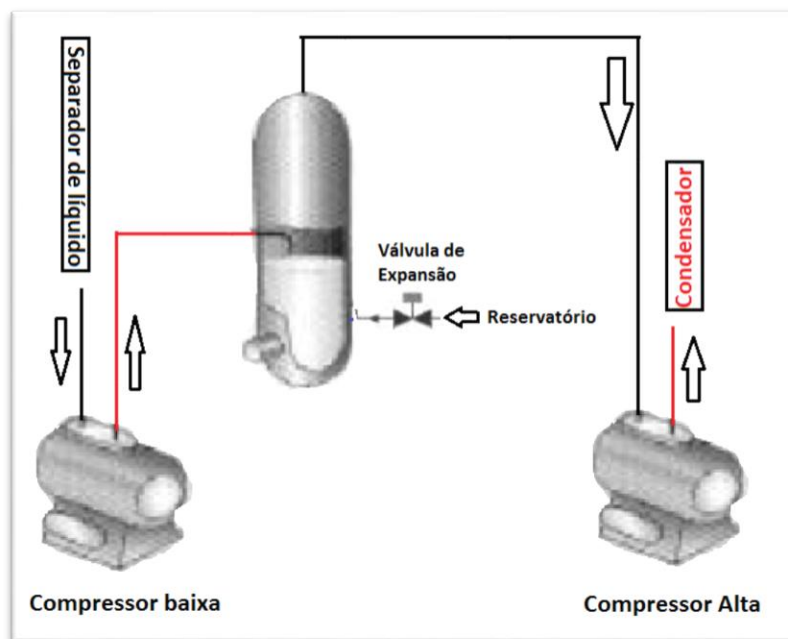
Q_{RI} = Calor a ser retirado do fluido (kW)

h_2 = entalpia do fluido na saída do compressor baixa (kJ/kg)

h_3 = entalpia do fluido na entrada do compressor de alta (kJ/kg)

A maneira mais utilizada para remoção deste calor é a utilização de um resfriador intermediário, similar a um separador de líquido, onde se submerge o vapor superaquecido no líquido saturado em um vaso de pressão intermediária, conforme Figura 15.

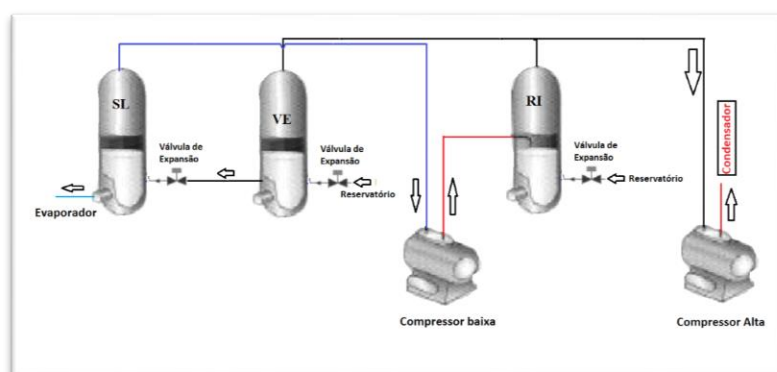
Figura 15 - Resfriador Intermediário



Fonte: Adaptado pelo autor com base em Silva e Silva (2007)

- Expansão: no caso de múltiplos estágios a expansão também deverá ser múltipla, com a mesma quantidade de estágios. Para isto são usados vasos de expansão (VE), tem o mesmo princípio de funcionamento de um SL ou RI como visto na Figura 16. Injeta-se líquido através de uma válvula de expansão num vaso com pressão intermediária, o vapor derivado do *flash* é aspirado pelo compressor de alta enquanto o líquido é direcionado para o SL de baixa alimentando-o por uma válvula de expansão, o vapor flash agora é aspirado pelo compressor da baixa enquanto o líquido é bombeado para o evaporador.

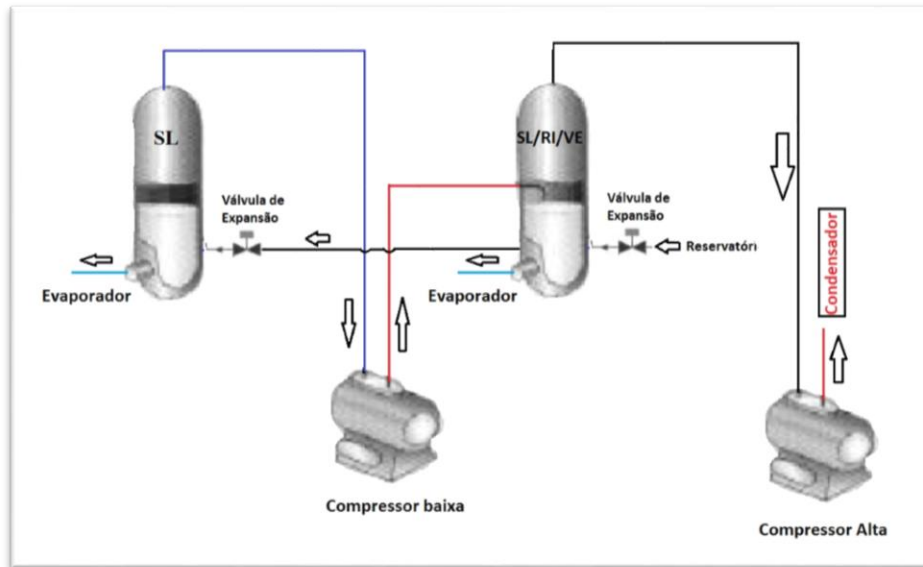
Figura 16 - Vasp de Expansão



Fonte: Adaptado pelo autor com base em Silva e Silva (2007)

- Carga térmica intermediária: se numa instalação existir a necessidade de evaporadores com a pressão de operação próxima a pressão intermediária poderá ser utilizado o VE ou RI para a função de SL, em algumas instalações só há um equipamento fazendo todas as funções, como pode ser visto na Figura 17.

Figura 17 Sistema Booster: SL/RI/VE



Fonte: Adaptado pelo autor com base em Silva e Silva (2007)

2.4 Coeficiente de Performance

Coeficiente de performance ou eficácia, define a relação entre a quantidade de energia útil pelo trabalho realizado (SILVA e SILVA, 2007). É um dos mais importantes parâmetros a ser analisado em uma instalação. DOSSAT (2004) descreve como a relação do calor absorvido na câmara refrigerada pela energia suprida pelo compressor.

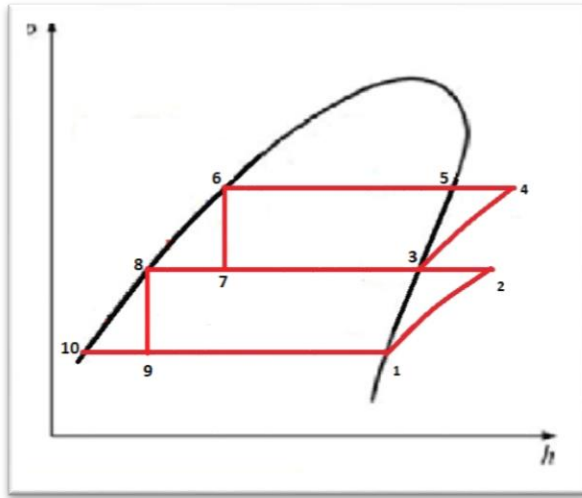
$$COP = \frac{Q_{ev}}{W_{cp}} = \frac{\text{Calor retirado do ambiente}}{\text{Energia gasta nos compressores}} \quad (7)$$

Considerando um ciclo de refrigeração simples estágio (Figura 5), desconsiderando perdas de carga e perdas de energia para fora do sistema, pode-se resumir a equação do COP ideal teórico com apenas as entalpias, visto na Equação 8.

$$COP = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)} \quad (8)$$

Para cálculo do COP em sistemas duplo estágio é necessário verificar quais equipamentos existem instalados no sistema para realização do balanço de massa.

Figura 18 - Diagrama ph - Ciclo booster padrão



Fonte: Adaptado pelo autor com base em Stoecker e Jabardo (2004)

Com o balanço de massa e energia e o diagrama demonstrado na Figura 18 pode ser calculado o COP ideal teórico por:

$$COP = \frac{\dot{m}_1(h_1 - h_8) + \dot{m}_2(h_3 - h_6)}{\dot{m}_1(h_2 - h_1) + \dot{m}_3(h_4 - h_3)} \quad (9)$$

Onde:

$\dot{m}_1$ = fluxo de massa no evaporador de regime de baixa (kg/s)

$\dot{m}_2$ = fluxo de massa no evaporador de regime intermediário (kg/s)

$\dot{m}_3$ = fluxo de massa nos compressores de alta (kg/s)

Por si só o COP não representa nada, ele deve ser comparado a outro ciclo ou a ele mesmo quando proposta uma alteração ou considerando os efeitos reais como superaquecimento, subresfriamento, perdas de cargas e a eficiência dos equipamentos. O valor calculado na equação 8 não é maior valor para o coeficiente de performance de uma instalação, outros equipamentos podem ser instalados para aumentar a eficácia de um sistema.

2.5 Contaminantes

Uns dos grandes problemas em instalações de refrigeração por amônia são os contaminantes do sistema, influenciam na eficácia e na manutenção dos equipamentos.

2.5.1 Gases não condensáveis

Temperaturas de evaporação abaixo de -33°C , com amônia como fluido refrigerante, operam com pressão abaixo da pressão atmosférica como visto na Tabela 1, ou seja, o sistema de baixa pressão opera em vácuo fazendo com que se houver algum vazamento a amônia não saia e sim o ar entre para o sistema.

Tabela 1 - Propriedades termodinâmicas da amônia

T [°C]	p [kPa]	v_i [l/kg]	v_v [l/kg]	h_i [kJ/kg]	h_{iv} [kJ/kg]	h_v [kJ/kg]	s_i [kJ/kg·K]	s_v [kJ/kg·K]
-40	71,66	1,449	1554	19,17	1388,6	1407,8	0,2867	6,2428
-39	75,59	1,452	1478	23,59	1385,8	1409,4	0,3056	6,2242
-38	79,68	1,454	1407	28,01	1383,0	1411,0	0,3245	6,2058
-37	83,96	1,457	1340	32,44	1380,1	1412,6	0,3432	6,1876
-36	88,42	1,459	1277	36,88	1377,2	1414,1	0,3619	6,1696
-35	93,07	1,462	1217	41,32	1374,4	1415,7	0,3806	6,1518
-34	97,92	1,465	1161	45,77	1371,5	1417,2	0,3992	6,1341
-33	103	1,467	1107	50,22	1368,6	1418,8	0,4177	6,1166
-32	108,2	1,47	1057	54,67	1365,6	1420,3	0,4362	6,0993
-31	113,7	1,473	1009	59,14	1362,7	1421,8	0,4547	6,0822
-30	119,4	1,475	964,2	63,60	1359,7	1423,3	0,4730	6,0652
-29	125,3	1,478	921,4	68,07	1356,7	1424,8	0,4914	6,0484
-28	131,5	1,481	881	72,55	1353,7	1426,3	0,5096	6,0318
-27	137,9	1,484	842,6	77,03	1350,7	1427,8	0,5278	6,0153
-26	144,6	1,486	806,2	81,52	1347,7	1429,2	0,5460	5,9990
-25	151,5	1,489	771,7	86,01	1344,7	1430,7	0,5641	5,9828
-24	158,6	1,492	739	90,51	1341,6	1432,1	0,5821	5,9668
-23	166,1	1,495	707,9	95,01	1338,5	1433,5	0,6001	5,9509
-22	173,8	1,498	678,4	99,52	1335,4	1434,9	0,6180	5,9352
-21	181,8	1,501	650,4	104,03	1332,3	1436,3	0,6359	5,9196
-20	190,1	1,503	623,7	108,55	1329,1	1437,7	0,6538	5,9041
-19	198,7	1,506	598,4	113,07	1326,0	1439,0	0,6715	5,8888
-18	207,6	1,509	574,2	117,60	1322,8	1440,4	0,6893	5,8736
-17	216,8	1,512	551,3	122,13	1319,6	1441,7	0,7069	5,8586
-16	226,3	1,515	529,4	126,67	1316,4	1443,1	0,7246	5,8437
-15	236,2	1,518	508,6	131,22	1313,2	1444,4	0,7421	5,8289
-14	246,4	1,521	488,8	135,76	1309,9	1445,7	0,7597	5,8142
-13	257	1,524	469,8	140,32	1306,6	1446,9	0,7771	5,7997
-12	267,9	1,527	451,8	144,88	1303,3	1448,2	0,7946	5,7852
-11	279,1	1,53	434,6	149,44	1300,0	1449,5	0,8120	5,7709
-10	290,8	1,534	418,2	154,01	1296,7	1450,7	0,8293	5,7568
-9	302,8	1,537	402,5	158,58	1293,3	1451,9	0,8466	5,7427
-8	315,2	1,54	387,5	163,16	1290,0	1453,1	0,8638	5,7287
-7	328	1,543	373,2	167,75	1286,6	1454,3	0,8810	5,7149
-6	341,2	1,546	359,6	172,34	1283,2	1455,5	0,8981	5,7011
-5	354,9	1,55	346,5	176,94	1279,7	1456,7	0,9152	5,6875
-4	368,9	1,553	334	181,54	1276,3	1457,8	0,9323	5,6740
-3	383,4	1,556	322,1	186,15	1272,8	1458,9	0,9493	5,6605
-2	398,3	1,559	310,6	190,76	1269,3	1460,1	0,9662	5,6472
-1	413,7	1,563	299,7	195,38	1265,8	1461,1	0,9831	5,6340

Fonte: Stoecker e Jabardo (2004)

Este ar presente na nossa atmosfera é composto por nitrogênio, oxigênio, argônio e etc., eles são chamados de gases não condensáveis, pois viajam pelo sistema de refrigeração sendo aspirado pelos compressores até chegarem aos condensadores. Nas condições de

operação eles não condensam, ficam ocupando o lugar do fluido no trocador de calor ou no reservatório de líquido. Este volume de ar no condensador diminui a dissipação de calor fazendo que o compressor compense aumentando a pressão de descarga.

Segundo cálculos no *CoolPack* (simulador de sistemas de refrigeração, será visto no item 2.6) a cada 5% de gases não condensáveis no sistema é aumentado 1°C na temperatura de condensação, se aplicar isto em um sistema operando em -35°C/+35°C com temperatura intermediária ótima, teremos uma diminuição de 2% no COP.

Os principais pontos de entrada de ar no sistema são em conexões, válvulas e selos de vedação no sistema de baixa pressão além de intervenções no sistema como manutenções ou ampliações.

2.5.2 Água

A presença de ar no sistema causa outro problema, a umidade contida no ar condensa se tornando água. Além da umidade no ar, a água poderá ser originada de outras fontes como carga de amônia contaminada ou rompimento de algum trocador de calor a placas ou casco e tubo.

Segundo Cleto (2009) a água, diferente do ar, se localiza no fundo dos equipamentos parando no ponto mais baixo da instalação e com pressões menores podendo formar reações químicas com a amônia que provocando oxidações e corrosões principalmente onde se deposita o óleo. Além das reações químicas a água altera as propriedades da amônia diminuindo o poder calorífico do fluido, a cada 5% de água o sistema perde 5% de sua capacidade de refrigeração (a cada 1% de água reduz 1% o COP).

2.5.3 Óleo

A presença de óleo no sistema apesar de indesejada é inevitável, ele é utilizado para lubrificação do compressor, não deve ser miscível com o fluido e seu ponto de fulgor deverá ser abaixo da temperatura de descarga do compressor. Mesmo um óleo com as especificações correta o arraste para o sistema acontece, falhas de manutenções ou equipamentos com problemas auxiliam para este fator.

O óleo no sistema, assim como ar e água, circula com o fluido e se acumula nas paredes dos tubos com baixa velocidade e no fundo dos separadores de líquido, o maior dano causado é quando ele adere na superfície interna dos tubos de um evaporador formando uma película, esta película diminuirá o coeficiente de transferência de calor, diminuindo a capacidade do equipamento (DOSSAT, 2004).

2.6 Software *CoolPack*

Coolpack é um pacote de softwares de simulação para sistemas de refrigeração, foi desenvolvido na Universidade Técnica da Dinamarca (*Technical University of Denmark*) pelo departamento de Engenharia Mecânica.

Entre seus pacotes estão:

- Análise de ciclos termodinâmicos;
- Dimensionamento e simulação de sistemas de refrigeração;
- Cálculo de componentes;
- Cálculo do COP do sistema.

O programa permite a elaboração do diagrama pressão-entalpia de um sistema de refrigeração considerando perdas de carga, subresfriamento, superaquecimento, coeficientes isentrópicos e isoentalpicos, praticamente todos parâmetros para simulação de inúmeros fluidos refrigerantes.

3 METODOLOGIA

Neste terceiro capítulo são descritos os métodos utilizados no desenvolvimento do trabalho em função da natureza, abordagem do problema e procedimentos técnicos.

3.1 Método de pesquisa

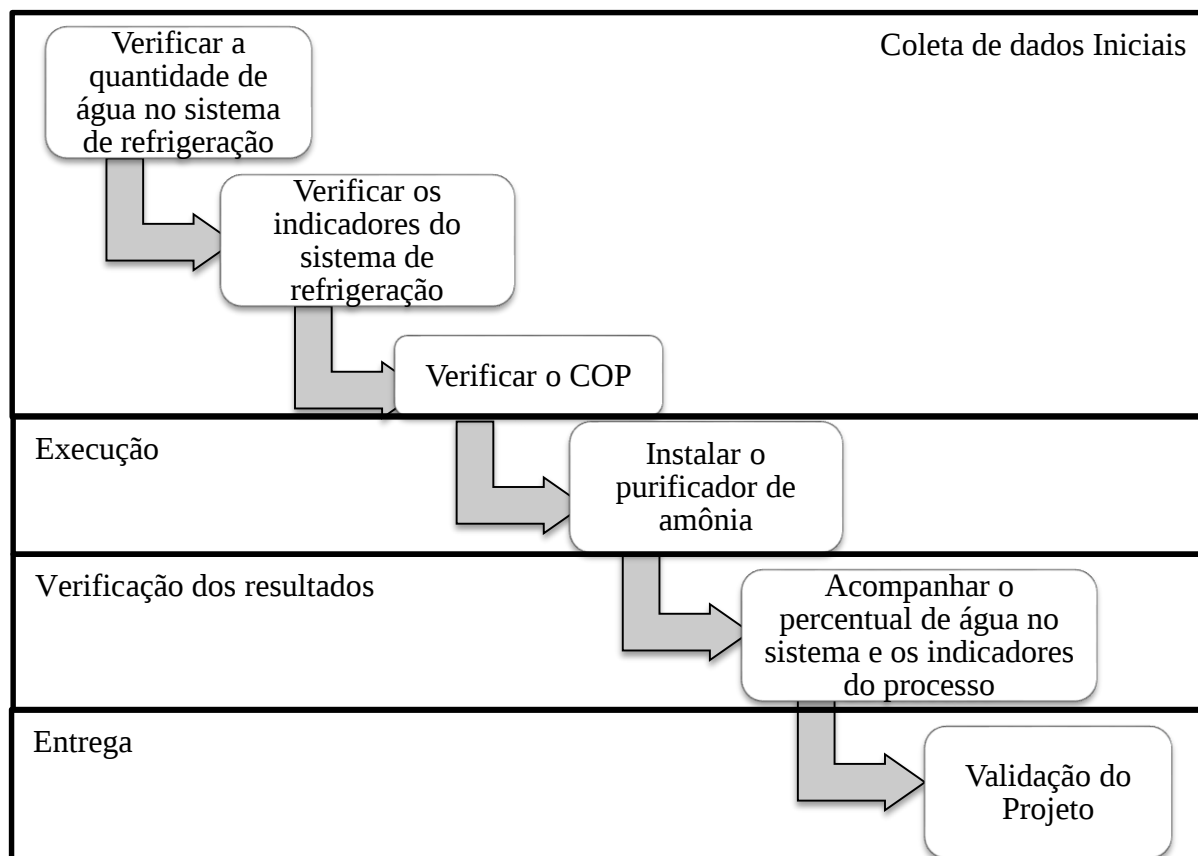
Segundo Barros e Lehfelddl (2000), a natureza da pesquisa pode ser pura ou aplicada. A pesquisa pura, também conhecida como básica, e ainda como teórica, tem por finalidade conhecer por conhecer, não é necessário intervenção ou transformação do processo em estudo. Já a pesquisa aplicada, como desta monografia, envolve ações práticas de alterações, ajustes ou novas tecnologias de algum processo ou sistema, tendo em vista a necessidade de conhecimento prévio e visando resultados imediatos. Para Kauark, Manhães e Medeiros (2010) a pesquisa aplicada tem como objetivo gerar conhecimento para aplicação prática direcionado a solucionar problemas específicos.

Este trabalho pode ser considerado quantitativo quanto à natureza dos dados, experimental quanto aos objetivos e estudo de caso quanto ao procedimento de coleta de dados. Quantitativo, pois será estruturado enfatizando a coleta e análise de dados numéricos onde se recorrerá a linguagem matemática para verificação dos resultados antes e depois das ações propostas (BOAVENTURA, 2004 e GIL, 2009). Experimental devido a buscar relações entre teoria e prática exigindo uma observação sistemática do processo em estudo (GONSALVES, 2011). E por fim a coleta de dados na forma de um estudo de caso levando em consideração que os resultados podem não ser os mesmos quando aplicado em outro sistema (GONSALVES, 2011).

3.2 Procedimentos metodológicos

Este trabalho foi realizado em 4 etapas macros e em 7 fases conforme mostrado na figura 19.

Figura 19 - Fluxograma que representa a metodologia do trabalho



Fonte: Autor

3.2.1 Coleta de dados iniciais

Nesta primeira etapa é realizada a coleta dos dados iniciais do estudo, assim como definição dos parâmetros analisados para validação do projeto. Conforme Gil (2009) a coleta de dados deve ser supervisionada rigorosamente e a equipe deverá ser treinada, para isso as primeiras coletas de dados serão acompanhadas pelo autor da monografia.

A coleta de dados se iniciará com a verificação do percentual de água misturada ao fluido refrigerante, sendo esta a principal variável avaliada nesta monografia. Segundo *IIAR*

Bulletin nº108 apud Cleto (2009) os melhores pontos de coleta de amostras são nas tubulações de recalque das bombas de amônia dos separadores de líquido de baixa pressão.

Esta purga deve ser feita em um recipiente graduado e transparente. Após a coleta deve-se deixar o recipiente ao ar livre em lugar seco, como o fluido tem um ponto de ebulição abaixo da temperatura ambiente na pressão atmosférica, em algumas horas toda amônia no recipiente evapora deixando apenas o residual de água. Para que não haja riscos à segurança do operador, serão purgados 200 ml de amônia. Conforme pesquisa realizada em mais de 100 instalações, citada por Nielsen apud Cleto (2009), verificou-se que é muito comum encontrar de 2 a 6% de água no fluido refrigerante, sendo assim espera-se encontrar no máximo 12 ml de água, por isso será utilizado uma seringa para medição da quantidade de água que sobrou no recipiente.

No sistema em estudo há quatro separadores de líquido de baixa pressão. Para a melhor análise será realizada uma amostragem por separador, por mês, durante três meses consecutivos antes da instalação do purificador e da mesma forma após a instalação.

Na coleta de dados será confeccionada uma planilha para registrar as temperaturas de bulbo seco e úmido do ambiente externo, pressão de descarga e sucção dos compressores, percentual de água e ar do sistema. Junto com esses dados será registrado a quantidade de horas de trabalho dos compressores, podendo assim estimar a capacidade frigorífica dos equipamentos e a potência consumida.

Como o sistema não possui um sistema computacional (supervisório) que monitore e registre os dados acima mencionados, as amostras serão coletadas conforme procedimento operacional da empresa, ou seja, 1 vez ao dia às 15:00 (historicamente o horário com maior demanda de produção de frio).

Outro dado importante que foi coletado e analisado é a produção diária do frigorífico e o consumo de energia elétrica.

Com os dados das primeiras fases é possível verificar o coeficiente de performance da instalação com o auxílio do programa *CoolPack* e comparar o ciclo de refrigeração teórico com o prático, levando em consideração os contaminantes ar e água. Com o COP e a capacidade de refrigeração é possível estimar o consumo de energia elétrica e verificar a redução do consumo com a retirada dos contaminantes.

3.2.2 Instalação do Purificador de Amônia

A instalação do purificador se dividirá em três partes:

- a) Foi avaliado, no sistema de refrigeração, o melhor local para instalação do equipamento;
- b) Foi verificado o manual do equipamento para confecção do memorial descritivo da instalação e na terceira;
- c) Instalação do equipamento avaliando custos e procedimentos.

3.2.3 Verificação dos Resultados

Esta fase baseou-se no acompanhamento dos parâmetros operacionais do sistema de refrigeração em estudo com intuito de comparar o antes e depois da instalação do purificador de amônia.

O método de coleta foi o mesmo realizado na coleta de dados iniciais. Esta coleta se estendeu por 3 meses após a instalação do equipamento, tendo o mesmo período dos dados iniciais.

3.2.4 Validação do Projeto

Na última fase da monografia serão apresentados os resultados obtidos com a instalação do purificador de amônia. Esses resultados serão calculados e comparados aos dados iniciais. Uma verificação paralela será realizada comparando os indicadores de produção da unidade (consumo de energia elétrica e produtos acabados) antes e depois da instalação do equipamento.

Os cálculos para obtenção dos resultados estão referenciados no capítulo 2 (equações de 1 a 7).

4 DESENVOLVIMENTO

Este capítulo apresenta os dados coletados entre os meses de fevereiro e agosto de 2016, as configurações do equipamento instalado e análise e discussões dos resultados obtidos.

4.1 Coleta de Dados

Durante os meses em estudo o operador do sistema de refrigeração coletou diariamente os seguintes dados:

- Pressão de condensação;
- Pressões de evaporações de todos os regimes de trabalho;
- Temperatura de bulbo seco e bulbo úmido;
- Quantidade de produto acabado;
- Consumo de energia;
- Horas de trabalho de cada equipamento;
- Percentual de água no sistema.

Para verificação da quantidade de água no sistema foi realizado a coleta de 200 ml de amônia em fase líquido saturado do recalque das bombas dos separadores de líquido do regime de -35°C . Como no sistema há 4 separadores de líquido neste regime, a cada semana foi realizado a coleta de um separador diferente. Com o valor do percentual de água encontrado nos separadores formou-se um valor médio para referência no estudo.

Conforme descrito no item 3.2.1, as amostras de pressão de evaporação, temperatura de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido serão verificados conforme procedimento operacional da empresa, ou seja, 1 vez ao dia às 15:00 (historicamente o horário com maior demanda de produção de frio). Os dados foram retirados da seguinte forma:

- Pressão de Condensação: o valor da pressão de condensação ou pressão de descarga foi verificado nos manômetros dos compressores do regime de -10°C ou 0°C a critério do operador. Todos manômetros são calibrados conforme norma regulamentadora. A Figura 20 apresenta o manômetro verificado.

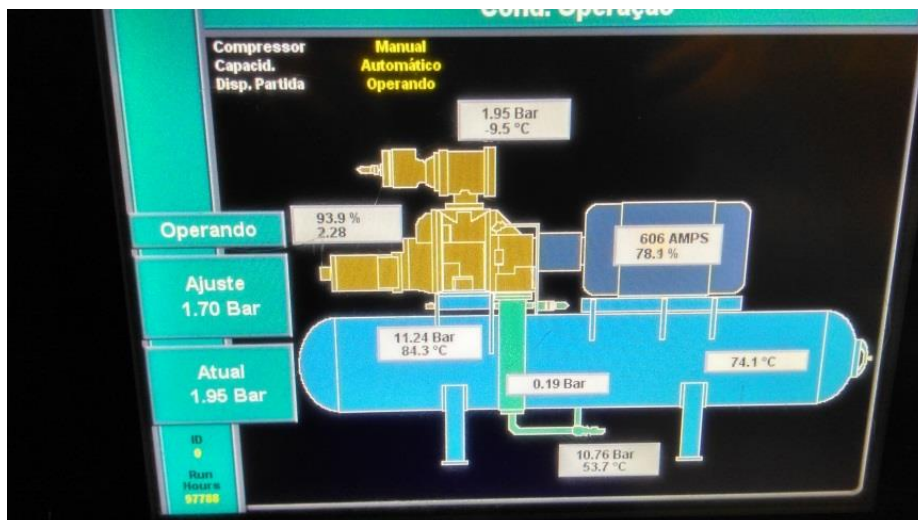
Figura 20 - Manômetro de descarga do compressor 16



Fonte: Autor

- Pressão de Evaporação: o valor da pressão de evaporação ou pressão de sucção dos compressores foi verificado nos quadros de controles dos compressores conforme Figura 21, assim como os manômetros todos os transdutores de pressão são calibrados conforme norma regulamentadora.

Figura 21 - Painel de controle do Compressor de amônia 16



Fonte: Autor

- Temperaturas de bulbo seco e úmido: os valores de temperatura de bulbo úmido e seco foram verificados pelo operador com o uso de termômetros portáteis conforme Figura 22.

Figura 22 - Termômetros de bulbo úmido e seco



Fonte: Autor

- Quantidade de produto acabado e consumo de energia: Tanto os dados de quantidade de produto acabado como o consumo de energia da fábrica foram obtidos do setor de planejamento e controle de produção (PCP).
- Horas de trabalho dos compressores: o valor das horas diárias de cada equipamento foi verificado dos quadros de controle dos compressores conforme figura 21.

- Percentual de água no sistema: o valor do percentual de água no sistema foi obtido através da coleta de amônia da linha de recalque das bombas dos separadores de líquido do regime de -35°C . As Figuras 23, 24, 25 apresentam a sequência de coleta.

Figura 24 - Retirando amônia do sistema



Figura 23 - Evaporação da amônia



Figura 25 – Verificando Percentual de água



Fonte: Autor

Na Figura 25 observa-se o operador retirando água do recalque das bombas do separador de líquido. Geralmente esta operação é realizada em um dia sem produção, para que em caso de alguma falha na válvula o impacto do acidente seja menor. O fluido retirado é deixado ao ar livre para evaporar com visto na Figura 24, assim que toda amônia evapora, é coletado com uma seringa e medido a quantidade de água (FIGURA 26). Geralmente é retirado 200 ml de amônia para verificação.

4.1.1 Dados obtidos

Os dados coletados diariamente pelo operador do sistema de refrigeração foram registrados em uma planilha eletrônica. Para análise dos dados foram descartados os dias sem produção.

Na Tabela 2 pode se verificar um resumo com a média dos valores atingidos, relevantes para este estudo, na tabela em questão pode-se notar a elevação da pressão de evaporação do regime -35°C e a redução da pressão de condensação. Os valores diários completos estão no APÊNDICE A e B.

Tabela 2 - Média dos valores operacionais

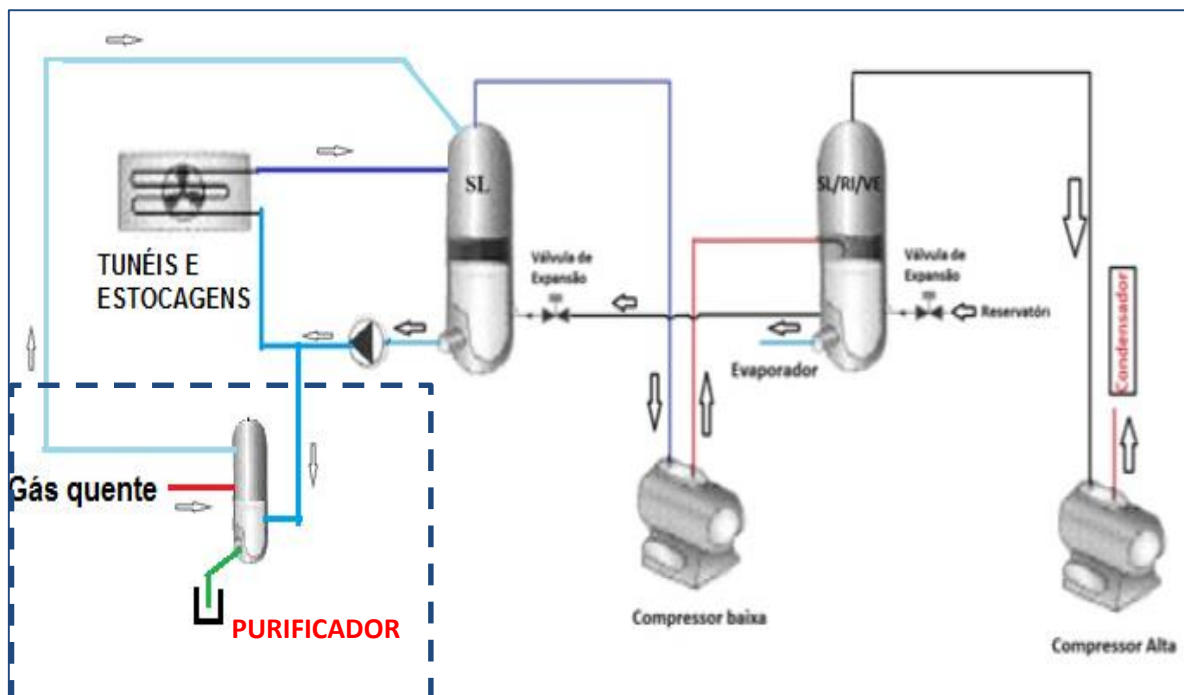
Mês	Pressão de Condensação (bar)	Pressão de Evaporação 0°C (bar)	Pressão de Evaporação -10°C (bar)	Pressão de Evaporação -35°C (bar)	Temperatura de Bulbo Umido (°C)	Temperatura de Bulbo Seco (°C)	Ar na Instalação (%)	Quantidade de Produto Acabado (Ton)	Consumo de Energia (kWh)
Fevereiro	12,83	2,88	1,89	-0,16	29,15	32,17	15,63	509,90	152.080,73
Março	12,20	2,89	1,94	-0,16	26,21	28,25	8,05	505,41	146.261,03
Abril	12,54	2,89	1,90	-0,16	25,70	27,22	6,74	520,17	150.478,13
Maiο	11,06	2,97	1,94	-0,12	18,16	18,70	5,77	515,54	135.870,93
Junho	10,44	2,94	1,99	-0,06	16,61	17,91	8,00	503,84	129.445,16
Julho / Agosto	10,97	2,99	1,97	-0,10	19,87	21,36	9,26	496,66	133.268,24

Fonte: Elaborado pelo autor conforme dados coletados

4.2 Instalação do purificador de amônia

O purificador de amônia ou purgador de água, equipamento responsável por retirar a água do sistema, ou seja, diminuir o percentual de água, foi instalado ao lado de um dos separadores de líquido do regime de -35°C, sendo o ponto mais baixo e com maior fluxo de amônia de toda instalação. Conforme Figura 26 o purificador desvia um pouco do líquido a baixa temperatura, realiza o processo de separação da água da amônia e manda de volta a amônia para o separador. É um processo de funcionamento contínuo, enquanto as bombas estiverem ligadas o equipamento estará realizando a separação.

Figura 26 - Fluxograma da Instalação / ponto da instalação do Purificador



Fonte: Elaborado pelo autor baseado em Silva e Silva (2007)

4.2.1 Dados do equipamento

O purificador Smart Dryer SDS Modelo AB-1347 da empresa Armstrong Brasil (Figura 27) não apresenta limite ou capacidade de separação de água, seu princípio de funcionamento baseia-se nos seguintes passos:

1º: Ao ligar a botoeira o sistema entra em funcionamento, liberando a entrada de amônia líquida supostamente contaminada com água, a aproximadamente -35°C , no tanque (vaso de pressão) fechado, com uma serpentina no interior, até o nível desejado;

2º: Quando o líquido atingir o nível desejado o sistema libera a circulação de amônia à alta temperatura (50 a 80°C) pelo interior da serpentina aquecendo o fluído. Como o líquido está próximo à temperatura de saturação, ao elevar alguns graus a amônia irá começar a evaporar restando apenas água no fundo do tanque;

3º: Ao evaporar toda amônia, fecha-se todas válvulas do vaso e retira-se a água pelo ponto mais baixo do tanque. Dando início novamente ao ciclo.

Figura 27 - Purificador de Amônia



Fonte: Autor

Pode se visualizar o fluxograma do sistema em ANEXO A.

Desde a coleta do fluido até a evaporação da amônia o sistema não necessita de intervenção, um CLP (controle lógico programado) é o responsável por abrir e fechar as válvulas de líquido e gás quente. O único momento que é necessário intervir é a retirada da água, para garantir a segurança do processo.

4.3 Custo da instalação

O custo da aquisição do purificador foi de R\$ 60.000,00, acompanhamento na montagem e *start up* custaram R\$ 4.500,00 e mão de obra para montagem e isolamento térmico R\$ 15.500,00 totalizando R\$ 80.000,00 no investimento.

4.4 Análise e discussões dos resultados

Este capítulo apresenta a análise e discussões dos resultados obtidos a partir da coleta de dados do sistema de refrigeração entre os meses de fevereiro e agosto deste ano, levando em consideração a instalação do purificador de amônia em maio.

4.4.1 Percentual de água nos sistema

Com os dados registrados foi elaborada a Tabela 3 do percentual de água encontrado no sistema entre os meses de fevereiro e agosto, como pode ser visto na tabela há um decréscimo constante na porcentagem de água em todos separadores de líquido a partir de maio, quando foi instalado o equipamento.

Tabela 3 - Percentual de água

Mês		SL Estocagens	SL Tunel 1-2	SL Tunel 3	SL Tunel 4
Fevereiro	Data	06/02/2016	13/02/2016	20/02/2016	27/02/2016
	%água	2,5	1,5	2	2
Março	Data	05/03/2016	12/03/2016	19/03/2016	26/03/2016
	%água	1,75	1,5	2	1,5
Abril	Data	02/04/2016	09/04/2016	16/04/2016	23/04/2016
	%água	1,5	1,5	1,5	1,25
Maio	Data	07/05/2016	14/05/2016	21/05/2016	28/05/2016
	%água	1,25	2	1,5	1,5
Junho	Data	04/06/2016	11/06/2016	18/06/2016	25/06/2016
	%água	1,08	1	1,25	1
Julho	Data	02/07/2016	09/07/2016	16/07/2016	
	%água	1	1	1	
Agosto	Data	13/08/2016			06/08/2016
	%água	1			1,25

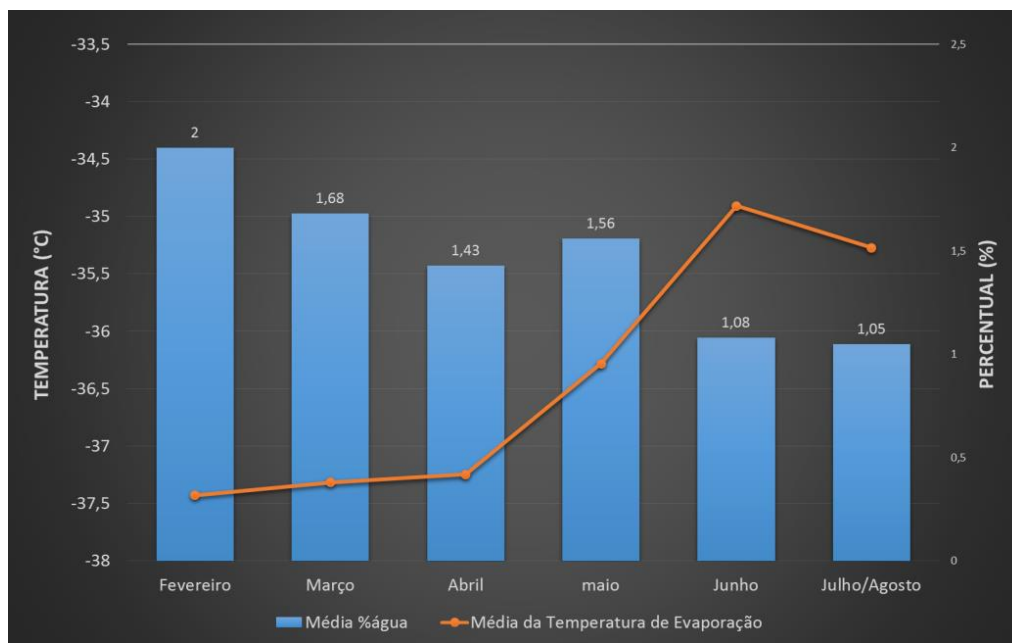
Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados coletados

Em setembro a produção de frango foi interrompida por 15 dias, tendo dados insuficientes para comparação com os três meses anteriores a instalação do equipamento a coleta de dados se estendeu até metade do mês de agosto.

4.4.2 Comparação da pressão de evaporação com o percentual de água no sistema

Para comparar a temperatura de evaporação com o percentual de água do sistema foi utilizado a média de ambos os valores em cada mês (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Média da temperatura de Evaporação



Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados coletados

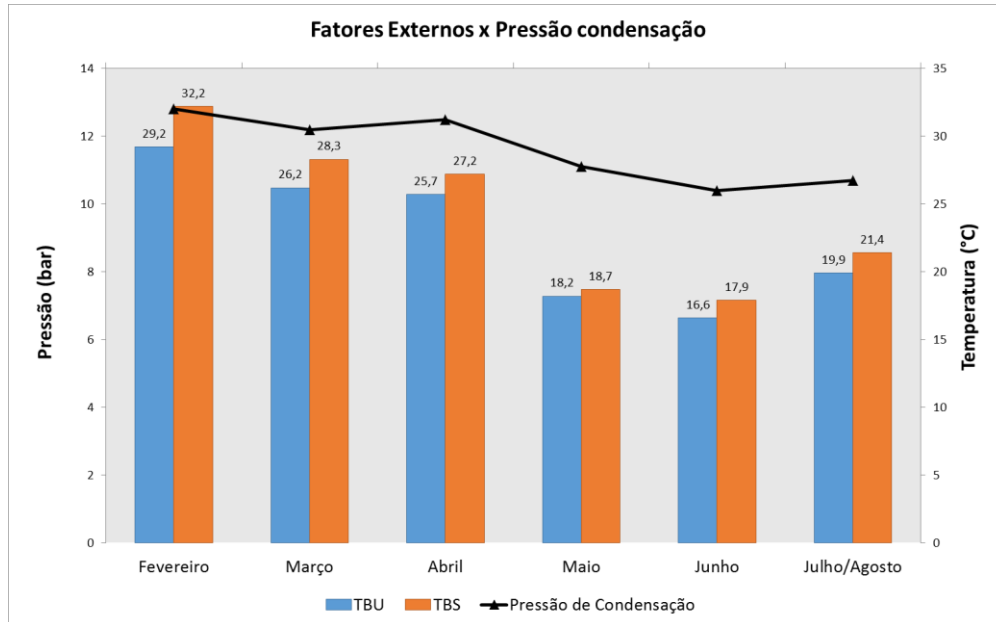
Pode-se concluir que a média da temperatura de evaporação do regime de -35°C elevou 2 graus célsius após instalação do equipamento no mês de maio.

4.5 Validação dos resultados

Através dos dados obtidos nestes seis meses de estudo pode se verificar a grande influência da contaminação da água no sistema. A eliminação de quase 1% de água gerou o aumento de 2°C na temperatura de evaporação do sistema de baixa pressão diminuindo assim o trabalho realizado pelos compressores. Porém para calcular a redução do consumo de energia foi simulado no programa *CoolPack* os parâmetros de operação do sistema de refrigeração do mês fevereiro alterando a temperatura de evaporação para a mesma do mês de julho, devido os fatores externos influenciarem diretamente na pressão de condensação consequentemente no consumo de energia.

Para comprovar esse fator foi elaborado o Gráfico 3 com as temperaturas externas (TBS e TBU) comparando com a pressão de condensação do sistema.

Gráfico 3 - Comparação das condições climáticas com a pressão de condensação



Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados coletados

Conforme o Gráfico, a pressão de condensação acompanha o comportamento das temperaturas externas (ambientes), por isso não é possível afirmar que um fator, como o deste estudo, impacta 100% no consumo de energia.

Para determinar o ganho obtido com a remoção da água do sistema de refrigeração foram simulados com a utilização do programa *CoolPack* os parâmetros dos meses de fevereiro, março e abril elevando a temperatura de evaporação do sistema de baixa em 2°C. Para calcular o consumo de energia utilizado pelos compressores utilizou-se da equação 1, onde se necessita dos valores das entalpias de vapor saturado e vapor superaquecido (ambos valores retirados do programa *CoolPack*) e deslocamento de massa dos compressores ($\dot{m}$). Com o deslocamento de massa também se chega a carga térmica, utilizando a equação 4.

$$\dot{m} = \Phi \cdot \rho \quad (10)$$

Onde:

Φ = deslocamento volumétrico (m³/h) de acordo com o fabricante (Tabela 4);

ρ = massa específico (kg/m³).

Tabela 3 - Dados técnicos dos compressores instalados

Compressor	Q (kW)	Potencia (kW)	Deslocamento de massa (m³/h)	Regime (°C)	Modelo	Fabricante
Nº 01	942,56	543,848	1450	-10	N200 SUDMX	Mycom
Nº 03	942,56	543,848	1450	-10	N200 SUDMX	Mycom
Nº 04	854,47	475,867	3384	-35	N320 SUDMX	Mycom
Nº 05	984,17	543,848	1450	-10	N200 VLD TS	Mycom
Nº 06	807,74	407,886	3830	-35	WRV 255 / 2.2	Howden
Nº 07	897,12	543,848	1465	-10	WRV 204/1,65/3.6	Howden
Nº 08	807,74	407,886	3830	-35	WRV 255 / 2.2	Howden
Nº 09	913,16	543,848	1460	-10	N200 VLD	Mycom
Nº 10	854,47	475,867	3790	-35	N320	Mycom
Nº 11	1426,05	543,848	1490	0	N200 VLD	Mycom
Nº 12	808,33	407,886	3830	-35	WRV 255 / 2.2	Mycom
Nº 13	1394,67	611,829	1465	0	WRV 204/1,65/3.6	Mycom
Nº 15	1188,95	747,790	1905	-10	WRV 255-1.1	Mycom
Nº 16	1381,88	815,771	2215	-10	TDSH 233 RWB - 193	Frick
Nº 17	1205,41	543,848	5000	-35	RDB -283	Frick
Nº 18	1394,67	543,848	1465	0	WRV 204/1,65/3.6	Howden
Nº 19	984,17	543,848	1450	-10	N200 VLD	Mycom

Fonte: Elaborado pelo autor, dados colhidos das placas de identificação dos equipamentos

A determinação do coeficiente de eficácia real do processo foi obtida através da coleta de dados (pressões de operação e horas de funcionamento dos equipamentos). Já o novo coeficiente teve que ser calculado o deslocamento volumétrico considerando a mesma carga térmica do processo real.

$$\dot{m}'_{-35^{\circ}\text{C}} = Q_{ev-35^{\circ}\text{C}} / (hs' - he) \quad (11)$$

Onde:

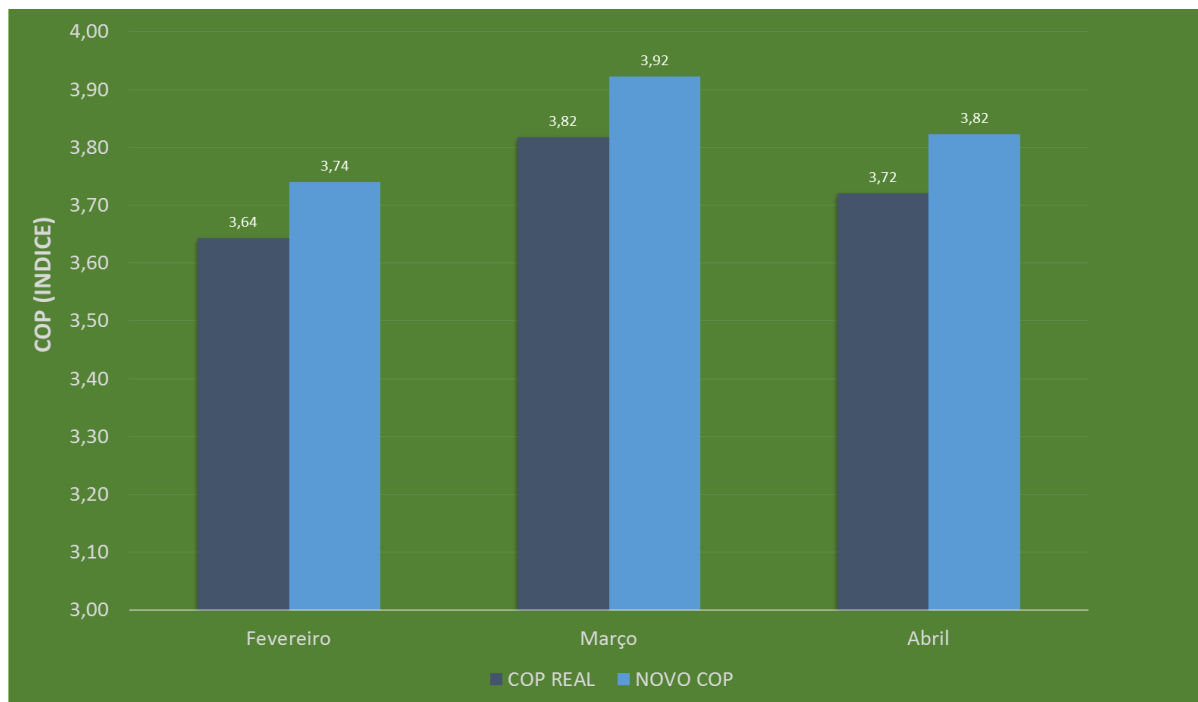
$\dot{m}'$ = novo deslocamento volumétrico (kg/s);

hs' = entalpia do fluido na sucção do compressor, depende da nova temperatura de evaporação (kJ/kg);

he = entalpia do fluido na entrada do separador de líquido (kJ/kg).

Com o valor de $\dot{m}'_{-35^{\circ}\text{C}}$ é possível encontrar a potência necessária para os compressores de baixa utilizando a equação 1. Utilizando as equações listadas pode-se calcular as novas cargas térmicas, potências consumidas e consequentemente o novo coeficiente de eficácia. Através dos cálculos chegou-se ao Gráfico 4.

Gráfico 4 - Comparação entre o coeficiente de eficácia



Fonte: Elabora pelo autor

Analisando o Gráfico 4, pode-se notar que a elevação de 2°C na temperatura de evaporação do sistema de baixa elevou o coeficiente de eficácia em aproximadamente 2,7%. Esta alteração implica na redução do consumo de energia em 45,6 kWh por dia.

$$Economia\ de\ Energia = \Delta E . c . h . d \quad (12)$$

Onde:

ΔE = Diferença na média do consumo de energia (real – novo consumo) (kWh)

c = custo da energia (R\$/kWh);

h = horas de trabalho por dia (h/dia);

d = dias de trabalho por mês (dia/mês).

A Tabela 5 mostra o consumo médio de energia dos compressores por hora do sistema de refrigeração no processo real e no novo processo calculado.

Tabela 4 - Comparação entre os consumos de energia

Mês	Consumo médio (kWh)	Novo Consumo médio (kWh)
Fevereiro	2745,551652	2699,105905
Março	2475,018288	2431,47578
Abril	2610,671152	2563,823191
ΔE (média)	2610,413697	2564,801625

Fonte: Autor

O custo de energia foi baseado no valor pago a concessionária no período do projeto da aquisição do equipamento, R\$0,38/kWh. As horas e os dias de trabalhos dos compressores foram definidos conforme coleta de dados operacionais, sendo $h = 19$ h/dia e $d = 22$ dias/mês.

Com isso o ganho calculado chega a R\$ 7.262,27/mês, um *payback* de 11 meses considerando o investimento de R\$ 80.000,00.

5 CONCLUSÃO

Com base nos dados obtidos, pode-se concluir que o trabalho atingiu seus objetivos, demonstrando a influencia da contaminação por água do sistema de refrigeração. Mesmo com o baixo percentual de água no sistema, abaixo do que a literatura previa, a remoção de 1% de água possibilitou a elevação de 2°C na temperatura de evaporação do sistema de baixa pressão, e diminuição de 45,61 kWh no consumo de energia por hora dos compressores, uma economia de R\$ 7.262,27/mês ocasionando um retorno do investimento de 11 meses.

A coleta de dados necessária para obtenção dos dados ajudou na realização de um procedimento operacional para controle do sistema de refrigeração, virando modelo e *benchmarking* para outras unidades da companhia.

Comprovando a afirmação de Gonçalves (2011), sobre a coleta de dados na forma de estudo de caso, onde os resultados são diferentes em diferentes instalações, pois segundo Cleto (2009) para cada 1% de água no sistema reduz 1% no coeficiente de eficácia, neste sistema a retirada de 1% proporcionou o aumento de 2,7% no coeficiente. Cada instalação se comporta de forma diferente à presença de água, neste por exemplo, a influência do contaminante era expressiva devido a maior parte da carga térmica da instalação ser do regime de baixa temperatura (-35°C).

Os resultados expressos nesta monografia mostram que experimentos em sistemas de refrigeração em funcionamento devem ser acompanhados por simulações computacionais, pois existem muitos fatores que influenciam no resultado ocultando os verdadeiros ganhos, sejam eles no consumo de energia ou no rendimento do sistema. Neste trabalho, por exemplo,

se não houvesse a atenção aos parâmetros ambientais como temperatura de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido, todo estudo teria sido comprometido.

Além do ganho financeiro, a purificação da amônia favoreceu a redução do indicador de energia elétrico, utilizado para verificar e comparar a eficiência dos processos produtivos de fábricas do mesmo seguimento na companhia. Com o sistema de refrigeração operando com o percentual de água 1% menor, teria a redução de 1,7 kW/tpa (quiloWatts por toneladas de produto acabado) em cada mês, isto representaria 6,9% do desvio médio do indicador no ano de 2015 onde fechou com 24,54 kW/tpa.

Outro grande benefício a partir da remoção de água foi a diminuição dos danos nas bombas de amônia. Por serem instaladas nos pontos mais baixos dos separadores de líquido, é o ponto onde a água se deposita quando o sistema está desligado. Fabricadas em aço carbono, sofrem com a oxidação causando a quebra e consequentemente gerando a necessidade de intervenção. Tal quais as bombas, praticamente todos os equipamentos de um sistema de refrigeração por amônia são fabricado de aço carbono, ficando expostos à oxidação gerando o risco de vazamentos e consequentemente acidentes graves com vítimas.

Este trabalho não é uma grande inovação tecnológica, mas sim conceitual. Mesmo que o conceito de retirar dos equipamentos o melhor rendimento possível não seja novo. As indústrias devem estabelecer procedimentos onde, analogamente, fatores como água, óleo e ar em sistemas de refrigeração por amônia, mesmo que em pequenas quantidades, não seja considerados como normais, ou irrelevantes.

REFERÊNCIAS

ANEEL. Agencia Nacional de Energia Elétrica. **Atlas da Energia Elétrica no Brasil: Parte 1.** Brasília: Aneel, 2002.

BARROS, Aidil Jesus da Silveira; LEHFELD, Neide Aparecida de Souza. **Fundamentos de Metodologia Científica:** um guia para a iniciação científica. 2. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2000.

BOAVENTURA, Edivaldo M. **Metodologia de Pesquisa:** Monografia, dissertação e tese. São Paulo: Atlas, 2004.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS, FUPAI/EFFICIENTIA, **Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial.** Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

COSTA, Ennio Cruz da. **Refrigeração.** 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1982.

CLETO, Leonilton Tomaz. **Recomendações sobre operação e manutenção de sistemas de refrigeração por amônia.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008.

DOSSAT, Roy J. **Princípios da Refrigeração.** São Paulo: Hemus, 2004. Tradução de Raul Peragallo Torreira.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

KAUARK, Fabiana da Silva; MANHÃES, Fernanda Castro; MEDEIROS, Carlos Henrique. **Metodologia da Pesquisa:** um guia prático. Itabuna: Via Litterarum, 2010.

MAPA. **Aumento na produção de carnes será de 43,2% até 2021.** Estudo realizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2012/06/aumento-na-producao-de-carnes-sera-de-43porcento-ate-2021>>. Acesso em 06 jun. 2016.

SILVA, José de Castro; SILVA, Ana Cristina G. Castro. **Refrigeração e Climatização para Técnicos e Engenheiros.** Rio de Janeiro: Ciência Moderna LTDA, 2007.

STOECKER, W.F. ; JABARDO, J. M. Saiz. **Refrigeração Industrial**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2002.

GONSALVES, Elisa Pereira. **Conversas sobre Iniciação à Pesquisa Científica**. 5. ed. Campinas: Alínea, 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Dados operacionais do sistema de refrigeração

Dia da semana	Data	PC	P0°C	P-10°C	P-35°C	TBU	TBU2	TBS	% Ar	%água
Segunda-feira	01/02/2016	12,2	2,83	1,79	-0,27	25,4	27,5	29,6		
Terça-feira	02/02/2016	12,1	2,75	1,84	-0,09	24,2	25,0	27,1		
Quarta-feira	03/02/2016	12,3	2,84	1,77	-0,12	25,4	25,8	26,5		
Quinta-feira	04/02/2016	12,4	2,87	1,84	-0,13	25,5	28,1	30,6		
Sexta-feira	05/02/2016	12,4	2,87	1,84	-0,09	27,4	28,7	30,7	2,93	
Sábado	06/02/2016									2,5
Domingo	07/02/2016									
Segunda-feira	08/02/2016	13,5	2,84	1,86	-0,14	28,3	31,4	36,4	10,21	
Terça-feira	09/02/2016	13,6	2,83	1,84	-0,16	27,2	27,5	28,6		
Quarta-feira	10/02/2016	12,8	2,9	1,84	-0,1	26,7	29,8	33,3	24,08	
Quinta-feira	11/02/2016	12,5	2,86	1,9	-0,18	26,8	29,4	32,9	8,97	
Sexta-feira	12/02/2016	13,4	2,9	1,94	-0,18	27,3	30,1	34,6	20,38	
Sábado	13/02/2016									1,5
Domingo	14/02/2016									
Segunda-feira	15/02/2016	12,8	2,96	1,97	-0,18	26,7	29,2	31,6	13,9	
Terça-feira	16/02/2016	13,2	2,97	1,95	-0,17	26,8	27,8	30,4	24,31	
Quarta-feira	17/02/2016	13,3	2,9	1,93	-0,14	28,4	31,3	35,3	19,78	
Quinta-feira	18/02/2016	13	2,97	1,98	-0,18	27,3	29,8	33,3	18,91	
Sexta-feira	19/02/2016	13	2,9	1,93	-0,18	27,9	30,8	33,7	19,08	
Sábado	20/02/2016									2
Domingo	21/02/2016									
Segunda-feira	22/02/2016	13,4	2,86	1,93	-0,18	27,8	29,7	33,3	20,12	
Terça-feira	23/02/2016	13,3	2,88	1,92	-0,18	26,9	30,1	33,7	17,14	
Quarta-feira	24/02/2016	13,1	2,88	1,93	-0,18	26,8	30,0	34,2	18,56	
Quinta-feira	25/02/2016	12,6	2,86	1,87	-0,18	25,6	28,5	33,3	12,54	
Sexta-feira	26/02/2016	13,1	2,86	1,94	-0,16	27,4	31,5	35,9	11,79	
Sábado	27/02/2016									2
Domingo	28/02/2016									
Segunda-feira	29/02/2016	11,5	2,92	1,95	-0,18	30,3	30,3	30,6	7,42	

Dia da semana	Data	PC	P0°C	P-10°C	P-35°C	TBU	TBU2	TBS	% Ar	%água
Terça-feira	01/03/2016	12,1	2,88	1,94	-0,18	29,8	27,3	31,1	4,12	
Quarta-feira	02/03/2016	11,5	2,96	1,94	-0,15	24,0	25,0	26,2		
Quinta-feira	03/03/2016	11,6	2,92	1,94	-0,18		22,2	22,2		
Sexta-feira	04/03/2016	11,7	3,06	1,97	-0,15		27,0	27,6		
Sábado	05/03/2016									1,75
Domingo	06/03/2016									
Segunda-feira	07/03/2016	12,3	2,98	2	-0,14	23,5	25,7	29,1	12,72	
Terça-feira	08/03/2016	13,1	2,94	1,98	-0,15	26,5	28,9	31,6	6,93	
Quarta-feira	09/03/2016	12,3	2,9	1,97	-0,18	24,6	24,7	24,8	10,5	
Quinta-feira	10/03/2016	12	2,9	2	-0,19	22,9	22,9	22,9	8,9	
Sexta-feira	11/03/2016	11,1	2,83	2,02	-0,17	21,6	23,5	25,3	7,8	
Sábado	12/03/2016									1,5
Domingo	13/03/2016									
Segunda-feira	14/03/2016	12,5	2,87	1,91	-0,18	24,9	27,0	29,1	9,17	
Terça-feira	15/03/2016	13	2,86	1,9	-0,1	26,7	29,2	31,6	8,19	
Quarta-feira	16/03/2016	12,9	2,82	1,88	-0,2	26,8	29,4	31,9	8,34	
Quinta-feira	17/03/2016	12,6	2,85	1,89	-0,19	26,4	30,5	34,6	9,63	
Sexta-feira	18/03/2016	12,9	2,78	1,9	-0,18	26,7	29,4	36,4	10,41	
Sábado	19/03/2016									2
Domingo	20/03/2016									
Segunda-feira	21/03/2016	12,5	2,9	1,99	-0,19	25,4	27,4	29,4	4,68	
Terça-feira	22/03/2016	11,6	2,86	1,89	-0,16	22,1	24,6	27,1	6,91	
Quarta-feira	23/03/2016	11,7	2,85	1,84	-0,17	24,3	25,2	26,9	3,61	
Quinta-feira	24/03/2016	12,6	2,85	1,93	-0,15	23,9	25,6	27,3		
Sexta-feira	25/03/2016						21,6	21,6		
Sábado	26/03/2016									1,5
Domingo	27/03/2016									
Segunda-feira	28/03/2016	11,8	2,88	1,97	-0,19	23,1	21,6	21,1	10,3	
Terça-feira	29/03/2016	11,9	2,95	1,98	-0,08	24,2	26,2	28,7	5,58	
Quarta-feira	30/03/2016	12,3	2,86	1,92	-0,15	24,9	26,7	28,4	9,09	
Quinta-feira	31/03/2016	12,3	2,89	1,88	-0,16	26,0	27,0	28,2		

Dia da semana	Data	PC	P0°C	P-10°C	P-35°C	TBU	TBU2	TBS	% Ar	%água
Sexta-feira	01/04/2016	12,2	2,81	2,04	-0,18	26,5	27,7	28,8		
Sábado	02/04/2016									1,5
Domingo	03/04/2016									
Segunda-feira	04/04/2016	12,6	2,85	1,88	-0,18	25,9	26,6	28,1		
Terça-feira	05/04/2016	13,5	2,91	1,91	-0,13	27,5	29,2	31,9	11,13	
Quarta-feira	06/04/2016	13,2	2,93	1,89	-0,13	28,9	32,4	36,7	9,39	
Quinta-feira	07/04/2016	12,9	2,94	1,88	-0,14	31,4	30,5	30,2	7,5	
Sexta-feira	08/04/2016	12,5	2,88	1,86	-0,15	30,7	27,8	24,8	9,21	
Sábado	09/04/2016									1,5
Domingo	10/04/2016									
Segunda-feira	11/04/2016	12,4	2,85	1,86	-0,1	25,0	24,6	24,2	7,91	
Terça-feira	12/04/2016	12,5	2,85	1,93	-0,19	25,3	24,8	24,3	7,21	
Quarta-feira	13/04/2016	13,2	2,92	1,9	-0,2	27,0	29,0	30,9	7,6	
Quinta-feira	14/04/2016	12,6	2,85	1,97	-0,16	26,0	27,7	29,3	6,92	
Sexta-feira	15/04/2016	13,3	2,9	2	-0,16	27,1	30,9	34,7	6,18	
Sábado	16/04/2016									1,5
Domingo	17/04/2016									
Segunda-feira	18/04/2016	13,5	2,89	1,88	-0,1	27,5	29,2	33,3	4,12	
Terça-feira	19/04/2016	12,8	2,87	1,87	-0,14	25,9	30,6	36	5,3	
Quarta-feira	20/04/2016	13,4	3,05	1,95	-0,17	27,1	28,2	30,6	7,6	
Quinta-feira	21/04/2016	12,3	2,9	1,89	-0,15	25,2	27,3	29,9	5,47	
Sexta-feira	22/04/2016						22,1	22,3		
Sábado	23/04/2016									1,25
Domingo	24/04/2016									
Segunda-feira	25/04/2016	12,1	2,83	1,88	-0,14	24,3	25,3	26,2	5,7	
Terça-feira	26/04/2016	10,9	2,87	1,92	-0,2	16,2	16,5	16,7	3,39	
Quarta-feira	27/04/2016	11,5	2,84	1,84	-0,19	15,0	14,6	16,3	4,48	
Quinta-feira	28/04/2016	11,6	2,86	1,78	-0,19	15,6	15,7	16,6		
Sexta-feira	29/04/2016	11,8	2,96	1,89	-0,16	17,0	15,7	14,9	5,5	
Sábado	30/04/2016									

Dia da semana	Data	PC	P0°C	P-10°C	P-35°C	TBU	TBU2	TBS	% Ar	%água
Domingo	01/05/2016									
Segunda-feira	02/05/2016	11,6	2,96	1,9	-0,16	18,2	20,6	22,9	6,41	
Terça-feira	03/05/2016	11,3	2,98	1,87	-0,18	19,1	20,1	21,3	3,58	
Quarta-feira	04/05/2016	11,1	3	1,9	-0,19	20,1	20,8	22,1	6,05	
Quinta-feira	05/05/2016	11,5	3,01	1,89	-0,2	17,4	16,8	16,4	1,69	
Sexta-feira	06/05/2016	11	2,97	1,94	-0,09	17,5	17,3	17,2	4,17	
Sábado	07/05/2016									1,25
Domingo	08/05/2016									
Segunda-feira	09/05/2016	10,9	2,89	1,88	-0,07	17,0	20,7	24,7	3,32	
Terça-feira	10/05/2016	11,5	2,97	1,84	-0,15	22,8	21,8	21,1	3,81	
Quarta-feira	11/05/2016	11,1	2,88	1,87	-0,11	20,9	19,8	18,9	4,7	
Quinta-feira	12/05/2016	11,3	2,88	1,91	-0,09	17,6	15,9	14,9	4,33	
Sexta-feira	13/05/2016	11,2	2,9	1,91	-0,08	19,2	18,0	17,4	4,07	
Sábado	14/05/2016									2
Domingo	15/05/2016									
Segunda-feira	16/05/2016	10,7	2,81	1,9	-0,09	16,3	16,4	17,2	6,1	
Terça-feira	17/05/2016	11	2,98	1,88	-0,09	16,4	15,8	16,6	6,26	
Quarta-feira	18/05/2016	10,8	2,98	1,9	-0,1	15,8	16,1	16,8	6,99	
Quinta-feira	19/05/2016	11,4	3	1,94	-0,11	18,5	17,4	16,3	7,19	
Sexta-feira	20/05/2016	11,4	3	2,1	-0,1	18,0	15,7	13,3	6,74	
Sábado	21/05/2016									1,5
Domingo	22/05/2016									
Segunda-feira	23/05/2016	10,3	2,9	2,1	-0,08	17,0	16,1	15,9	5,86	
Terça-feira	24/05/2016	10,7	2,98	1,98	-0,09	15,9	17,0	18,1	7,6	
Quarta-feira	25/05/2016	10,9	3,02	1,95	-0,09	18,0	18,8	19,6	7,42	
Quinta-feira	26/05/2016	11,3	3,28	1,95	-0,08	19,1	20,4	21,7	7,05	
Sexta-feira	27/05/2016						15,1	15,6		
Sábado	28/05/2016									1,5
Domingo	29/05/2016									
Segunda-feira	30/05/2016	10,6	3,05	2,18	-0,18	16,8	18,4	20,3	10,16	
Terça-feira	31/05/2016	10,7	3,02	1,9	-0,09	15,7	17,6	20,1	7,74	

Dia da semana	Data	PC	P0°C	P-10°C	P-35°C	TBU	TBU2	TBS	% Ar	%água
Quarta-feira	01/06/2016	10,4	2,99	1,94	-0,09	16,1	17,2	18,7	7,39	
Quinta-feira	02/06/2016	10,7	3	1,97	-0,08	15,9	17,3	18,6	4,56	
Sexta-feira	03/06/2016	9,8	2,92	1,89	-0,08	12,6	13,0	14,2	2,38	
Sábado	04/06/2016									1,08
Domingo	05/06/2016									
Segunda-feira	06/06/2016	11,2	2,9	1,97	-0,04	12,5	13,0	14,4	15,15	
Terça-feira	07/06/2016	11,1	2,87	1,98	-0,04	11,3	14,4	18,1	8,4	
Quarta-feira	08/06/2016	10,3	2,95	2,05	-0,05	10,8	13,2	16,2	10,4	
Quinta-feira	09/06/2016	9,8	2,85	1,98	-0,06	10,6	12,5	15,6	11,6	
Sexta-feira	10/06/2016	9,4	2,95	2,04	0,1	9,5	11,0	13,8	11,6	
Sábado	11/06/2016									1
Domingo	12/06/2016									
Segunda-feira	13/06/2016	9,9	2,92	2,01	-0,04	14,8	15,2	16,5	12,08	
Terça-feira	14/06/2016	11,1	2,9	2	-0,06	17,5	18,9	21,2	14,61	
Quarta-feira	15/06/2016	10,9	2,91	2,01	-0,06	18,6	19,9	22,4	4,8	
Quinta-feira	16/06/2016	10,7	2,9	2,06	-0,05	16,7	18,1	19,8	5,91	
Sexta-feira	17/06/2016	10,9	2,94	1,99	-0,08	15,1	14,7	14,4	4,17	
Sábado	18/06/2016									1,25
Domingo	19/06/2016									
Segunda-feira	20/06/2016	11,1	2,9	1,99	-0,08	15,5	14,8	14,3	9,51	
Terça-feira	21/06/2016	10,6	2,9	1,98	-0,04	17,3	16,5	15,7	8,4	
Quarta-feira	22/06/2016	9,7	3,01	2,01	-0,07	18,9	17,4	15,9	3,17	
Quinta-feira	23/06/2016	10,5	2,91	1,95	-0,07	18,2	18,0	17,7	5,91	
Sexta-feira	24/06/2016	9,7	3,01	1,95	-0,08	17,9	18,3	18,6	9,74	
Sábado	25/06/2016									1
Domingo	26/06/2016									
Segunda-feira	27/06/2016	10,5	2,86	1,94	-0,08	20,0	20,7	21,4	9,19	
Terça-feira	28/06/2016	10,5	3,28	2,08	-0,07	17,3	19,0	20,7	4,85	
Quarta-feira	29/06/2016	10,8	2,94	1,95	-0,07	16,2	19,7	23,1	8,41	
Quinta-feira	30/06/2016	10,1	2,94	1,95	-0,06	22,8	22,8	22,7	3,67	

Dia da semana	Data	PC	P0°C	P-10°C	P-35°C	TBU	TBU2	TBS	% Ar	%água
Sexta-feira	01/07/2016	11,5	2,95	1,94	-0,08	24,3	26,0	27,6	6,5	
Sábado	02/07/2016									1
Domingo	03/07/2016									
Segunda-feira	04/07/2016	11,6	3,12	2,05	-0,09	23,1	24,7	28,5	8,43	
Terça-feira	05/07/2016	11,3	3,1	2,06	-0,08	22,3	22,5	27,1	8,92	
Quarta-feira	06/07/2016	10,2	2,95	1,96	-0,08	15,1	17,9	21	5,71	
Quinta-feira	07/07/2016	9,5	3,11	2,07	-0,08	16,3	17,3	20,6	1,02	
Sexta-feira	08/07/2016	10,3	2,98	1,95	-0,08	17,5	18,0	19,4	1,32	
Sábado	09/07/2016									1
Domingo	10/07/2016									
Segunda-feira	11/07/2016	10,8	3,01	2,07	-0,06	19,3	18,3	17,2	3,98	
Terça-feira	12/07/2016	11,3	3,17	2,01	-0,08	20,1	20,1	20,1	7,02	
Quarta-feira	13/07/2016	10,5	2,94	2,01	-0,09	16,6	16,1	15,6	3,36	
Quinta-feira	14/07/2016	10,6	2,98	2,01	-0,09	19,2	18,8	18,3	3,04	
Sexta-feira	15/07/2016	10,5	2,93	1,98	-0,08	18,5	19,1	19,6	1,73	
Sábado	16/07/2016									1
Terça-feira	02/08/2016	11,3	2,92	1,89	-0,09	15,7			19,11	
Quarta-feira	03/08/2016	11,4	2,9	1,85	-0,09	23,0			18,25	
Quinta-feira	04/08/2016	11,7	3,16	2,16	-0,11	27,1			17,8	
Sexta-feira	05/08/2016	12,6	2,95	1,95	-0,1	31,9			14,79	
Sábado	06/08/2016									1,25
Domingo	07/08/2016									
Segunda-feira	08/08/2016	10,7	2,95	1,89	-0,08	17,2			11,2	
Terça-feira	09/08/2016	11	2,87	1,74	-0,14	17,8			10,78	
Quarta-feira	10/08/2016	10,8	2,89	1,85	-0,15	18,5			15,34	
Quinta-feira	11/08/2016	11	2,94	1,98	-0,2	18,1			13	
Sexta-feira	12/08/2016	10,8	2,95	1,92	-0,14	18,7			13,91	
Sábado	13/08/2016									1

APÊNDICE B – Horas de funcionamento dos compressores

Dia da semana	Data	Nº 01	Nº 03	Nº 04	Nº 05	Nº 06	Nº 07	Nº 08	Nº 09	Nº 10	Nº 11	Nº 12	Nº 13	Nº 15	Nº 16	Nº 17	Nº 18	Nº 19
Segunda-feira	01/02/2016	0	23	24	24	0	2	0	19	22	21	24	20	24	19	17	13	24
Terça-feira	02/02/2016	0	21	21	19	0	0	0	23	22	21	22	20	24	21	23	10	24
Quarta-feira	03/02/2016	0	22	20	15	0	11	0	24	23	21	20	21	24	21	24	5	24
Quinta-feira	04/02/2016	0	24	22	15	0	7	12	23	24	23	24	21	24	21	0	15	24
Sexta-feira	05/02/2016	0	23	23	20	12	3	20	23	17	21	23	20	24	20	0	16	24
Sábado	06/02/2016	0	6	7	10	1	0	4	16	8	3	24	0	7	3	0	0	8
Domingo	07/02/2016	0	0	3	0	0	0	3	15	10	0	15	0	0	8	0	0	3
Segunda-feira	08/02/2016	0	11	24	16	0	8	13	21	22	23	23	21	24	17	23	18	24
Terça-feira	09/02/2016	0	22	22	24	3	0	3	24	24	24	22	22	24	22	24	21	24
Quarta-feira	10/02/2016	0	20	21	24	10	0	14	23	22	21	23	20	22	21	0	17	23
Quinta-feira	11/02/2016	0	21	22	23	16	0	4	24	24	22	23	22	24	22	18	11	24
Sexta-feira	12/02/2016	0	20	0	18	12	0	0	23	22	21	19	20	23	19	21	12	23
Sábado	13/02/2016	0	2	0	9	0	0	0	11	12	1	17	1	17	2	0	1	6
Domingo	14/02/2016	0	0	11	0	5	0	0	17	6	0	16	0	6	3	0	0	5
Segunda-feira	15/02/2016	0	13	21	24	2	0	2	23	23	20	21	20	24	21	17	10	22
Terça-feira	16/02/2016	0	21	16	21	0	0	0	23	24	22	22	21	24	21	22	14	24
Quarta-feira	17/02/2016	0	20	14	21	5	0	0	22	23	22	20	21	23	21	22	14	23
Quinta-feira	18/02/2016	0	18	14	23	0	0	0	24	24	22	22	22	0	22	24	13	24
Sexta-feira	19/02/2016	0	18	16	19	2	0	0	23	23	21	20	20	23	21	19	13	24
Sábado	20/02/2016	0	6	3	6	2	0	0	15	24	9	6	1	6	3	7	2	10
Domingo	21/02/2016	0	0	0	1	0	0	0	15	16	0	0	0	0	0	0	0	0
Segunda-feira	22/02/2016	0	15	17	24	0	0	0	23	21	20	20	19	21	18	24	15	24
Terça-feira	23/02/2016	0	11	18	21	0	0	0	23	24	22	19	22	24	21	24	18	24
Quarta-feira	24/02/2016	0	21	14	23	0	0	0	17	24	22	21	21	24	21	24	17	24
Quinta-feira	25/02/2016	0	22	11	23	0	0	0	12	24	22	22	22	24	22	24	18	24
Sexta-feira	26/02/2016	0	18	5	20	0	0	0	21	23	20	19	19	22	20	24	13	23
Sábado	27/02/2016	0	3	0	7	0	0	0	24	24	1	2	0	2	1	7	2	7
Domingo	28/02/2016	0	0	4	2	0	0	0	0	13	0	2	0	12	0	4	0	3
Segunda-feira	29/02/2016	0	16	9	6	0	0	0	24	24	21	20	21	24	23	24	12	24

Dia da semana	Data	Nº 01	Nº 03	Nº 04	Nº 05	Nº 06	Nº 07	Nº 08	Nº 09	Nº 10	Nº 11	Nº 12	Nº 13	Nº 15	Nº 16	Nº 17	Nº 18	Nº 19
Terça-feira	01/03/2016	0	19	6	0	0	12	0	22	23	19	22	19	21	19	20	16	23
Quarta-feira	02/03/2016	0	16	5	0	0	6	0	22	22	18	17	17	22	18	22	5	22
Quinta-feira	03/03/2016	0	18	17	0	0	0	0	24	24	24	19	23	24	23	24	9	24
Sexta-feira	04/03/2016	0	10	0	0	0	0	0	22	20	14	19	0	23	18	23	5	22
Sábado	05/03/2016	0	1	6	0	0	0	0	10	17	0	5	0	19	3	2	1	5
Domingo	06/03/2016	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	10	18	0	0	0	0
Segunda-feira	07/03/2016	0	18	12	0	0	0	0	23	24	21	13	24	24	20	24	14	24
Terça-feira	08/03/2016	0	19	14	0	0	5	0	23	24	22	20	21	23	21	24	16	24
Quarta-feira	09/03/2016	0	19	14	0	1	18	0	22	24	19	20	19	23	19	24	17	23
Quinta-feira	10/03/2016	0	23	15	0	0	13	0	24	24	22	22	16	24	23	24	16	24
Sexta-feira	11/03/2016	0	21	11	0	0	8	0	19	24	22	21	20	22	21	24	10	24
Sábado	12/03/2016	0	2	0	0	0	0	0	10	22	1	6	7	21	1	2	0	6
Domingo	13/03/2016	0	4	4	0	0	0	0	14	15	0	5	0	7	4	4	0	5
Segunda-feira	14/03/2016	0	15	24	0	0	12	0	24	24	20	23	20	24	20	15	18	24
Terça-feira	15/03/2016	0	17	18	0	0	12	0	24	23	19	13	19	21	18	22	16	21
Quarta-feira	16/03/2016	0	23	19	0	0	13	0	21	24	24	23	20	24	23	24	22	24
Quinta-feira	17/03/2016	0	21	19	0	0	15	0	24	24	22	18	24	24	22	24	18	24
Sexta-feira	18/03/2016	0	21	13	0	0	12	0	23	24	21	20	21	23	21	24	16	24
Sábado	19/03/2016	0	0	3	0	0	0	0	7	21	1	4	1	18	1	5	5	5
Domingo	20/03/2016	0	0	4	0	0	0	0	4	15	0	1	0	15	0	5	0	4
Segunda-feira	21/03/2016	0	17	14	0	0	15	0	22	23	22	14	20	24	20	24	19	24
Terça-feira	22/03/2016	0	20	12	0	3	13	0	21	15	19	20	20	22	20	22	14	22
Quarta-feira	23/03/2016	0	21	24	0	12	10	0	24	0	23	22	21	24	21	24	16	24
Quinta-feira	24/03/2016	0	17	21	0	14	15	0	22	0	21	23	21	24	21	24	10	23
Sexta-feira	25/03/2016	0	2	5	0	0	0	0	19	0	1	19	0	1	1	3	0	4
Sábado	26/03/2016	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	9	1	9	0	0	0	0
Domingo	27/03/2016	0	2	2	0	4	0	0	2	0	0	21	0	21	3	3	0	5
Segunda-feira	28/03/2016	0	21	18	0	0	0	0	14	0	20	24	24	24	23	24	4	24
Terça-feira	29/03/2016	0	20	22	0	20	1	0	22	6	21	23	16	21	20	24	8	24
Quarta-feira	30/03/2016	0	19	14	0	4	2	0	20	23	21	19	20	23	18	23	11	23
Quinta-feira	31/03/2016	0	22	15	0	0	13	0	24	24	22	23	22	24	24	24	15	24

Dia da semana	Data	Nº 01	Nº 03	Nº 04	Nº 05	Nº 06	Nº 07	Nº 08	Nº 09	Nº 10	Nº 11	Nº 12	Nº 13	Nº 15	Nº 16	Nº 17	Nº 18	Nº 19
Sexta-feira	01/04/2016	0	20	4	6	0	10	0	24	22	20	21	20	23	19	20	15	22
Sábado	02/04/2016	0	6	2	0	14	0	0	22	20	3	0	2	22	4	16	4	11
Domingo	03/04/2016	0	6	4	0	14	0	0	20	20	3	6	2	14	4	16	4	13
Segunda-feira	04/04/2016	0	23	23	3	1	0	0	23	22	20	19	19	16	20	24	11	24
Terça-feira	05/04/2016	0	22	22	1	3	0	0	24	23	22	22	22	23	22	24	21	24
Quarta-feira	06/04/2016	0	20	18	0	1	0	0	22	23	21	20	20	23	21	23	20	23
Quinta-feira	07/04/2016	0	21	17	0	0	0	0	23	23	21	21	21	23	21	24	20	23
Sexta-feira	08/04/2016	0	22	14	0	0	0	0	20	24	22	21	21	24	21	23	22	24
Sábado	09/04/2016	0	1	3	0	0	0	0	19	14	2	7	2	7	1	4	3	6
Domingo	10/04/2016	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	21	0	3	0	0
Segunda-feira	11/04/2016	0	16	14	0	1	0	0	24	22	20	24	19	19	23	24	19	24
Terça-feira	12/04/2016	0	20	14	3	6	0	0	23	24	21	21	21	23	21	24	17	24
Quarta-feira	13/04/2016	0	18	13	23	5	0	0	22	24	20	20	19	22	20	23	0	24
Quinta-feira	14/04/2016	0	18	15	24	3	0	0	22	24	24	23	17	24	23	23	8	24
Sexta-feira	15/04/2016	0	12	15	23	1	0	0	22	24	21	21	20	23	20	24	14	24
Sábado	16/04/2016	0	0	2	3	0	0	0	7	24	1	5	1	23	0	2	1	4
Domingo	17/04/2016	0	0	0	0	0	0	0	13	13	0	5	0	5	4	4	0	4
Segunda-feira	18/04/2016	0	14	11	19	1	0	0	21	24	19	20	19	24	23	24	0	24
Terça-feira	19/04/2016	0	19	17	22	4	0	0	20	24	20	19	19	23	20	23	7	24
Quarta-feira	20/04/2016	0	21	15	24	0	0	0	22	24	23	23	23	24	22	23	6	24
Quinta-feira	21/04/2016	0	20	12	23	0	0	0	20	24	22	21	20	22	21	24	13	24
Sexta-feira	22/04/2016	0	2	2	6	0	0	0	23	24	1	2	1	17	1	6	1	6
Sábado	23/04/2016	0	0	3	1	0	0	0	12	15	0	4	0	0	3	3	0	4
Domingo	24/04/2016	0	0	0	0	0	0	0	1	17	0	0	0	5	0	3	0	2
Segunda-feira	25/04/2016	0	14	13	21	0	0	0	24	24	20	18	20	20	18	24	9	24
Terça-feira	26/04/2016	5	11	16	17	6	0	0	22	23	21	21	20	17	20	23	5	23
Quarta-feira	27/04/2016	10	4	14	8	7	5	0	23	24	20	19	20	23	18	24	1	24
Quinta-feira	28/04/2016	6	3	12	18	6	0	0	23	24	24	24	23	24	24	24	0	24
Sexta-feira	29/04/2016	18	0	14	15	1	0	0	12	24	22	21	21	23	21	24	0	24
Sábado	30/04/2016	6	0	0	2	0	0	0	12	12	1	2	2	0	2	7	0	6

Dia da semana	Data	Nº 01	Nº 03	Nº 04	Nº 05	Nº 06	Nº 07	Nº 08	Nº 09	Nº 10	Nº 11	Nº 12	Nº 13	Nº 15	Nº 16	Nº 17	Nº 18	Nº 19
Domingo	01/05/2016	0	0	3	3	1	0	0	8	9	0	3	0	3	0	3	0	3
Segunda-feira	02/05/2016	13	5	12	8	5	0	0	24	24	20	18	18	24	11	24	1	24
Terça-feira	03/05/2016	23	10	15	0	6	0	0	19	23	21	20	21	24	21	24	0	24
Quarta-feira	04/05/2016	23	0	13	0	6	0	0	18	24	22	21	21	24	21	24	11	24
Quinta-feira	05/05/2016	23	0	12	0	3	0	0	18	24	22	22	21	24	22	24	7	24
Sexta-feira	06/05/2016	22	9	13	0	0	0	0	12	23	21	23	21	24	21	21	2	24
Sábado	07/05/2016	8	0	0	0	0	0	0	9	14	1	10	1	10	1	3	1	5
Domingo	08/05/2016	2	2	6	0	2	0	0	6	8	0	1	0	0	0	3	5	3
Segunda-feira	09/05/2016	21	0	15	9	0	0	0	14	24	20	15	19	24	21	24	1	24
Terça-feira	10/05/2016	23	0	12	8	5	0	0	16	24	22	21	21	23	21	24	10	24
Quarta-feira	11/05/2016	22	0	17	13	0	0	0	11	23	23	18	20	24	20	24	8	24
Quinta-feira	12/05/2016	12	0	14	17	0	0	0	15	24	20	22	21	24	22	24	2	24
Sexta-feira	13/05/2016	20	0	16	15	0	0	0	10	24	21	16	23	24	21	22	0	24
Sábado	14/05/2016	7	0	0	1	0	0	0	9	19	1	6	0	11	1	2	0	6
Domingo	15/05/2016	0	0	2	0	0	0	0	5	8	0	0	0	5	0	0	0	2
Segunda-feira	16/05/2016	19	0	19	7	0	0	0	17	24	21	21	18	24	19	19	0	24
Terça-feira	17/05/2016	22	0	18	20	0	0	0	12	24	21	17	21	24	21	24	0	24
Quarta-feira	18/05/2016	23	0	14	3	0	0	0	16	24	21	22	20	23	18	22	3	23
Quinta-feira	19/05/2016	23	4	13	3	0	0	0	15	24	22	24	22	24	23	23	1	24
Sexta-feira	20/05/2016	18	1	19	21	0	0	0	5	24	22	16	21	24	21	24	0	24
Sábado	21/05/2016	5	0	1	0	0	0	0	5	9	1	5	0	8	1	6	0	5
Domingo	22/05/2016	3	0	3	0	0	0	0	7	8	0	7	0	6	0	0	0	5
Segunda-feira	23/05/2016	13	0	19	21	14	0	0	24	24	20	0	8	24	19	19	4	24
Terça-feira	24/05/2016	22	0	21	10	17	0	0	16	23	21	7	20	17	21	24	0	24
Quarta-feira	25/05/2016	11	0	21	14	2	0	0	19	24	23	15	22	24	22	24	5	24
Quinta-feira	26/05/2016	0	0	21	20	0	0	0	22	24	22	18	16	24	22	24	13	24
Sexta-feira	27/05/2016	0	1	0	0	0	0	0	15	19	0	0	0	8	0	5	1	5
Sábado	28/05/2016	0	0	0	0	0	0	0	8	15	0	0	0	7	0	0	0	0
Domingo	29/05/2016	0	0	3	3	0	0	0	7	7	0	5	0	4	0	2	1	4
Segunda-feira	30/05/2016	13	0	18	0	14	0	0	23	24	21	8	20	24	22	24	11	22
Terça-feira	31/05/2016	17	5	21	9	0	0	0	21	24	23	19	23	24	23	24	1	24

Dia da semana	Data	Nº 01	Nº 03	Nº 04	Nº 05	Nº 06	Nº 07	Nº 08	Nº 09	Nº 10	Nº 11	Nº 12	Nº 13	Nº 15	Nº 16	Nº 17	Nº 18	Nº 19
Quarta-feira	01/06/2016	23	0	7	0	14	0	0	18	24	24	15	20	24	22	24	6	24
Quinta-feira	02/06/2016	20	0	13	5	0	0	0	15	24	20	20	21	24	18	23	0	24
Sexta-feira	03/06/2016	19	0	8	10	0	0	0	18	24	21	23	19	24	23	22	0	23
Sábado	04/06/2016	4	0	6	1	0	0	0	11	18	0	0	0	12	1	6	0	5
Domingo	05/06/2016	7	0	5	1	0	0	0	7	8	0	5	0	3	0	4	0	7
Segunda-feira	06/06/2016	6	1	15	14	9	0	0	15	24	21	1	15	24	19	24	6	24
Terça-feira	07/06/2016	18	0	20	15	14	0	0	16	24	21	0	14	23	21	23	0	24
Quarta-feira	08/06/2016	24	0	22	0	13	0	0	19	24	20	0	14	24	22	24	0	24
Quinta-feira	09/06/2016	24	0	21	0	11	0	0	14	24	24	0	9	24	22	24	0	24
Sexta-feira	10/06/2016	20	0	23	2	4	0	0	13	23	21	0	3	24	20	22	1	23
Sábado	11/06/2016	0	0	2	1	2	0	0	10	14	0	0	0	8	0	6	0	7
Domingo	12/06/2016	0	0	0	0	0	0	0	15	16	0	0	0	0	0	0	0	0
Segunda-feira	13/06/2016	7	0	10	16	13	0	0	19	24	20	0	15	12	22	24	0	24
Terça-feira	14/06/2016	24	0	22	8	13	0	0	20	24	23	0	17	16	23	24	0	24
Quarta-feira	15/06/2016	24	0	16	8	15	0	0	13	24	22	0	16	24	22	24	0	24
Quinta-feira	16/06/2016	23	0	21	11	15	0	0	6	24	21	0	15	24	21	24	0	24
Sexta-feira	17/06/2016	23	0	21	2	8	0	0	14	24	22	0	15	23	20	24	0	23
Sábado	18/06/2016	4	0	1	0	1	0	0	2	9	0	0	0	17	1	5	0	5
Domingo	19/06/2016	0	0	2	0	0	0	0	12	20	0	0	0	3	1	6	0	6
Segunda-feira	20/06/2016	10	0	18	16	11	0	0	18	24	21	0	12	24	19	24	0	24
Terça-feira	21/06/2016	23	0	22	2	14	0	0	15	24	22	0	13	24	21	24	0	24
Quarta-feira	22/06/2016	23	0	21	6	12	0	0	19	24	21	0	8	24	22	24	0	24
Quinta-feira	23/06/2016	24	0	21	8	12	0	0	20	24	22	0	3	24	21	24	0	24
Sexta-feira	24/06/2016	23	0	20	7	10	0	0	19	24	21	0	4	24	21	23	0	24
Sábado	25/06/2016	4	0	0	1	1	0	0	1	21	1	0	0	21	0	5	0	4
Domingo	26/06/2016	0	0	0	0	5	0	0	3	11	0	0	0	12	3	3	0	3
Segunda-feira	27/06/2016	23	0	16	7	9	0	0	14	24	20	0	6	24	21	24	0	24
Terça-feira	28/06/2016	23	0	21	14	0	0	0	14	24	22	10	7	24	22	24	0	24
Quarta-feira	29/06/2016	24	0	12	10	1	0	0	21	24	22	22	4	24	22	24	0	24
Quinta-feira	30/06/2016	22	0	9	2	0	5	0	24	23	20	17	5	22	20	23	0	23

Dia da semana	Data	Nº 01	Nº 03	Nº 04	Nº 05	Nº 06	Nº 07	Nº 08	Nº 09	Nº 10	Nº 11	Nº 12	Nº 13	Nº 15	Nº 16	Nº 17	Nº 18	Nº 19
Sexta-feira	01/07/2016	23	9	12	0	0	12	0	12	24	22	19	4	24	21	24	1	24
Sábado	02/07/2016	0	0	0	0	0	0	0	0	19	1	0	0	9	0	6	0	9
Domingo	03/07/2016	9	0	1	0	0	0	0	18	18	0	0	0	0	0	0	0	0
Segunda-feira	04/07/2016	15	0	7	5	0	4	0	14	24	20	14	1	24	20	22	0	24
Terça-feira	05/07/2016	23	0	4	8	0	11	0	20	24	21	21	4	24	21	24	1	24
Quarta-feira	06/07/2016	24	0	3	8	0	14	0	20	24	22	22	3	24	22	24	0	24
Quinta-feira	07/07/2016	23	0	3	5	0	12	0	15	24	22	21	3	23	21	24	1	24
Sexta-feira	08/07/2016	23	0	7	7	0	9	0	16	24	22	21	4	24	22	24	0	24
Sábado	09/07/2016	4	0	2	0	0	0	0	8	12	0	2	0	8	0	5	0	6
Domingo	10/07/2016	0	0	0	0	0	0	0	10	12	0	0	0	0	0	0	0	0
Segunda-feira	11/07/2016	15	0	5	10	3	6	0	21	24	20	20	3	24	18	24	0	24
Terça-feira	12/07/2016	24	0	2	14	3	5	0	21	24	22	22	4	24	22	24	0	24
Quarta-feira	13/07/2016	23	0	1	5	0	2	0	20	20	22	22	4	24	22	24	0	24
Quinta-feira	14/07/2016	23	0	1	8	9	1	0	21	24	21	20	3	23	20	24	0	23
Sexta-feira	15/07/2016	22	0	2	9	7	9	0	20	23	20	21	5	23	21	24	0	24
Sábado	16/07/2016	1	0	1	5	1	0	0	10	18	0	6	1	15	1	11	0	11
Terça-feira	02/08/2016	0	15	18	21	0	11	0	22	23	0	16	20	22	23	22	23	22
Quarta-feira	03/08/2016	0	14	10	23	0	1	0	20	24	7	21	19	24	21	24	11	24
Quinta-feira	04/08/2016	0	19	9	23	0	0	0	10	24	22	20	12	24	22	24	5	24
Sexta-feira	05/08/2016	0	14	6	23	0	0	0	20	24	21	20	10	24	21	24	2	24
Sábado	06/08/2016	0	8	10	16	0	0	0	21	24	22	21	15	24	21	24	7	24
Domingo	07/08/2016	0	0	1	9	0	0	0	23	20	4	3	1	10	0	2	0	9
Segunda-feira	08/08/2016	0	0	0	0	0	0	0	14	24	0	4	2	8	2	12	0	7
Terça-feira	09/08/2016	0	14	7	15	0	0	0	7	16	17	16	7	17	18	17	0	17
Quarta-feira	10/08/2016	0	19	4	19	0	2	0	11	24	21	20	10	24	20	24	0	24
Quinta-feira	11/08/2016	0	17	6	18	0	1	1	17	24	22	21	10	23	21	24	3	24
Sexta-feira	12/08/2016	0	22	11	12	0	0	0	20	24	22	21	11	24	21	24	0	24
Sábado	13/08/2016	0	22	7	15	0	2	0	21	23	21	20	12	24	20	24	0	21

ANEXOS

COMPRESSOR DE BAIXA

COMPRESSOR DE ALTA

SEPARADOR COMPRESSOR DE ALTA (-10°C)

CONDENSADOR(ES)

PROCESSO

RESERVATÓRIO DE AMÔNIA LÍQUIDA ALTA PRESSÃO

SEPARADOR DE BAIXA PRESSÃO (-35°C)

EVAPORADOR

ALTERNATIVA

DESCARGA DE ÁGUA E IMPUREZAS

NIPLE DE REDUÇÃO 1" x 3/4"

BOMBAS

COMPONENTES E ESPECIFICAÇÕES:

15	FILTRO Y DN 1"
14	RESERVATÓRIO
13	MANÔMETRO BAIXA PRESSÃO
12	MANÔMETRO ALTA PRESSÃO
11	VALV. BLOQUEIO ANGULAR DN 1 1/2"
10	VALV. DRENO ÁGUA/ÓLEO DN 1 1/2"
9	VALV. BLOQUEIO ANGULAR DN 1 1/2"
8	VALV. BLOQUEIO ANGULAR DN 1"
7	VALV. 3 VIAS DN 1 1/2"
6	VALV. DE SEGURANÇA DN 1 1/2"
5	SENSOR DE NÍVEL ON / OFF
4	VALVULA SOLENOIDE DN 3/4"
3	VALV. DE RETENÇÃO DN 3/4" SW
2	VALV. BLOQUEIO ANGULAR DN 3/4"
1	VALV. SOLENOIDE DN 3/4"

ESCOPO DE FORNECIMENTO ARMSTRONG BRASIL

TOL. NÃO INDICADAS CONFORME 7168		DIMENSÃO		MATERIAL		DIMENSÃO		MATERIAL	
INT.	EXT.	INT.	EXT.	INT.	EXT.	INT.	EXT.	INT.	EXT.
1	6	±0.1	±0.1	20.08.14	APROV. ALDO	20.08.14	FORM. AO	20.08.14	FORM. AO
6	30	±0.2	±0.2						
30	120	±0.3	±0.3						
120	400	±0.5	±0.5						
400	1000	±0.8	±0.8						

CLIENTE: AB-1347

DESCRIÇÃO: AQUECIMENTO COM GAS QUENTE

FLUXOGRAMA: PURIFICADOR SMART DRYER SDS

REV.: 0