

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**AUDITORIA ENERGÉTICA DOS SISTEMAS DE AR
CONDICIONADO NO HOSPITAL UNIVERSITÁRIO DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

Marcos Vinicius Bianchini D'Emilio

**SÃO PAULO
2005**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**AUDITORIA ENERGÉTICA DOS SISTEMAS DE AR
CONDICIONADO NO HOSPITAL UNIVERSITÁRIO DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

Trabalho de formatura apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Graduação em Engenharia
Mecânica

Marcos Vinicius Bianchini D'Emilio

Orientador: Prof. Dr. Alberto H. Neto

Área de Concentração:
Engenharia Mecânica

**SÃO PAULO
2005**

RESUMO

Ambiciona-se por meio deste trabalho de formatura projetar um estudo de viabilidade técnica e econômica para a melhoria das condições de conforto e segurança dos usuários do Hospital Universitário da USP. Como consequência disso, serão estudadas as instalações atuais e será calculada a carga térmica de toda a instalação atual e analisado o consumo de energia gerado pelos sistemas de ar condicionado. Em todas as etapas do mesmo, os aspectos a serem avaliados e implementados serão tratados, considerando as devidas minúcias com o objetivo de garantir a fidelidade no nível executivo, pois se almeja, em breve data, levar-se esta análise a prática.

ABSTRACT

The goal of the present report is to present a study of the technical and economical viability to improve the comfort and security conditions the University Hospital of USP's users. As consequence of this, the current installation is study and the thermal load is calculated. . In all the stages, the aspects to be evaluate and implement will be treat, considering the had trifling details with the objective to guarantee the allegiance in the executive level, therefore it is longed for, in briefing dates, to take this analysis the practical one.

SUMÁRIO

Lista de Figuras

Figura 1: Esquema da CAG 01.....	10
Figura 2: Esquema da CAG 02.....	10
Figura 3: Centrifuga da CAG 01.....	11
Figura 4: Bombas de água gelada da CAG 01.....	12
Figura 5: Fancoils da CAG 01.....	13
Figura 6: Bombas de condensação da CAG 01.....	13
Figura 7: Torres de resfriamento da CAG 01.....	14
Figura 8: Chillers da CAG 02.....	15
Figura 9: Bombas de água gelada da CAG 02.....	15
Figura 10: Fancoils da CAG 02.....	16

Lista de Tabelas

Tabela 1: Levantamento das centrífugas na CAG 01.....	11
Tabela 2: Levantamento das bombas de água gelada da CAG 01.....	11
Tabela 3: Levantamento dos fancoils da CAG 01.....	12
Tabela 4: Levantamento das bombas de condensação da CAG 01.....	13
Tabela 5: Levantamento das duas unidades de chiller da CAG 02.....	14
Tabela 6: Levantamento das bombas de água gelada da CAG 02.....	15
Tabela 7: Levantamento dos fancoils da CAG 02.....	16
Tabela 8: Carga térmica calculada nos lugares fornecidos pela CAG 01.....	17
Tabela 9: Seleção dos intercambiadores de calor (fancoils).....	18
Tabela 10: Custo de instalação de todas opções de chiller.....	19
Tabela 11: Custo operacional mensal de cada opção de chiller.....	19
Tabela 12: Tempo de retorno estimado de cada investimento.....	20
Tabela 13: Levantamento dos usos finais nos lugares fornecidos pela CAG 01.....	24
Tabela 14: Dados técnicos para a seleção dos fancoils.....	25

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO DO H.U.	10
3. CÁLCULO DAS CARGAS TÉRMICAS.....	17
4. SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS.....	18
5. CONCLUSÕES.....	22
6. AGRADECIMENTOS.....	23
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24
8. ANEXOS.....	25

1. INTRODUÇÃO

O Hospital Universitário tem, na assistência à saúde, a vertente fundamental que possibilita desenvolver as principais finalidades da Universidade: o ensino e a pesquisa. A saúde, o bem mais precioso do Homem, tem no Hospital Universitário o local ideal para seu cuidado, onde a tecnologia se agrega a dois ingredientes mais importantes: vocação e capacitação de seus servidores. O Hospital Universitário, Órgão Complementar da Universidade de São Paulo (Artigo 8º do EUSP, Resolução Nº 3.461 de 07.10.88), regulamentado pela Resolução Nº 3.760 de 20.12.90, tem seus objetivos consolidados na assistência médica, no ensino e na pesquisa, constituindo-se ainda como campo de ensino dos programas de graduação das Unidades da USP, representadas em seu Conselho Deliberativo, a saber:

1. Por objetivos assistenciais cabe ao HU:

Atender aos usuários do Sistema de Saúde da Universidade de São Paulo - SISUSP, isto é, atendimento aos servidores, docentes, seus dependentes e discentes da Universidade, através das UBAS (Unidades Básicas de Atendimento), complementadas nos campi do Interior (São Carlos, Piracicaba, Bauru, Ribeirão Preto e Pirassununga), pelos convênios médicos custeados com recursos do HU;

Prestar serviços à Comunidade do Butantã - ERSA2, em nível de atenção médica secundária, excluído trauma, através de convênio de prestação de serviços ao SUS (Sistema Único de Saúde), caracterizando de modo inequívoco a condição de parceria e não de dependência, condição esta diferente dos Hospitais de Ensino e Universitários do País. Pela primeira vez uma Universidade, na área da Saúde, com base no que convém às atividades de ensino e pesquisa, definiu seu programa de prestação de serviços à comunidade.

2. Os objetivos didáticos do HU constituem hoje modelo pedagógico para o País. É um hospital voltado primordialmente ao ensino de graduação das Unidades que compõem seu Conselho Deliberativo (Faculdade de Medicina, Escola de Enfermagem, Faculdade de Odontologia, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Faculdade de Saúde Pública e Instituto de Psicologia). Além da Graduação, seu objetivo principal, o HU tem atividade significativa nos campos da Pós-Graduação lato sensu - especialização, atualização, extensão e estágios programados que não interfiram com as atividades de graduação.

3. No campo da pesquisa, além dos programas próprios, tem o HU decisiva participação no programa de pós-graduação das Unidades e na capacitação de seus servidores. Igualmente merecem destaque os projetos de pesquisa interinstitucionais. Em um hospital voltado ao ensino, se é difícil implantar, é muito mais penoso manter uma filosofia de assistência à saúde que, priorizando a eficiência do ensino, seja também útil e eficaz ao atendimento de sua clientela.

A prioridade na área da saúde deve ser mais do que a simples aplicação de recursos, deve-se delimitar realisticamente o papel de cada instituição e eliminar desperdícios.

Dentro dessa ótica e dos novos tempos, e visando o futuro, foi implantado pela Universidade de São Paulo um programa de uso racional de energia, o PURE. Assim, para o hospital se adequar a essas especificações, é necessário um estudo no seu consumo energético e um dos principais usos finais é o sistema de condicionamento de ar, que propicia o conforto e a segurança dos ocupantes.

Como recursos físicos, o Hospital Universitário, dispõe de:

Área Física: 36.000 m²
Capacidade Instalada: 308 leitos
Capacidade Ocupacional: 308 leitos
Centro Cirúrgico: 10 salas
Centro Obstétrico: 04 salas
Unidade de Terapia Intensiva Adultos: 14 leitos
Unidade de Terapia Intensiva Pediátrica: 10 leitos
Unidade de Terapia Intensiva Neonatológica: 05 leitos
Recuperação Pós-Anestésica: 07 leitos
Atendimento Ambulatorial: 47 consultórios
Pronto Atendimento: 13 consultórios
Triagem: 05 consultórios
Observação Adultos: 11 leitos
Observação Pediatria: 12 leitos
Observação Obstetrícia: 02 leitos
Reanimação Cardio-Respiratória: uma sala
Anfiteatros: 05
Salas de Aula: 09

A seguir, há uma descrição dos sistemas de climatização do prédio.

2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO

O sistema de climatização é realizado por meio de dois sistemas centrais de ar condicionado do prédio do hospital denominados Central de Água Gelada 01 e 02 (CAG 01 e CAG 02).

O sistema CAG 01 possui duas centrifugas com condensação a água, resfriadas nas torres de resfriamento. Possui três bombas para o circuito da água de condensação e três bombas para o circuito de distribuição de água gelada para os fancoils.

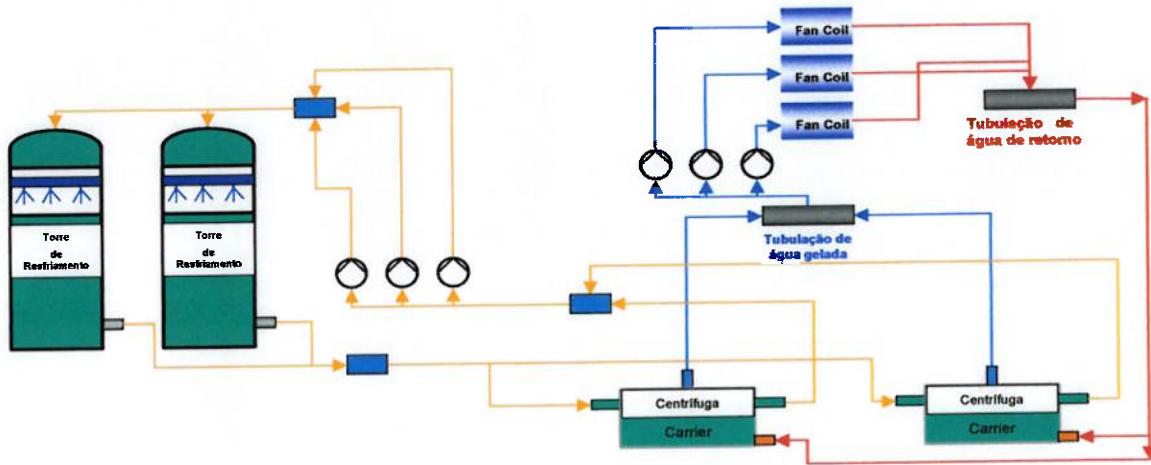


Figura 1- Esquema simplificado da CAG 01.

O outro sistema, CAG 02, possui dois *chillers* com condensação a ar e três bombas para a distribuição de água gelada nos fancoils

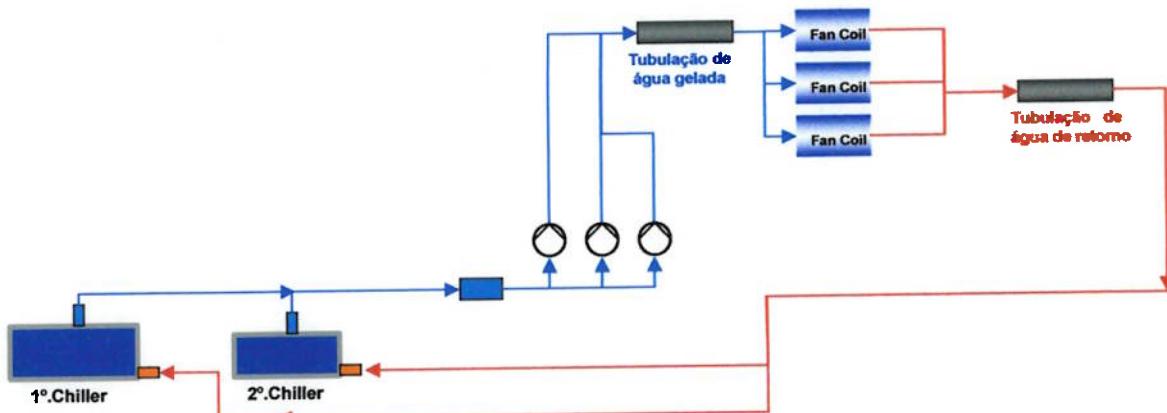


Figura 2: Esquema simplificado da CAG 02.

A descrição detalhada de cada sistema se encontra a seguir

2.1 - Central de Água Gelada 01:

Tabela 1 - Levantamento das centrífugas do CAG 01.

Resfriador de água:	Centrífuga Carrier Resfriador de Água Hermético	Modelo:	19 DG 6157CN
Fluido Refrigerante:	R-11	Quantidade:	2
Capacidade:	350 TR's Cada		
Compressor modelo:	19 DH 3157CN	Rotação:	3540 RPM
Obs:	Apenas uma unidade em funcionamento. A outra se encontra em manutenção		



Figura 3 - Uma Centrífuga da CAG 01.

Tabela 2 - Levantamento das bombas de água gelada na CAG 01

Marca	Modelo	Quantidade	Potência (CV)	Vazão	Pressão	Rotação	
KSB	125-33	3	50	160 m³/h	40 mca	1750 RPM	
Obs:	Apenas uma bomba funciona, sempre revezando.						
	Tubulação interrompida para o segundo e terceiro andar devido à vazamento.						
Motor:	Arno Assíncrono Trifásico			Modelo:	E200 LX (1740 RPM e 50 CV)		

A figura 4 a seguir mostra o estado atual das bombas.



Figura 4- Estado das bombas de água gelada da CAG 01.

Para os fancoils, temos a seguinte disposição:

Tabela 3 - Levantamento dos fancoils da CAG 01.

Primeiro andar:	Tempo de funcionamento: 24h/dia							
Marca	Modelo	Potência frigorífica (Kcal/h)	Potência calorífica (Kcal/h)	Quantidade	Vazão m ³ /h	Motor Marca/CV/P	Local	
Trox	ICV-5	14.900	-	1	3.496	WEG/1.5/4	Farmácia	
Trox	ICV-15	48.600	-	1	10.836	WEG/4/4	Farmácia	
Segundo andar:								
Marca	Modelo	Potência frigorífica (Kcal/h)	Potência calorífica (Kcal/h)	Quantidade	Vazão m ³ /h	Motor Marca/CV/P	Local	
Starco	90L777			2		WEG/2/	Endoscopia	
Trox	ICV 15	46.760		1	10.836	WEG/4/	Tomografia	
Starco				1		Amo/1.5/	Anfiteatro	
Starco	FAH-8-4C/12			2	5.335	/1.5/	CPD	
Tropical	FE TE			1			Obstétrica	
Adaptação de exaustor*				1		BÚFALO/4/	Biblioteca	
Terceiro andar: Tempo de funcionamento: AC-01 e AC-02 ligados direto. Os outros encontram-se desligados								
Marca	Modelo	Potência frigorífica (Kcal/h)	Potência calorífica (Kcal/h)	Quantidade	Vazão m ³ /h	Motor Marca/CV/P	Local	
Starco (AC-01)	FV-10-4-D			1		WEG/4/	secretaria, divisão administrativa, analista financeiro, diretor administrativo, pregão, e duas salas do Sisusp	
Starco (AC-02)	FV-08-4-O			1		WEG/2/	Ouvidoria, tesouraria, e três salas de compras	
Starco (AC-03)	FV-03-4-B			1		WEG/5/	sala das secretárias e três salas da assessoria	
Starco (AC-04)				1		WEG/3/	Recepção da superintendência, secretaria, COMEP, sala de reuniões, superintendência	

A figura 5 a seguir mostra o estado atual dos fancoils.



Figura 5- Estado geral dos fancoils da CAG 01.

O sistema CAG 01 encontra-se com o seu funcionamento parcial, devido a problemas hidráulicos na circulação de água gelada com destino ao segundo e terceiro andar. O sistema possui duas centrífugas, uma de reserva para eventuais problemas que poderiam interromper o sistema de condicionamento de ar.

Temos na tabela 4, para a Central 01, o levantamento das bombas de condensação.

Tabela 4 -Llevantamento das bombas de condensação.

Marca	Modelo	Quantidade	Potência (CV)	Vazão	Pressão	Rotação
KSB	125-26	3	25	200 m ³ /h	20 mca	1750 RPM
Motor: Arno Assíncrono Trifásico				Modelo: E160 L (1755 RPM e 25 CV)		

Apenas uma bomba funciona, sendo feito o revezamento.



Figura 6 - Estado geral das bombas de condensação.

A figura 7 mostra o estado atual das duas torres de resfriamento.



Figura 7 – Estado das duas torres de resfriamento.

Como a Central de Água Gelada 01 encontra-se com seu funcionamento parcial, apenas uma das duas torres está em funcionamento, cujo fabricante é a Alpina.

2.2 - Central de Água Gelada 02: encontra-se também com o seu funcionamento parcial. Este projeto está sendo elaborado em duas etapas: a primeira com dez fancoils e um chiller de 80TR para as salas do centro cirúrgico. A empresa RKM implantou o sistema de automação. Com início da segunda etapa, onde foram instalados mais nove fancoils e mais um chiller de 90TR, o sistema de automação implantado anteriormente começou a falhar e os aparelhos instalados na primeira etapa ficaram sendo operados manualmente. Os aparelhos da segunda etapa estão instalados, mas nem chegaram a entrar em funcionamento, e muito menos foi elaborado um projeto de automação que englobe todos os dezenove fancoils e os dois chillers.

Para esta central nós temos a seguinte situação dos chillers:

Tabela 5 – Levantamento dos chillers da CAG 02.

Resfriador de água:	Chiller Trane Company CGAA 80	Quantidade:	1
Fluido Refrigerante:	R-22		
Capacidade:	80 TR		
Compressor :	Bitzer (tipo Scroll)	Quantidade:	4
Obs:	12 ventiladores com 2 CV cada para condensação a ar	Modelo:	4H 252
	Possui placa de identificação		
Resfriador de água:	Chiller Trane Company RTAA90	Quantidade:	1
Fluido Refrigerante:	R-22		
Capacidade:	90 TR		
Compressor :	CRLUS Trane Company (parafuso)	Quantidade:	2
Obs:	9 ventiladores com 2 CV cada para condensação a ar	Modelo:	CHHNO40DKEONO50A
	Não possui placa de identificação		
	Equipamento nunca entrou em uso		

Na figura 8a e 8b, temos as fotos das duas unidades.



Figura 8a – Chiller da CAG 02 com 80 TR.



Figura 8b – Chiller da CAG 02 com 90 TR.

O levantamento das bombas de água gelada para a CAG 02 é mostrado na tabela 6 a seguir:

Tabela 6 – Levantamento das bombas de água gelada da CAG 02.

Marca	Modelo	Quantidade	Potência (CV)	Vazão	Pressão	Rotação
KSB	50-315	3	12,5			1750 RPM
Obs: Apenas uma funciona, sempre revezando.						
Uma com diâmetro de 283 mm e duas com 320 mm.						
Motor: WEG, com 12,5 CV e 1755 RPM						

O estado atual das bombas é mostrado na figura 9.



Figura 9 – Bombas de água gelada da CAG 02.

Na tabela 7 é apresentado o levantamento dos fancoils:

Tabela 7 – Levantamento dos fancoils servidos pela CAG 02.

FAN COIL						
Marca (numeração)	Modelo	Tempo de funcionamento:		Conforme a demanda de cirurgia.		
		Potência frigorífica (Kcal/h)	Potência calorífica (Kcal/h)	Quantidade	Vazão de ar (m ³ /h)	Motor CV/P
Trox (FC-11)	TKM-24	17.100	8.900	1	2.240	1,5/2P
Trox (FC-12)	TKM-24	17.100	8.900	1	2.240	1,5/2P
Trox (FC-13)	TKM-24	17.100	8.900	1	2.240	1,5/2P
Trox (FC-14)	TKM-24	17.100	8.900	1	2.240	1,5/2P
Trox (FC-15)	TKM-24	17.100	8.900	1	2.240	1,5/2P
Trox (FC-16)	TKM-24	17.100	8.900	1	2.240	1,5/2P
Trox (FC-17)	TKM-24	17.100	8.900	1	2.240	1,5/2P
Trox (FC-18)	TKM-24	17.100	8.900	1	2.240	1,5/2P
Trox (FC-19)	TKM-24	17.100	8.900	1	2.240	1,5/2P
Trox (FC-20)	TKM-24	17.100	8.900	1	2.240	1,5/2P
Trox (FC-21)	TKM-59	39.000	21.500	1	5.100	3/4P
Trox (FC-22)	TKM-59	39.000	21.500	1	5.100	3/4P
Trox (FC-23)	TKM-47	36.800	20.100	1	4.590	3/4P
Trox (FC-24)	TKM-59	39.000	21.500	1	5.100	3/4P
Trox (FC-25)	TKM-59	39.000	21.500	1	5.100	3/4P
Trox (FC-32)	TKM-24	17.100	8.900	1	2.240	1,5/2P
Trox (FC-39)	TKM-74	29.600	9.800	1	7.400	6/4P
Trox (FC-41)	TKM-24	17.100	8.900	1	2.240	1,5/2P
Trox (FC-42)	TKM-24	17.100	8.900	1	2.240	1,5/2P

Na figura 10 é apresentado um exemplo do estado atual dos fancoils da CAG 02.



Figura 10– Estado atual dos fancoils na CAG 02.

3. CÁLCULO DAS CARGAS TÉRMICAS

Os equipamentos da CAG 01 encontram-se muito degradados devido ao uso prolongado ao longo do tempo. Assim, precisa-se fazer uma substituição geral dos mesmos. Para se fazer uma seleção dos novos, foi levantado o cálculo de carga térmica, utilizando o programa Softload v.1.0. Para o cálculo da carga térmica na serpentina foi utilizado uma taxa de renovação de ar de acordo com a Norma NBR 6401, considerando como um escritório privado, dentro da faixa de mínimo (26 m³/h/pessoa) e recomendável (42 m³/h/pessoa). O valor utilizado foi de 27 m³/h/pessoa.

Na CAG 02 os equipamentos são bem mais recentes e possui projeto de expansão sendo executado pela Coordenadoria do Espaço Físico da USP, COESF. Com isso este sistema não terá um estudo visando a economia de energia.

Para o cálculo das cargas térmicas, as seguintes hipóteses foram feitas:

Temperatura interna: 24°C e 50% de umidade relativa.

Temperatura Externa: 35°C e 70% de umidade relativa.

Fator K ajuste de cores:1 (Área Industrial)

Paredes: Gesso ou argamassa 20mm, Argamassa 25mm, Bloco de concreto leve 100mm, Argamassa 25mm, Gesso ou argamassa 20mm.

Janelas: Vidraça simples - Vidro, Simples / Limpo / Espessura 2,4mm / Opacidade 0,87~0,79. Construção de peso médio, ex: piso de concreto 50-100mm, Sem sombreamento externo, com ou sem carpete .

Mobiliário: Leve, sem carpete, Suprimento e retorno de ar, com baixo fornecimento e retorno / Piso de concreto 150mm, baixa circulação de ar.

Tempo de funcionamento das lâmpadas: 8h.

Latitude:24.

Mês: Dezembro.

Com isso chegou-se aos seguintes valores:

Tabela 8: Carga térmica calculada nos lugares que são fornecidos pela CAG 01

Terceiro Andar			Segundo Andar			Primeiro Andar		
Carga térmica calculada		Carga térmica calculada		Carga térmica calculada				
Local	KW	Kcal/h	Local	KW	Kcal/h	Local	KW	Kcal/h
AC 01	26,13	22.508	Anfiteatro	12,83	11.052	Farmácia	76,03	65.477
AC 02	38,8	33.419	Banco de sangue	36,94	31.812			
AC 03	23,94	20.622	Biblioteca	45,77	39.417			
AC 04	26,75	23.036	CPD	9,82	8.455			
			CPE-SAV-PAD	30,39	26.177			
			Endoscopia	10,66	9.181			
			Hemodiálise	18,24	15.706			

O levantamento dos usos finais dos aparelhos, quantidade dos mesmos, número de pessoas que utilizam as salas, dimensões das salas encontram-se todos no anexo.

4. SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS

De posse de todos os dados que foram levantados em campo ou calculados, foi feita uma proposta de modificação do sistema de climatização visando o conforto e segurança dos usuários e também um menor consumo de energia, evitando assim desperdício do dinheiro público.

Primeiramente selecionou-se novos intercambiadores de calor (fancoils).

4.1 – Fancoil: Como a maioria dos *fancoils* da CAG 01 encontra-se com sua vida útil ultrapassada, será feita uma seleção de todos eles. Com isso, não se analisou um taxa de retorno, já que a única opção é a substituição. Abaixo mostra como deve ficar a seleção dos mesmos. Todos eles pertencem ao fabricante TROX.

Tabela 9: Seleção dos intercambiadores de calor (fancoils).

Terceiro Andar				
Carga térmica calculada				Capacidade
Local	KW	Kcal/h	Modelo de fancoil	Kcal/h
AC 01	26,13	22.508	ICV - 7.5	22.980
AC 02	38,8	33.419	ICV - 12.5	36.325
AC 03	23,94	20.622	ICV - 7.5	22.980
AC 04	26,75	23.036	ICV - 7.5	22.980
Segundo Andar				
Carga térmica calculada				Capacidade
Local	KW	Kcal/h	Modelo de fancoil	Kcal/h
Anfiteatro	12,83	11.052	ICV - 4	11.690
Banco de sangue	36,94	31.812	ICV - 12.5	36.325
Biblioteca	45,77	39.417	ICV - 15	46.760
CPD	9,82	8.455	ICV - 4	11.690
CPE-SAV-PAD	30,39	26.177	ICV - 9	27.130
Endoscopia	10,66	9.181	ICV - 4	11.690
Hemodiálise	18,24	15.706	ICV - 6	17.540
Primeiro Andar				
Carga térmica calculada				Capacidade
Local	KW	Kcal/h	Modelo de fancoil	Kcal/h
Farmácia	76,03	65.477	ICV - 25	73.000

O detalhamento de cada modelo está mostrado no anexo 1.

A seguir, temos uma proposta de modificação para o resfriador de água (chiller).

4.2 – Chiller: Para a seleção do chiller, foi feito um estudo técnico-econômico, com as seguintes opções:

4.2.1 – Reforma da Centrífuga atual: O principal atrativo desta opção, é o baixo custo inicial em relação às outras opções, mas o seu custo de operação é maior, devido à sua menor eficiência energética. De acordo com a Carrier, a fabricante da centrífuga, os gastos em reforma ficariam na faixa de R\$ 100.000. Este valor não está incluso a recarga de R-11, que não é mais comercializado no Brasil, e caso houvesse a substituição do fluido refrigerante, a centrífuga perderia um pouco da sua eficiência energética, devido às modificações que seriam necessárias com um novo fluido refrigerante que possui outras propriedades físicas.

De acordo com uma empresa que reforma torres de resfriamento, o gasto para sua reforma da mesma somaria aproximadamente mais R\$ 20.000.

4.2.2 – Troca da centrífuga por um chiller novo: O principal atrativo desta solução é o menor custo operacional, aliado com uma maior eficiência energética. Dentre as opções, temos:

4.2.2.1 – Chiller com condensação à água: Com as opções de compressor parafuso e scroll.

4.2.2.2 – Chiller com condensação à ar: Com as opções de compressor parafuso e scroll.

4.2.2.3 – Chiller à absorção, com queima direta, e com condensação à água:

Dentre as vantagens, temos:

- Permite flexibilidade operacional: modo resfriamento no verão e modo aquecimento no inverno;
- Tem operação simultânea de produção de água gelada e água quente;
- O equipamento utiliza solução de Brometo de Lítio (LiBr) como fluido refrigerante ao invés de refrigerantes sintéticos de alto custo;
- Possibilita a utilização de subestações, infra-estrutura de energia elétrica e geradores de emergência menores;
- Custo menor em função da menor quantidade de equipamentos elétricos necessários;
- Operação mais silenciosa, isenta de vibração;
- Oferece alta performance mesmo em cargas parciais;
- Ambientalmente correto, pois não utiliza o CFC, um dos gases mais danosos ao meio ambiente.

Dentre as desvantagens, temos:

- Custo inicial alto (todos os equipamentos são importados).
- Exige pessoal qualificado para a operação e manutenção.

A tabela 10 a seguir mostra o quadro comparativo de todas as opções.

Tabela 10 – Custo de instalação de todas opções abordadas acima.

Tipo de Chiller:	Fabricante:	Modelo:	Tipo de compressor:	COP	Capacidade:	Preço*:	Preço da instalação (R\$/TR)	Preço total da instalação	Custo Inicial
Chiller à absorção, queima direta	Carrier	16DN010	-	1,01	352 KW/100,2 TR	R\$ 184.500**	1.600	R\$ 160.000	R\$ 344.500
Chiller condensação à água c/ compra de uma torre	Carrier	30HRS130	Scroll	4,2	452,7 KW/128 TR	R\$ 97.000	1.500	R\$ 192.000	R\$ 324.000
Chiller condensação à água c/ reforma da torre	Carrier	30HRS130	Scroll	4,2	452,7 KW/128 TR	R\$ 97.000	1.500	R\$ 192.000	R\$ 310.000
Chiller condensação à ar	Carrier	30GS125	Scroll	2,8	415 KW/ 118 TR	R\$ 154.000	1.250	R\$ 147.500	R\$ 301.500
Chiller condensação à água c/ compra de uma torre	Carrier	30HXC110	Parafuso	4,76	382 KW/108 TR	R\$ 155.000	1.500	R\$ 162.000	R\$ 352.000
Chiller condensação à água c/ reforma da torre	Carrier	30HXC110	Parafuso	4,76	382 KW/108 TR	R\$ 155.000	1.500	R\$ 162.000	R\$ 338.000
Chiller condensação à ar	Carrier	30GX112	Parafuso	3,19	392 KW/111 TR	R\$ 179.000	1.250	R\$ 139.000	R\$ 318.000

*Incluindo frete e impostos

**Preço convertido com dólar a R\$ 2,25

Nas opções de troca do chiller, o custo inicial poderia ser um pouco menor, pois não foi incluída a venda da unidade antiga como sucata.

A tabela 11 a seguir mostra o custo operacional de cada opção.

Tabela 11 – Custo operacional mensal de cada opção de chiller.

Tipo de Chiller:	Consumo	Gasto de consumo (R\$/h)	Gasto mensal estimado (R\$)
Chiller à absorção, queima direta	40,4 m ³ /h de GNV	-	3.621,97***
Chiller condensação à água, com compressor scroll	109 KJ/h	26,16	10.464,00
Chiller condensação à ar, com compressor scroll	148,21 KJ/h	35,58	14.232,00
Chiller condensação à água, com compressor parafuso	80,25 KJ/h	19,26	7.704,00
Chiller condensação à ar, com compressor parafuso	122,9 KJ/h	29,5	11.800,00
Reforma da centrifuga	177,53 KJ/h	42,6	17.040,00

***Valor fixo/mês, com ICMS, segmento industrial, com consumo de 5.000,01 a 50.000,00 m³/mês

Para o cálculo do consumo, foi utilizado como base o uso do resfriador de água durante 16 horas diárias e 25 dias do mês, com uma tarifa de 0,24 R\$/KWh, obtendo-se os valores acima. Para os valores ficarem coerentes comparativamente, foi utilizado o valor de 452,7 KW de capacidade e um COP de 2,55 para os valores da centrifuga. Assim chegou-se a uma demanda de 177,53 KW. As hipóteses adotadas para os valores da centrifuga levam em consideração a maior opção de capacidade de refrigeração, ou seja, o chiller com condensação à água e compressor scroll, com seu COP estimado em torno de 80% do valor de um chiller com condensação à ar e compressor parafuso.

Para o sistema de absorção, segundo o catálogo do fabricante, seu consumo de gás por hora é de 40,4 m³/h, chegando ao consumo mensal de 16.160 m³. Para este valor temos a tarifa acima, utilizada atualmente pela Comgás.

A tabela 12 mostra o tempo de retorno de cada investimento.

Tabela 12 – Retorno estimado de cada investimento.

	Custo instalação	Custo operação Mensal	Tempo de retorno (meses)
Chiller à absorção, queima direta	R\$ 344.500	R\$ 3.622	25,67
Chiller condensação à água e compressor scroll c/ compra de uma torre	R\$ 324.000	R\$ 10.464	49,27
Chiller condensação à água e compressor scroll c/ reforma da torre	R\$ 310.000	R\$ 10.464	47,14
Chiller condensação à ar e compressor scroll	R\$ 301.500	R\$ 14.232	107,37
Chiller condensação à água e compressor parafuso c/ compra de uma torre	R\$ 352.000	R\$ 7.704	37,70
Chiller condensação à água e compressor parafuso c/ reforma da torre	R\$ 338.000	R\$ 7.704	36,20
Chiller condensação à ar e compressor parafuso	R\$ 318.000	R\$ 11.800	60,69
Valor Mínimo			25,7
Valor Máximo			107,4

Como se pode perceber, a opção da substituição da centrífuga antiga por um chiller à absorção, com queima direta é a melhor opção. Isto é verificado pelo menor retorno estimado, que foi feito dividindo o custo de implantação pela diferença do custo de operação da centrífuga e o custo de operação do sistema por absorção, chegando aos meses que estão na tabela. Os parâmetros responsáveis por esses valores são o custo de implantação que diminuiu nos últimos anos e pelo incentivo da Comgás.

5.CONCLUSÕES

Com o levantamento em campo dos dois sistemas de climatização, foi diagnosticada uma capacidade de refrigeração instalada no hospital que chega aproximadamente a 770 TR, sendo muito pouco utilizado, já que na CAG 01 a centrifuga, com uma capacidade de aproximadamente 300 TR abastece somente a farmácia no primeiro andar (segundo sub-solo) com uma carga térmica de 22 TR. O segundo andar e terceiro estão praticamente parados, devido a um problema hidráulico na circulação de água gelada para os fancoils. Para qualquer solução a ser tomada, deve-se acabar com estes problemas. Com a solução sugerida neste trabalho, pode-se utilizar o calor rejeitado no absorvedor para a produção de água quente para o hospital, que pode ser aproveitado na cozinha ou para a lavanderia, diminuindo ainda mais a demanda por energia elétrica.

Na CAG 02, há um chiller de 80 TR para o centro cirúrgico e um outro chiller de 90 TR que foi comprado, junto com mais nove fancoils, e estão todos parados, com as obras inacabadas, sem previsão de seu término definido.

Como se pode perceber, ao longo dos anos houve uma ingerência nas instalações e manutenção do ar condicionado do Hospital Universitário da USP. Isto pode ser visto desde o projeto superdimensionado, como hoje em dia, onde há lugares onde o ar condicionado deveria abastecer, mas que por diversos problemas acima mostrados, não o faz. Para tentar compensar isto, muitas pessoas instalaram sistemas de janela ou *splits*, aumentando o consumo de energia elétrica ainda mais, contrariando a política do PURE, citado no começo deste trabalho.

6.AGRADECIMENTOS

Agradeço a colaboração dos meus Pais, ao meu amigo Mateus Henrique dos Santos, aos seguintes amigos de faculdade: Fábio Sasaki, Washington Sandoval Marques e Elber K. N. Ogasavara. Ao professor e orientador do meu trabalho Alberto Hernandez Neto.

7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Stoecker, W. F. & Jones, J. W., Refrigeração e ar condicionado, São Paulo : McGraw-Hill do Brasil, 1985.

Neto, Alberto H. Fiorelli, Flávio A. S.. Tribess, Alindo. Oliveira, Silvio de. Ciclo de Refrigeração a Absorção, Apostila de Aula, 2002.

Catálogo Carrier Chiller à absorção.

Catálogo Carrier Chiller condensação à ar compressor parafuso.

Catálogo Carrier Chiller condensação à água compressor parafuso.

Catálogo Carrier Chiller condensação à ar compressor scroll.

Catálogo Carrier Chiller condensação à água compressor scroll.

Catálogo Trane Chiller. Absorption Water Chillers

Catálogo Trox Fancoil. Intercambiador de calor série ICH e ICV.

Sites Visitados:

www.carrier.com.br

www.trox.com.br

www.trane.com.br

www.comgas.com.br

Continuação da Tabela 13.

Terceiro Andar (Térreo)												
Local:	Endoscopia											
Sala	Área (m ²) (S/W)	Área da Janela	Orienta- ção	Qtde de lâmpadas	Potência (W)	Computad- ores	Monito- res	Impress- ora	Fax	scanne- r	Geladeir- a	Qtde pessoas
01	32,4/27	0	-	36	32	1	1	0	0	0	0	10
Local: Hemodiálise												
Sala	Área (m ²) (S/W)	Área da Janela	Orienta- ção	Qtde de lâmpadas	Potência (W)	Computad- ores	Monito- res	Impress- ora	Fax	scanne- r	Geladeir- a	Qtde pessoas
01	49/49	6,4	E	64	32	0	0	0	0	0	0	10
Local: AC01												
Sala	Área (m ²) (S/W)	Área da Janela	Orienta- ção	Qtde de lâmpadas	Potência (W)	Computad- ores	Monito- res	Impress- ora	Fax	scanne- r	Geladeir- a	Qtde pessoas
01	10,3/13	1,3	S	12	32	1	1	1	0	0	0	1
02	10,3/13	1,3	S	12	32	1	1	1	0	0	0	1
03	10,3/13	1,3	S	12	32	1	1	1	0	0	0	1
04	20,6/13	3,2	S	20	32	1	1	0	0	0	0	4
05	6/13	1,1	S	6	32	1	1	0	1	0	0	1
06	10,3/13	1,3	S	12	32	1	1	0	0	0	0	1
Local: AC02												
Sala	Área (m ²) (S/W)	Área da Janela	Orienta- ção	Qtde de lâmpadas	Potência (W)	Computad- ores	Monito- res	Impress- ora	Fax	scanne- r	Geladeir- a	Qtde pessoas
01	10,3/13	1,6	E	4	32	2	2	2	0	0	0	2
02	8,4/13	0	-	8	32	1	1	1	0	0	0	1
03	8,4/13	0	-	4	32	0	0	0	0	0	0	1
04	20,5/16,5	1,6	E	22	32	6	6	1	0	0	0	7
05	6,5/10	0	-	4	32	1	1	0	0	0	0	1
06	14/23	0	-	16	32	4	4	1	0	0	0	5
07	8,2/13	0	-	4	32	1	1	0	1	0	0	2
08	16,5/10	0	-	12	32	1	1	1	0	0	0	2
Local: AC03												
Sala	Área (m ²) (S/W)	Área da Janela	Orienta- ção	Qtde de lâmpadas	Potência (W)	Computad- ores	Monito- res	Impress- ora	Fax	Geladei- ra	Geladeir- a	Qtde pessoas
01	9/13	0	-	4	32	0	0	0	0	1	0	2
02	8,2/13	0	-	4	32	0	0	0	0	0	0	1
03	10,3/13	0	-	4	32	2	2	1	0	0	0	2
04	8,2/13	0	-	4	32	1	1	1	0	0	0	1
05	10/13	0	-	4	32	1	1	1	0	0	0	1
06	13/13	1,6	W	10	32	2	2	2	1	0	0	2
Local: AC04												
Sala	Área (m ²) (S/W)	Área da Janela	Orienta- ção	Qtde de lâmpadas	Potência (W)	Computad- ores	Monito- res	Impress- ora	Fax	scanne- r	Geladeir- a	Qtde pessoas
01	10,3/15,5	1,6	N	16	32	1	1	0	0	0	0	2
02	10,3/15,5	1,6	N	8	32	2	2	1	0	0	0	2
03	13,5/15,5	1,6	N	10	32	3	3	2	1	0	0	3
04	18,5/15,5	2,7	N	14	32	1	1	0	0	0	0	4
05	13/15,5	2,2	N	12	32	1	1	10	0	0	0	1

Tabela 14 – Dados técnicos para a seleção dos *fancoils*.

Modelos, com 4 ROWS	Capacidade (Kcal/h)	Vazão de água (l/s)	ΔP água (mca)	Vazão em m ³ /h em função da velocidade do ar
ICV-4	11.690	0,6	2,3	2.789
ICV-6	17.540	0,9	1,7	4.319
ICV-7.5	22.980	1,2	2,1	5.682
ICV-9	27.130	1,4	2,9	6.506
ICV-12.5	36.325	1,8	3,4	8.458
ICV-15	46.760	2,4	3,7	10.836
ICV-25	73.000	3,7	1,9	17.458

Velocidade de face na serpentina: 2,5m/s

Temperatura de bulbo seco de entrada do ar : 26°C

Temperatura de bulbo úmido de entrada do ar : 19°C

Temperatura de entrada da água : 7,2°C

Temperatura de saída da água : 12,7°C