



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

GUILHERME HENRIQUE NASCIMENTO ALVES

ESTUDO DE CASO DE UM PLANO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SISTEMA DE
REFRIGERAÇÃO DE UM SHOPPING CENTER EM FORTALEZA

FORTALEZA - CE

2019

GUILHERME HENRIQUE NASCIMENTO ALVES

ESTUDO DE CASO DE UM PLANO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SISTEMA DE
REFRIGERAÇÃO DE UM SHOPPING CENTER EM FORTALEZA

Trabalho de conclusão de curso apresentado à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do título de graduado em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Msc. Tomaz Nunes Cavalcante Neto

FORTALEZA - CE

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A479e Alves, Guilherme Henrique Nascimento.

Estudo de caso de um plano de eficiência energética no sistema de refrigeração de um shopping center em Fortaleza / Guilherme Henrique Nascimento Alves. – 2019.
58 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Me. Tomaz Nunes Cavalcante Neto.

1. Refrigeração. 2. Eficiência Energética. 3. CAG. 4. Chiller. 5. Termoacumulação. I. Título.

CDD 621.3

“I'm beautiful in my way, 'cause God makes no mistakes.

I'm on the right track, baby, i was born this way.”

Lady Gaga

AGRADECIMENTOS

A Deus agradeço pelo dom da vida e pelas graças dadas ao longo de minha jornada.

Agradeço à minha mãe Nazaré, que sempre me colocou como prioridade em sua vida, me deu apoio durante minha caminhada nos estudos e, principalmente, me amou imensamente desde o dia que sonhou comigo.

Ao meu namorado Caio, obrigado por me fazer feliz, por sempre estar ao meu lado e por me instigar a ser uma pessoa melhor.

Ao professor e orientador, Tomaz, por ter sido a maior fonte de inspiração dentro da Universidade. Obrigada pelos discursos em sala de aula, obrigada pela motivação dada a cada encontro do PROCEN e obrigada pelo conhecimento transmitido com tamanha qualidade.

Agradeço a Adely, por ter sido tão prestativa e atenciosa nas resolutivas diante a Coordenação de Engenharia Elétrica. Obrigado por tudo que você se dispôs a ajudar, resolvendo todos os meus empecilhos acadêmicos que apareciam

Aos amigos que estão comigo desde o começo, sobretudo a Karen, Elmo, Manuel, Elton, Nicael, Sinara, Jamile, Macella, Larissa, Eduardo, Camila, Wesley, Denilson, Nuryana, obrigado por estarem presente em cada momento especial da minha vida.

Aos amigos que me ajudaram nesse percurso da faculdade, em especial, Nicole, Clarisse, VB, Priscila, Nailza, Isabela e Jéssica, vocês fizeram cada obstáculo ser vencido com bastante alegria.

Aos colegas de trabalho, especialmente a Sandra, Gabriel, Edvan, Lígia, Isabel e Valéria, por todo o companheirismo e cumplicidade, como também por acreditarem em mim e serem primordiais no meu crescimento profissional.

A todas as pessoas que fizeram e fazem parte da minha vida, que tornaram essa caminhada mais prazerosa e que estiveram ao meu lado em diversos momentos, muito obrigado!

ABSTRACT

The study presented in this work of conclusion's course is an analysis of the energy efficiency of an air conditioning system in a mall at Fortaleza - CE. The air conditioning at the facility is one of the responsible for the high consumption of electric energy, which generates a high cost for the company that manages the mall, since electricity is the second largest cost of any company. The operation of the mall has been proposing actions and techniques for the efficient management of the use of energy resources, especially the reduction of energy consumption. For this, routines of good practices of energy use and of analysis of indicators were created with the main goal of monitoring the consumption of electric energy by the use of new technologies and procedures. The consumption of chillers between the years 2016 and 2018 was specifically compared between July 2016 and June 2017 with July 2017 to June 2018. The results obtained were satisfactory given the presented energy cost matrices during this period. Thus, by comparing consumption, it was verified that, with the implementation of economic actions, there was a 12,8% reduction in CAG's energy consumption, which indicates an average saving of 32 thousand reais/year.

Keywords: Refrigeration, Energy Efficiency, CAG, Chiller, Thermoaccumulation.

RESUMO

O estudo apresentado neste trabalho de conclusão de curso é uma análise da eficiência energética em um sistema de climatização de um shopping de Fortaleza - CE. Sendo climatização no empreendimento é um dos responsáveis pelo elevado consumo de energia elétrica, o que gera um alto custo para a empresa gerenciadora do shopping, visto que a energia elétrica é o segundo maior custo de qualquer empresa. A operação do shopping vem propondo ações e técnicas para a gestão eficiente da utilização de recursos energéticos, em especial a redução do consumo de energia. Para isso, foram criadas rotinas de boas práticas de uso de energia e de análise de indicadores que têm como objetivo o monitoramento do consumo de energia elétrica com a adoção de novas tecnologias e procedimentos. Comparou-se os consumos dos *chillers* entre os anos de 2016 e 2018, especificamente entre julho de 2016 a junho de 2017 com julho de 2017 a junho de 2018. Os resultados obtidos foram satisfatórios dados as matrizes apresentadas de custo de energia durante o período citado. Sendo assim, comparando os consumos, verificou-se que, com a implantação das ações de economia, houve uma redução de 12,58% no consumo de energia da CAG, indicando uma economia de 32 mil reais/ano, em média.

Palavras-chave: Refrigeração, Eficiência Energética, CAG, *Chiller*, Termoacumulação.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Aparelho de ar condicionado do tipo "janela" (ACJ).....	17
Figura 2: Aparelho de ar condicionado tipo Split.....	18
Figura 3: Aparelho de ar condicionado tipo Self-Contained.	18
Figura 4: Sistema de refrigeração por chiller	20
Figura 5: Fluxo de ar em uma torre de resfriamento	21
Figura 6: Detalhamento dos componentes de uma torre de resfriamento.	21
Figura 7: Fan-coil.	22
Figura 8: Chiller.....	23
Figura 9: Compressor a parafuso.....	24
Figura 10: Ilustração do cálculo da carga térmica devido à renovação.	27
Figura 11: Sistema típico de água gelada.	35
Figura 12: Carga teórica de refrigeração.	36
Figura 13: Armazenagem total.	38
Figura 14: Armazenagem parcial.....	38
Figura 15: Programação horária da CAG antes do projeto de eficiência.	47
Figura 16: Curva de demanda antes da modificação na programação horária.	48
Figura 17: Nova programação horária da CAG.....	49
Figura 18: Curva de demanda após modificação na programação horária.....	50
Figura 19: Esquema da CAG do shopping center.	51

Figura 20: Bombas primárias de 123m ³ /h.	57
Figura 21: Bombas secundárias de 310 m ³ /h.	57
Figura 22: Conjunto de chillers.	58
Figura 23: Fancoil da casa de máquinas.	58
Figura 24: Tanque de termoacumulação.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Condições internas de conforto para o verão.....	26
Tabela 2: Condições externas para cidades do país (verão).	26
Tabela 3: Taxa de ocupação por pessoas por m ²	28
Tabela 4: Quantidade de calor liberado por pessoa de acordo com a atividade.	29
Tabela 5: Estimativa de carga térmica.	30
Tabela 6: Consumos dos chillers e bombas durante o ano de 2016.	52
Tabela 7: Consumos dos chillers e bombas durante o ano de 2017.	52
Tabela 8: Consumos dos chillers e bombas durante o ano de 2018.	53

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1. OBJETIVOS.....	14
1.2. MOTIVAÇÃO	14
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	14
2. SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO.....	16
2.1. TIPOS DE SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO.....	16
2.2. ELEMENTOS DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO POR ÁGUA GELADA	20
3. PROJETO DE CLIMATIZAÇÃO	25
4. TERMOACUMULAÇÃO	31
4.1. PRINCÍPIOS DA TERMOACUMULAÇÃO POR ÁGUA GELADA.....	32
4.2. FORMAS DE ARMAZENAGEM.....	36
4.2.1. Armazenagem Total.....	37
4.2.2. Armazenagem Parcial	38
4.3. VOLUME TEÓRICO DE ARMAZENAGEM	39
5. PLANTA DA CAG DO SHOPPING CENTER	40
5.1. INTRODUÇÃO	40
5.2. CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS BÁSICAS	42
5.3. SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA GELADA.....	42
5.4. PREMISSAS DE CÁLCULO	43

5.5. CARGA TÉRMICA	45
5.5.1. Sistema de Expansão Indireta.	45
5.5.2. Sistema de Expansão Direta.....	46
6. PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA CAG	47
7. RESULTADOS	52
7.1. TRATAMENTO DOS DADOS.....	52
7.2. ANÁLISE DOS DADOS	52
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROJETOS FUTUROS	54
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
10. ANEXOS	57

1. INTRODUÇÃO

1.1.OBJETIVOS

Este trabalho tem o objetivo de apresentar a aplicação de um projeto de eficiência energética no sistema de refrigeração de um empreendimento de grande porte como um meio de redução no consumo de energia elétrica a fim de melhorar a produtividade do sistema.

1.2.MOTIVAÇÃO

Sabe-se que o consumo de energia elétrica numa CAG (Central de Água Gelada) de um shopping center é um dos principais gastos dentro desses empreendimentos. Devido ao elevado custo que essa atividade causa, é preciso um estudo bastante detalhado e contínuo sobre como melhorar a operação desse sistema. A aplicação de métodos que visem a eficiência energética do sistema é de suma importância para a redução do consumo de energia, consumo esse que, devida às crescentes crises hídricas que assolaram o nosso país, aumentou ainda mais os custos de produção. Alcançar o ponto ótimo de operação, permitindo que o sistema trabalhe com ampla qualidade é bastante pertinente, pois evita manutenções corretivas e preventivas desnecessárias e, por consequência, gastos indevidos. Desse modo, este trabalho tem a intenção de explanar os métodos aplicados no estudo de eficiência e mensurar a economia alcançada.

1.3.ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é dividido em oito capítulos, no qual o primeiro capítulo traz a introdução, a motivação e a estrutura do trabalho.

No segundo capítulo é apresentada uma breve demonstração sobre os tipos de sistemas de refrigeração, aprofundando no sistema de água gelada.

O terceiro capítulo apresenta as etapas para a realização de um projeto de climatização, como também comenta a NBR 16401, sendo essa responsável pelos critérios dos sistemas de climatização e exaustão.

No quarto capítulo expressa a tecnologia de termoacumulação, uma das inovações presentes na eficiência energética.

O quinto capítulo está disposta a planta do sistema de refrigeração do shopping, definindo as premissas de cálculo como também o memorial descritivo.

O sexto capítulo traz o projeto de eficiência energética aplicado, definindo os métodos e os indicadores utilizados.

O sétimo capítulo apresenta os resultados obtidos, realizando comparações e mensurando a economia alcançada.

Por fim, o oitavo capítulo traz os resultados e conclusões do trabalho, além de algumas sugestões para trabalhos futuros.

2. SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO

Quando se é mencionado a refrigeração industrial, é feita logo uma ligação com os condicionadores de ar. Por mais que os dois sejam do mesmo nicho, possuem aplicabilidades diferentes, sendo formados basicamente pelos mesmos componentes: compressores, trocadores de calor, ventiladores, dutos e controles. Os fluidos mais utilizados são água, ar e outros fluidos refrigerantes.

De acordo com os irmãos Rex e Mark Miller (2008), o processo de refrigeração é dado pela remoção de calor de onde ele não é desejado, calor este que pode ser removido visando o conforto térmico ou para conservação de alimentos, por exemplo.

É importante possuir esse entendimento, pois esse processo está presente em diversas atividades humanas. Ele pode ser utilizado para fins comerciais e domésticos, na área de climatização e conservação de alimentos. Na indústria, podemos citar as aplicações no setor cervejeiro e no de laticínios, no empacotamento e congelamento de alimentos, etc.

A refrigeração/climatização também está inserida na área de logística, pela necessidade de transportes de resfriados e/ou congelados em caminhões ou navios frigoríficos, como também na climatização de ônibus, aviões, etc.

Outro local onde é comum o uso desses sistemas são as residências: a maioria dos lares possuem refrigeradores e, embora não seja tão comum, a compra de condicionadores de ar está em constante crescimento. Ambos são da mesma categoria, contudo cada um possui características próprias (SILVA, 2007).

2.1. TIPOS DE SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO

Ao pensar na climatização de um local, refere-se ao processo de tratamento do ar de um ambiente fechado, de forma a coordenar o movimento, a pureza a umidade e, principalmente, a temperatura. Para que isso ocorra, é necessário colocar o ar do ambiente a ser climatizado em movimento contínuo. Existem dois tipos de sistemas de distribuição de ar, o de zona única e o de zona mista: esse primeiro visa a operação para um só local, já o segundo pode ser designado como a aplicação de um sistema para vários ambientes.

O principal propósito do controle de temperatura em um ambiente é garantir conforto. Silva (2007, p. 61) diz:

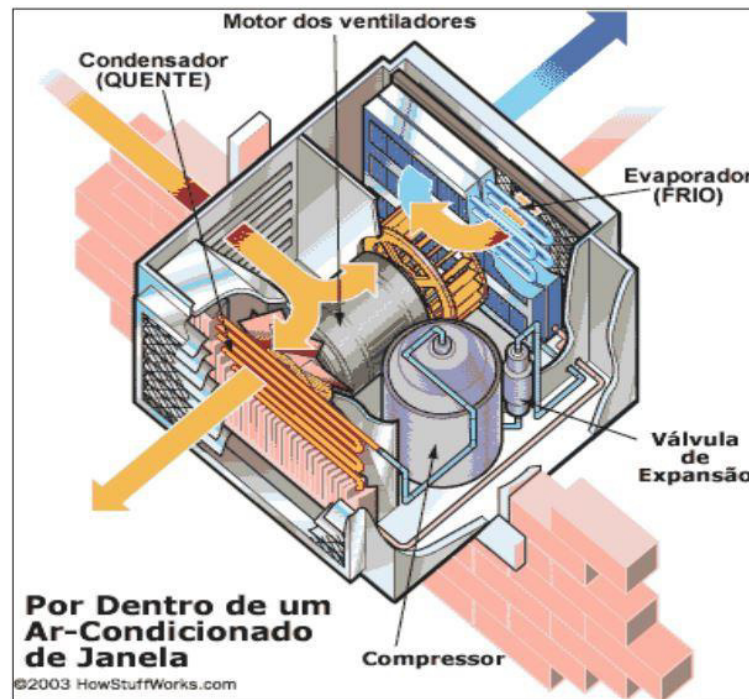
Segundo a Ashrae (1997), conforto térmico é um estado de espírito que reflete satisfação com o ambiente térmico que envolve uma pessoa. É, portanto, uma sensação subjetiva que depende de aspectos biológicos, físicos e emocionais dos ocupantes, não sendo, desta forma possível satisfazer, com uma determinada condição térmica, todos os indivíduos que ocupam um recinto. O estudo com conforto térmico tem como objetivo a determinação das condições ambientais que possibilitam o conforto térmico para um maior número possível de pessoas.

Esta sensação de conforto depende da facilidade com que o indivíduo estabelece um balanço térmico com o meio, com o intuito de manter a temperatura interna corporal em 37°C. Mesmo que o equilíbrio térmico seja alcançado, uma pessoa pode não se sentir confortável, por exemplo, se estiver na presença de um campo assimétrico de radiação.

O corpo humano pode perder calor pela evaporação do suor, bem como receber ou ceder calor para ambiente pelos mecanismos de respiração, radiação e convecção, dependendo da temperatura do ar.

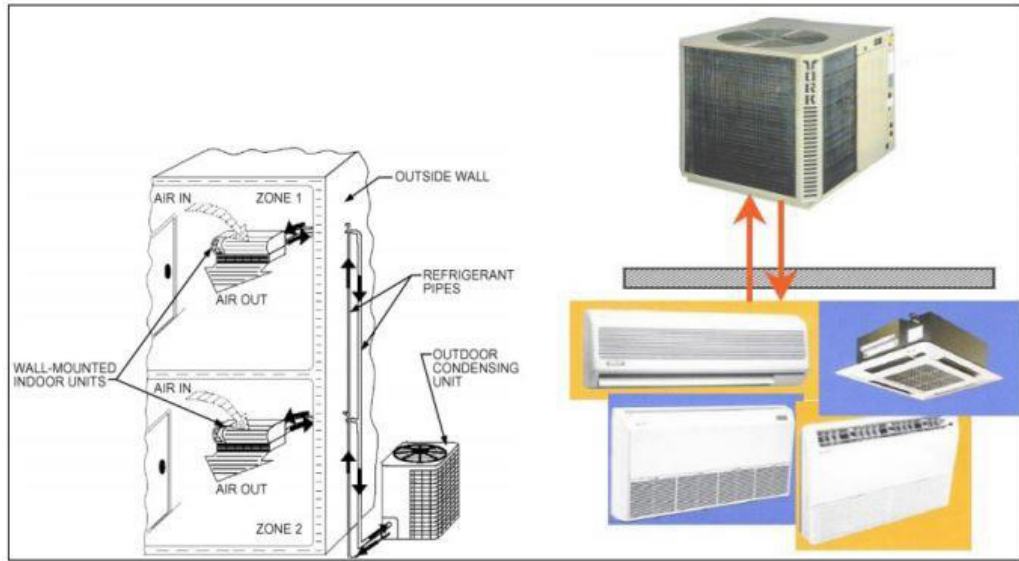
Os sistemas de refrigeração mais populares são o ar condicionado do tipo *janela*, que também pode ser conhecido como ACJ e o ar condicionado do tipo *Split*. Esses equipamentos possuem o mesmo princípio de um sistema de refrigeração robusto, porém são bem reduzidos e normalmente são instalados em residências e prédios de escritórios por serem equipamentos de fácil adaptação, silenciosos e de estética agradável (SILVA, 2007)

Figura 1: Aparelho de ar condicionado do tipo "janela" (ACJ)



Fonte: Brain (2014)

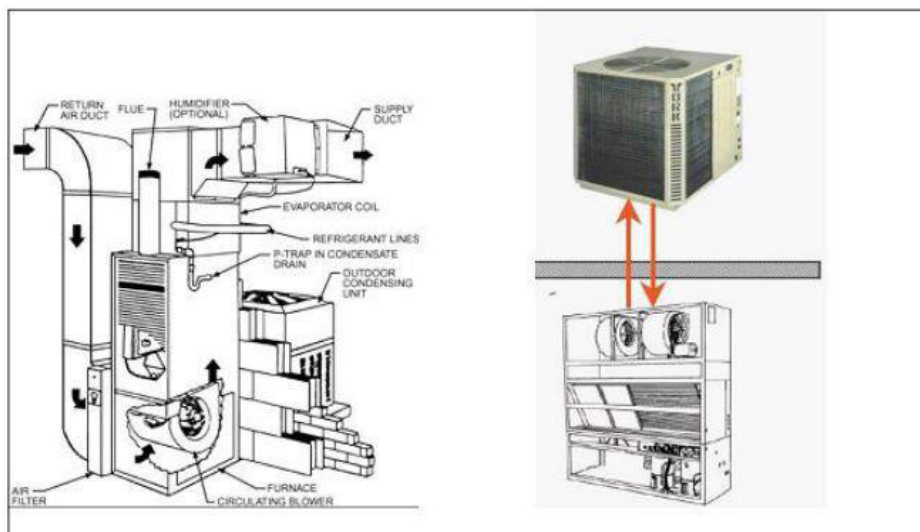
Figura 2: Aparelho de ar condicionado tipo Split



Fonte: Voltani (2014)

Existe outro tipo de sistema de climatização chamado *Self-Contained*. Ele é mais eficaz que os modelos citados anteriormente, reunindo a evaporadora e a condensadora num único gabinete que tem capacidade de resfriar um andar inteiro. Seu grande diferencial é poder operar com condensação a ar ou água: no primeiro, se faz necessário uma torre para arrefecimento da água; já no segundo, é acoplado um ventilador centrífugo para movimentar o ar entre as aletas do condensador e liberar calor.

Figura 3: Aparelho de ar condicionado tipo Self-Contained.



Fonte: Voltani (2014)

Para qualificar um sistema de refrigeração como de grande porte, ele deve ser constituído basicamente por dois aparelhos característicos, *fan-coil* e *chiller*. O funcionamento desse sistema é semelhante ao de um evaporador comum dos ar condicionados convencionais, contudo, no lugar de utilizar um gás refrigerante, emprega-se água numa determinada temperatura para realizar a climatização. Essa água é resfriada por meio de um grande resfriador (*chiller*).

É importante salientar que a técnica de condicionamento de ar não é apenas o processo de resfriamento do mesmo. O controle da umidade, a qualidade da filtragem, a renovação do ar e sua distribuição pelo ambiente são procedimentos mais importantes que o resfriamento em si. Em vista disso, para se obter um ambiente condicionado, de acordo com as premissas de conforto e saúde, é indispensável que os requisitos pretendidos nas normas de referência sejam atendidos.

Os sistemas de condicionamento de ar mais comuns empregam o processo de refrigeração por meio da compressão do vapor de um fluido, que consiste em um ciclo fechado formado por quatro etapas:

1. Compressão do fluido frigorífico no estado vapor, de baixa pressão para alta pressão, através de um compressor;
2. Dessuperaquecimento e condensação do fluido frigorífico, a alta pressão, através de um trocador de calor que normalmente utiliza o ar externo direto ou água proveniente de uma torre de resfriamento, onde é resfriada pelo ar externo;
3. Expansão (ou despressurização) do fluido frigorífico líquido, através de um dispositivo de expansão (válvula, orifício, tubo capilar, etc), que resultará em uma mistura de líquido e vapor a baixa pressão;
4. Evaporação total do fluido frigorífico a baixa pressão, através de um trocador que irá resfriar (e desumidificar) o ar (direta ou indiretamente) a ser insuflado no ambiente condicionado.

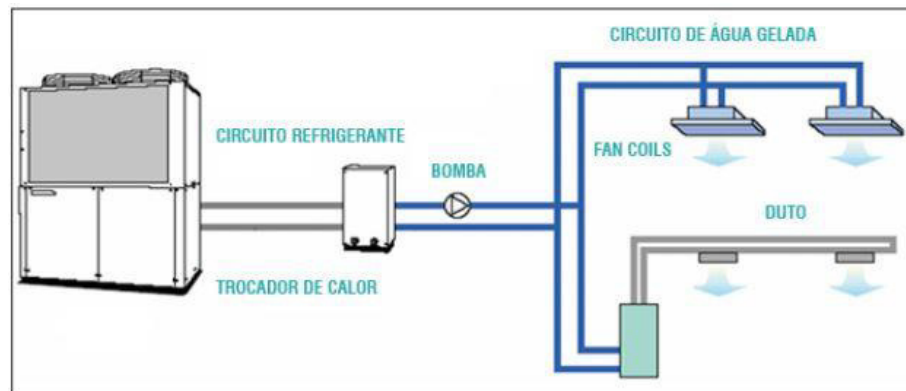
Considerando que o fluido a ser utilizado no sistema em questão seja a água, o esquema segue os seguintes procedimentos:

A água que é resfriada pelo *chiller* (evaporador) é difundida através de uma linha de tubulação através de bombas de água até os *fan-coil* postos em ambientes diversos. Nesses *fan-*

coil, a água gelada, que atinge em média 7°C, circula na serpentina do aparelho; a seu tempo, o ar ambiente é succionado pelo *fan-coil* através de um ventilador, impelindo o ar a passar pela serpentina que, em função da água gelada, arrefece o ar e devolve ao ambiente.

Logo após esse procedimento, a água gelada que passou pela serpentina ganha, em média, 5°C, regressando ao *chillers* com uma temperatura por volta e 12°C para ser resfriada novamente e retornando a temperatura inicial de 7°C, iniciando todo o processo novamente. (SILVA, 2014).

Figura 4: Sistema de refrigeração por chiller



Fonte: Del' Antonio, Noventa e Feres (2017)

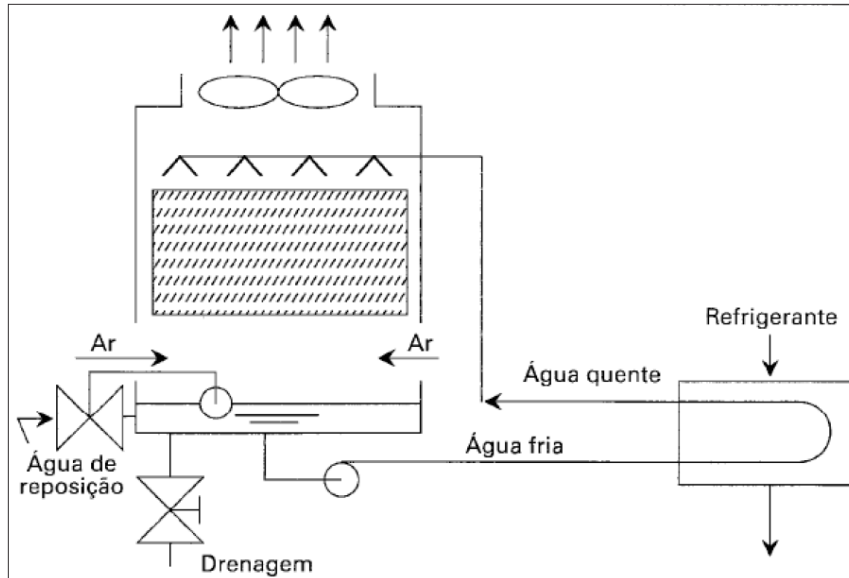
2.2. ELEMENTOS DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO POR ÁGUA GELADA

Essencialmente, o sistema de refrigeração por água gelada é formado por três grandes elementos: *chiller*, *fan-coil* e torre de resfriamento.

A torre de resfriamento é, basicamente, um condensador, encarregado de remover o calor presente na água que regressa do resfriamento no *chiller*. Ela é aspergida na bacia da torre; com isso, o calor é concedido para o ar que circula através do equipamento. A capacidade de resfriamento de uma torre é dada por Toneladas de Resfriamento (TR's), por intermédio de um cálculo fundamentado na capacidade de transferência de calor de 250Btu/min/TR e a velocidade do ar em um projeto de torre de resfriamento de, aproximadamente, 5km/h. É comum a instalação de um termostato cujo Δt varia em função do fabricante e do projeto.

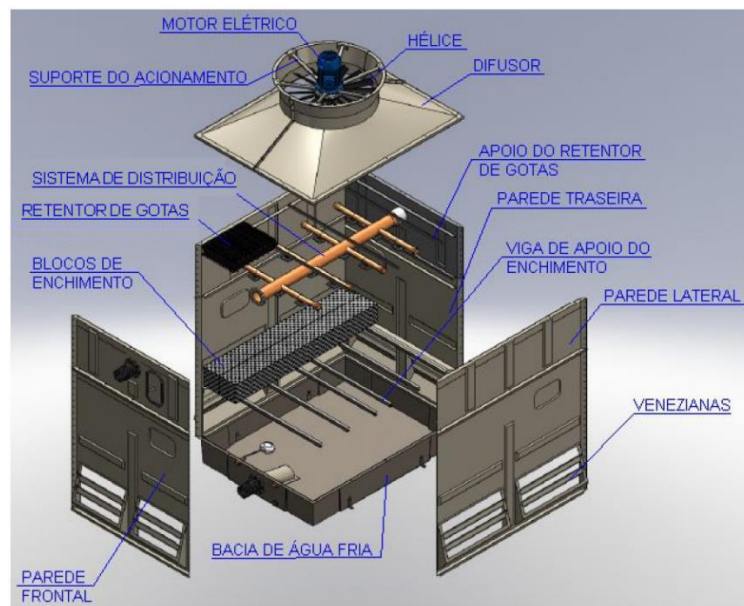
Podemos verificar os componentes da torre de resfriamento e o fluxo de funcionamento nas figuras abaixo:

Figura 5: Fluxo de ar em uma torre de resfriamento



Fonte: Silva (2010, p.125).

Figura 6: Detalhamento dos componentes de uma torre de resfriamento.



Fonte: Alfaterm (2017).

Para escolher sobre qual torre de resfriamento utilizar, é essencial saber o limite de resfriamento da água: se porventura a água seja arrefecida através do ar, essa água não pode ser resfriada a uma temperatura inferior a Temperatura de Bulbo Úmido (TBU) do ar, bem como a carga térmica do sistema e a temperatura de entrada do ar quente devem ser consideradas. (Silva, 2014).

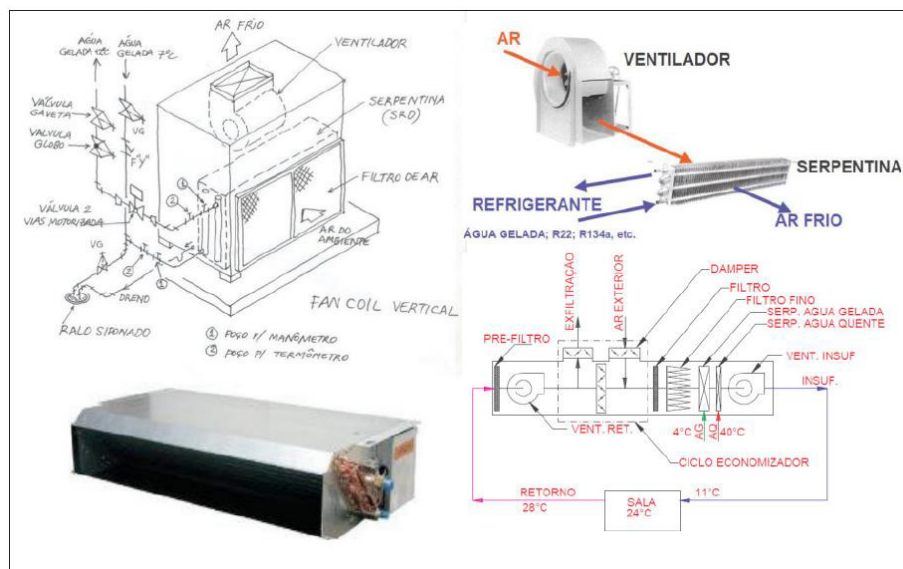
Podemos definir a capacidade de resfriamento de uma torre através da equação:

$$P_{Torre} = \rho_{ag} \cdot Q_{ag} \cdot C_{ag} \cdot (T_e - T_s) \quad (1)$$

Onde ρ_{ag} é a densidade da água; Q_{ag} equivale a vazão da água circulada pela torre; C_{ag} corresponde ao calor específico da água; T_e condiz a temperatura de entrada da água e T_s representa a temperatura de saída da água.

O aparelho que recebe a água gelada produzida no evaporador do *chiller*, correspondendo ao condicionador de ar, chama-se *fan-coil*. O evaporador leva o ar até os ambientes, através da linha de água gelada. Graças a serpentina que passa pelo *fan-coil*, o ar consegue ser refrigerado pela água gelada. (SILVA, 2006).

Figura 7: Fan-coil.



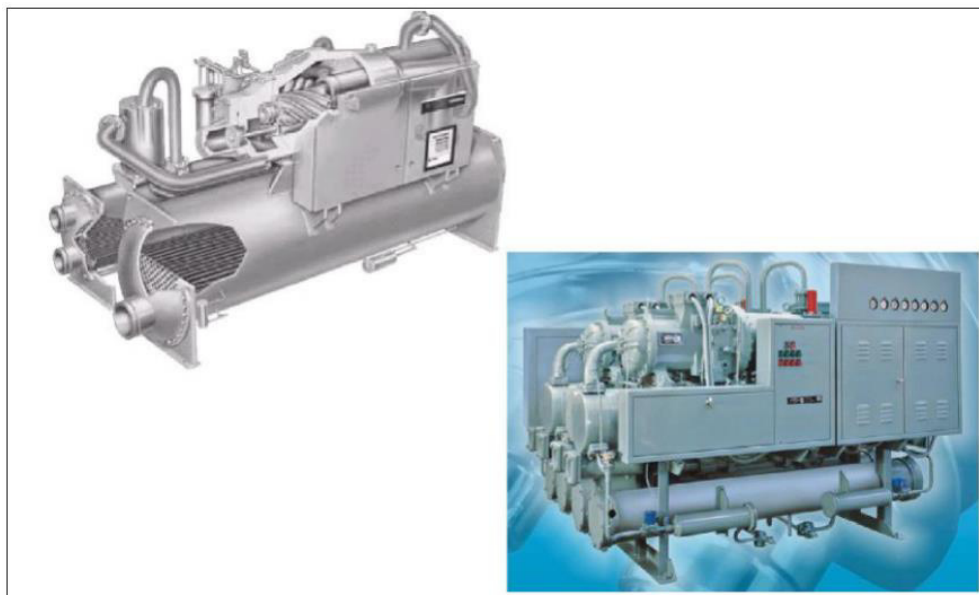
Fonte: Voltani (2014).

O aparelho responsável pela refrigeração dos líquidos é comumente chamado de *chiller*. É um equipamento fabricado para a produção de água gelada, operando em projetos de circuito frigorífero (ciclo de refrigeração mecânica). Esses aparelhos possuem a capacidade de trabalhar com uma ampla variação de temperatura e são reconhecidos como o coração de qualquer sistema de ar condicionado pela sua importância no processo. (SILVA, 2006).

O fluido refrigerado em um *chiller* pode ser aplicado em grandes seções de ar condicionado, bem como pode ser empregado em uma sucessão de processos industriais no quais são essenciais um resfriamento para uma determinada execução. (MILLER, 2008).

Um *chiller* é adequado para sistemas de grande porte e devem atender algumas particularidades: alta eficiência, durabilidade e um bom custo benefício. Comumente é empregado em algumas áreas como: indústrias, hospitais, aeroportos, comércios, CPD's, etc.

Figura 8: Chiller.



Fonte: Voltani (2014).

Ao se tratar de *chiller*, é significativo citar o componente imprescindível chamado compressor, um dos itens mecânicos mais complexos de um sistemas frigoríficos, já que ele é encarregado por prover um diferencial de pressão para que o fluido refrigerante consiga

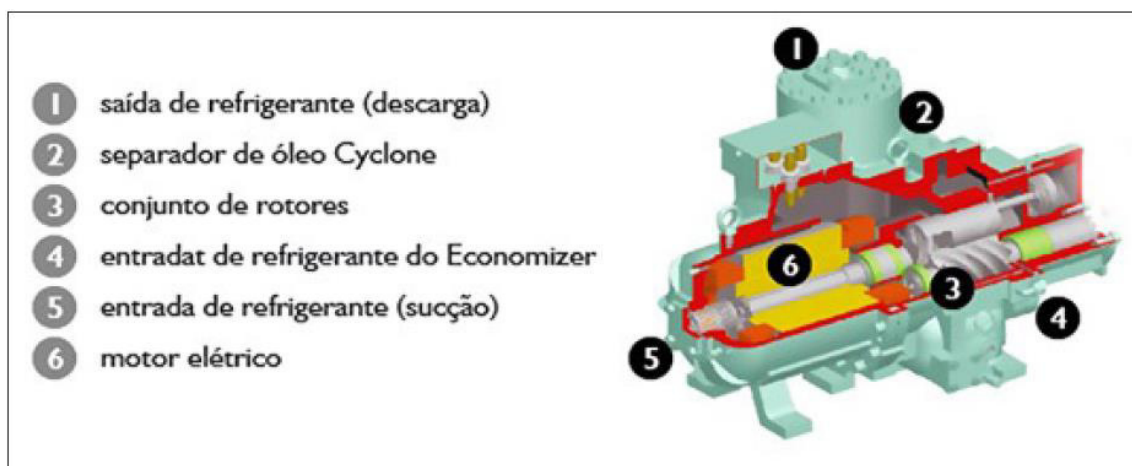
evaporar a uma temperatura inferior à condensação, podendo assim, transferir o calor da fonte fria para a fonte quente.

Em uma instalação frigorífica, o compressor é o maquinário que tem o maior consumo de energia, impactando no custo operacional; portanto é de suma importância compreender os seus componentes em conforme as diversas variáveis do ciclo de refrigeração.

Dentre as alternativas de compressores disponíveis, temos os modelos alternativo, rotativo, *scroll* e parafuso, esse último sendo o mais utilizado em sistemas de refrigeração e climatização e pertencente a classe de compressores com deslocamento positivo. Eles são formados por dois rotores principais, um macho e um fêmea, que possuem a finalidade de transportar o fluido refrigerante continuamente de uma ponta a outra do eixo.

Na sua operação, fundamentalmente temos três fases em seu funcionamento: sucção, compressão e descarga. Na sucção, o fluido preenche de forma continuada a área dos rotores até o ponto em que esse fluido ultrapassa a região de entrada; na compressão, reduz-se o volume nessa área e o fluido é comprimido paulatinamente até o ponto de descarga, quando o fluido comprimido é entornado. (SALVADOR, 1999).

Figura 9: Compressor a parafuso.



Fonte: Hitachi (2018).

3. PROJETO DE CLIMATIZAÇÃO

Para projetar um sistema de climatização com êxito, é essencial a verificação dos projetos de estruturação do âmbito a ser climatizado, tais como: arquitetônico, hidráulico, elétrico e combate a incêndio. (SILVA, 2010).

Podemos definir as etapas de um projeto de climatização como:

- 1) Estudo prévio: são estipulados diretrizes e procedimentos que serão contemplados para determinar o sistema de climatização a ser projetado.
- 2) Critérios de cálculo: são admitidos preceitos com base na disposição do sistema, por exemplo: índice de ocupação, iluminação e fonte de calor externas, pressão e umidade.
- 3) Dimensionamento do sistema: são efetivadas as condições de todos os elementos que constituem o sistema adotado, ponderando as características abordadas na fase de critérios de cálculo, aferição das cargas térmicas nos meios e a carga térmica total; para tal, devem ser cogitadas os critérios como: concomitância, seleção do equipamento, local da construção, projetos de instalações, etc.
- 4) Memorial descritivo: para isto, é informada categoricamente a elucidação selecionada pelo sistema de climatização e são demonstrados, com base na execução do projeto, informações gerais do sistema, tabelas e resumos de cálculo.
- 5) Representação Gráfica: as considerações são representadas em um desenho técnico, com todo um detalhamento definido para o cliente e os profissionais que irão instaurar o projeto, tais como: disposição da base dos equipamentos, detalhamento da casa de máquinas, rede hidráulica e de dutos, esquema de controle, automação e distribuição elétrica.

Visando estabelecer as aplicações e as condições dos projetos, o cálculo da carga térmica é de suma importância pois são estas que determinam o valor das trocas térmicas que sucederão entre o interior do recinto e o meio externo. Uma série de condições influenciam um projeto de climatização, dentre elas: tipo de atividade realizada, clima, sazonalidade, etc. (SILVA, 2010).

Com o intuito de obter um projeto preciso e capaz de atender as exigências previamente, cada proposta exige uma sondagem detalhada de todas as variáveis e condições do local.

A principal norma que rege os projetos de sistemas de refrigeração é a NBR 16410, que fornece uma tabela com condições de conforto térmico para alguns ambientes, assim como um quadro com as condições externas para vários locais do país de acordo com a estação, conforme pode-se conferir nas tabelas a seguir: (SILVA, 2010).

Tabela 1: Condições internas de conforto para o verão.

Finalidade	Local	Recomendável		Máxima	
		TBS (°C)	UR (%)	TBS (°C)	UR (%)
Conforto	Residências, hotéis, escritórios, escolas e bancos.	23 a 25	40 a 60	26,5	65
Lojas de curto tempo de ocupação	Barbearias, cabeleireiros, lojas e magazines e supermercados.	24 a 26	40 a 60	27	65
Ambientes com grandes cargas de calor latente e/ou sensível	Teatros, auditórios, templos, cinemas, bares, lanchonetes, restaurantes, bibliotecas e estúdios de TV	24 a 26	40 a 65	27	65

Fonte: Silva (2010, p.177).

Tabela 2: Condições externas para cidades do país (verão).

CIDADES	TBS	TBU
Macapá (AP)	34	28,5
Manaus (AM)	35	29
João Pessoa (PB)	32	26
São Luís (MA)	33	28
Fortaleza (CE)	32	26
Natal (RN)	32	27
Recife (PE)	32	26
Maceió (AL)	33	27
Salvador (BA)	32	26
Aracajú (SE)	32	26
Vitória (ES)	33	28
Belo Horizonte (MG)	32	24
Rio de Janeiro (RJ)	35	26,5
São Paulo (SP)	31	24
Brasília (DF)	32	23,5
Goiânia (GO)	33	26
Cuiabá (MT)	36	27
Campo Grande (MS)	34	25
Curitiba (PR)	30	23,5
Florianópolis (SC)	32	26
Porto Alegre (RS)	34	26

Fonte: ABNT NBR 16401-1 (2008, p. 32-36).

Dentre os fatores efetivos para a base de cálculo da carga térmica e do dimensionamento do sistema, é salientado duas: a primeira é formada por infiltração e ar de renovação. O volume de ar depende da ocupação e atividade no ambiente. Uma forma de admissão se dá através da infiltração de ar através de portas e janelas. Conforme o Ministério da Saúde, é definido 27m³/h por pessoa para renovação de ar.

A formula para a vazão volumétrica é:

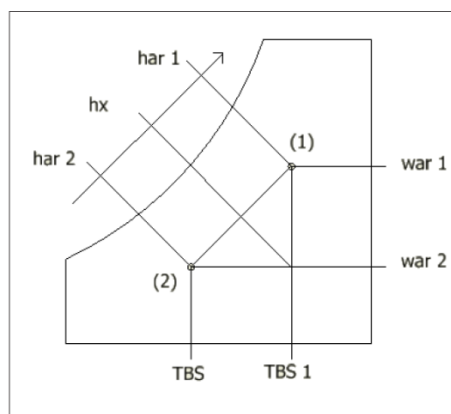
$$\bar{Q} = n \cdot \bar{Q}_{pessoas} \quad (2)$$

A fim de calcular a carga térmica considerando o ar externo, é necessário entender as condições de TBS e TBU do ar no início e final do processo. É possível também obter essa carga térmica a partir da relação entre a massa de ar de renovação pelo valor de entalpia conseguido através do traçado psicrométrico.

Essa parcela de carga é dividida em duas parcelas, uma sensível e uma latente. Como exemplo, é possível estimar, através da carga psicrométrica, qual a carga térmica sensível e latente resultante de uma vazão de ar de recuperação.

O fluxo do volume de ar externo de renovação é determinado através do produto da densidade do ar pela vazão. Para calcular a carga térmica de um ambiente, devemos analisar a curva da carga psicrométrica, como representada a seguir.

Figura 10: Ilustração do cálculo da carga térmica devido à renovação.



Fonte: Silva (2010, p. 185).

$$\dot{m} = \left(\frac{\text{vazão} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]}{3600} \right) \cdot \text{densidade do ar} \quad (3)$$

Assim, pode-se calcular a carga térmica latente e sensível utilizando as seguintes fórmulas:

$$\dot{Q}_{sens} = \dot{m}(h_x - h_2) \quad (4)$$

$$\dot{Q}_{lat} = \dot{m}(h_l - h_x) \quad (5)$$

Outra consideração que deve ser levantada é sobre a taxa de ocupação, que é uma das maiores fontes de calor interno e é gerado pelas pessoas presentes no local.

O ser humano gera calor para o ambiente através de duas formas, a sensível e a latente; esse calor está sujeito ao grau de atividade das pessoas. Pode ser encontrada uma estimativa de calor liberado por cada pessoas na NBR 16410.

Para realizar o cálculo de carga térmica, é necessário que seja realizada uma sondagem da taxa de ocupação, bem como o período de permanência dessas pessoas no ambiente a ser refrigerado. Embora essas informações sejam meio abstratas, o cálculo da carga térmica sem essas informações tem pouca relevância pela falta de precisão nas considerações. Por ventura, se essas tais informações não puderem ser obtidas, devem-se considerar os valores presentes na NBR 16410, como evidenciado na tabela abaixo. (SILVA, 2010).

Tabela 3: Taxa de ocupação por pessoas por m².

LOCAL	TAXA DE OCUPAÇÃO [m ² /pessoa]
Bancos – recintos privados	7
Bancos – recintos públicos	4
Lojas com pouco movimento	5
Lojas com muito movimento (térreo)	2,5
Escritórios em geral	6
Restaurantes	1,4
Museus e bibliotecas	5,5
Auditórios, salas e conferência	0,75
Teatros, cinemas	0,75

Fonte: Silva (2010, p.190).

Nessa mesma norma, há uma tabela que mensura a quantidade de calor liberado por pessoa (kcal/h) de acordo com a atividade e temperatura definida.

Tabela 4: Quantidade de calor liberado por pessoa de acordo com a atividade.

LOCAL	METABOLISMO MÉDIO (*)	TEMPERATURA DE BULBO SECO [°C]									
		28		27		26		24		21	
		S	L	S	L	S	L	S	L	S	L
Teatro, escola primária.	88	44	44	49	39	53	35	58	30	65	23
Escola secundária	100	45	55	48	52	54	56	60	40	68	32
Escritórios, hotéis, residências, lojas, universidades, supermercados.	113	45	68	50	63	54	59	61	52	71	42
Farmácias, drogarias, bancos	126	45	81	50	76	55	71	64	62	73	53
Restaurante (**)	139	48	91	55	84	61	78	71	68	81	58
Fábrica, trabalho leve.	202	48	141	55	134	62	127	74	115	92	97

Fonte: ABNT NBR 16401-1 (2008, p. 53).

Onde “S” corresponde ao calor sensível, “L” ao calor latente e o metabolismo médio é correspondente a um grupo de adultos e crianças de ambos os sexos.

Os dados são adquiridos a partir das seguintes hipóteses: considerando o metabolismo de um homem adulto em 14 kcal/h, suponha-se que o metabolismo de uma mulher adulta é 85% do metabolismo de um homem adulto e o metabolismo de uma criança corresponde a 75% desse valor base. (SILVA, 2010).

No que se refere a formulação desse cálculo, Silva (2010, p. 195) declara:

Inicialmente, deve-se fazer um esboço do ambiente e depois preencher a tabela de acordo com as áreas das janelas, paredes, entre outras informações. Multiplica-se as áreas e informações pelos fatores disponíveis nas colunas 3 e 5, obtendo os valores das parcelas de carga térmica (kcal/h) na quarta e na sexta coluna. Observa-se que a área de janela é de 12 metros quadrados. Já a área da parede mais insolada é a face leste, cujas dimensões totais são 8,00 x 3,00= 24,00 metros quadrados. Observe que não há trocas de calor pelo teto e pelo piso porque estas duas faces estão em contato com ambientes climatizados.

Para obter em Btu/h, basta multiplicar Kcal/h por 4. Logo, tem-se a carga térmica sendo, aproximadamente, 41.160 Btu/h.

Tabela 5: Estimativa de carga térmica.

Janelas	Fator ¹ sem proteção	Área ⁴	Q (*) (kcal/h)	Fator ² cortina interna	Fator ³ proteção externa
Janela ao sol leste ou oeste	520	12	4236	353	109
Janela ao sol ao SE ou SO	354			245	86
Janela ao sol ao NE ou NO	415			284	94
Janela ao sol norte	223			160	67
Janela à sombra (ou sul)	42				
Parede mais isolada pesada (30cm)	34	12	516		
Parede mais isolada leve (15cm)	43				
Demais paredes pesadas (30cm)	11				
Demais paredes pesadas (15cm)	18				
Terraço sem isolamento	83				
Terraço com isolamento	25				
Telhado não arejado sem isolamento	49				
Telhado não arejado com isolamento	9				
Telhado arejado sem isolamento	20			*1 = sem proteção	
Telhado arejado com isolamento	5			*2= com proteção interna	
Forro entre andares não condicionado	9			*3= com proteção externa	
Piso entre andares não condicionado	12				
Iluminação incandescente + equipamentos	0,86	1500 W	1290		
Iluminação fluorescente	1,032	2000 W	2064		
Trabalho leve	62			127	
Pessoas sentadas	54			46	
Trabalho de escritório	54	10	540	59	590
Ventilação	Fator C sensível	Vazão m ³ /h	Q (*) sensível kcal/h	Fator C Latente	Q (*) latente kcal/h
Ar externo de renovação	2	170	340	6,2	1054
			Q sensível 8646 kcal/h		Q latente 1644 kcal/h
Carga térmica total			Q (sensível + latente) 10,290 kcal/h		

Fonte: Silva (2010, p. 196).

4. TERMOACUMULAÇÃO

Devido à grande necessidade de implantação de projetos de eficiência energética, a busca por tecnologias alternativas que visem o consumo consciente de energia elétrica tem tido uma crescente busca.

Analisa-se também que os grandes setores são os maiores consumidores de energia elétrica, centralizando esse consumo para o horário de ponta, sendo uma parcela considerável deste consumo designado para os sistemas de climatização, onde a termoacumulação aparece como um bom método para racionalização de energia.

Como a termoacumulação é um processo que possibilita o deslocamento da carga, que proporciona a melhor utilização e gestão de energia, é vista como uma opção de eficiência energética.

Vale ressaltar que a redução dos custos de energia com a aplicação do sistema não está relacionada à redução de consumo. Se trata do deslocamento do consumo de um horário que possui uma maior tarifação (ponta) para um com menor tarifa (fora ponta), alcançando resultados economicamente favoráveis para a unidade consumidora. (QUEIROZ,2011)

A tecnologia de termoacumulação transforma a energia elétrica disponível em fora ponta em energia térmica, sendo no caso estudado, armazenada em tanques de água gelada, isto é, acumula-se a energia em períodos de fora ponta para aplica-la em períodos de ponta que possuem alto fator de carga. Utiliza-se esse procedimento em tempos diminutos, para que esteja acessível em horários com alta demanda, propiciando, inclusive, uma maior potência.

A termoacumulação consiste na geração de um efeito frigorífico, popularmente conhecido como “armazenagem de frio”, em grandes tanques. Com isso, é possível eliminar a dependência instantânea entre a produção e o consumo. Desta forma, torna-se capaz utilizar sistemas de climatização de forma mais eficiente. O intuito é cometer o nivelamento da carga térmica entre os momentos de alta e baixa demanda. Assim sendo, reduz a solicitação dos grandes equipamentos para efetuar a climatização do ambiente. (VIEIRA, 2009)

Dentre as principais vantagens do sistema, destacam-se:

- Redução da capacidade e do tamanho da CAG e, conseqüentemente, do custo inicial da unidade de resfriamento;
- Redução da potência instalada do sistema de frio, resultando em uma menor demanda de energia;
- Gera maior confiabilidade e segurança do sistema de refrigeração, devido ao armazenamento de energia térmica;
- Proporciona o deslocamento de carga para fora do horário de ponta do sistema elétrico, aliviando o sistema elétrico e reduzindo investimentos no setor;
- Possibilita o aproveitamento de diferentes modalidades tarifárias de energia horo-sazonais a fim de reduzir custos com energia elétrica;
- Propicia um melhor aproveitamento diário de energia, aumentando o fator de carga do sistema de frio;
- Permite que os equipamentos possam trabalhar mais próximos às condições ideais de operação, gerando ganhos em eficiência.

As desvantagens para o uso da termoacumulação são:

- Necessidade de um maior espaço físico no sistema de refrigeração para instalação dos tanques de armazenagem;
- Alto investimento inicial em comparação com o sistema de refrigeração convencional. (QUEIROZ,2011).

4.1.PRINCÍPIOS DA TERMOACUMULAÇÃO POR ÁGUA GELADA

A termoacumulação de água gelada é, fundamentalmente, bastante simples, podendo utilizar os elementos usualmente aplicados nos sistemas convencionais.

Entretanto, são indispensáveis alguns cuidados no que se trata ao correto dimensionamento e seleção dos componentes, de forma a evitar uma atividade com capacidade insuficiente ou com aspectos econômicos inviáveis.

O setor de ar condicionado tem utilizado a variação de 5,5°C ao longo de anos como algo trivial, contudo, esse diferencial é completamente impróprio no caso da utilização da

termoacumulação uma vez que o volume do tanque de água gelada é inversamente proporcional a variação de temperatura dessa água.

Nesse tipo de sistema de termoacumulação o valor do diferencial que é comumente empregado é de 11°C, sendo essencial o cuidado especial com diversos elementos do sistema hidráulico.

Dado que a vazão de água gelada se reduz pela metade dos valores encontrados com a variação convencional de 5,5°C, deve-se observar os seguintes aspectos:

- As temperaturas de água gelada de entrada e retorno devem ser definidas a fim de não impedir a operação adequada dos *chillers* e das serpentinas de água gelada. Valores habituais são 15,5°C e 4,5°C;
- Componentes resfriadores de água (*chillers* ou centrífugas) deverão ser cuidadosamente escolhidas para tais condições;
- A escolha apropriada do número de circuitos das serpentinas de água gelada passa a ser uma questão imprescindível de funcionamento. A utilização de serpentinas comumente circuitadas para variações convencionais de 5,5°C tende a restringir radicalmente a transferência de calor pela baixa velocidade da água na tubulação. (CHUMIOQUE,2004)

O sistema hidráulico de água gelada resultaria em um processo totalmente descontrolado e de difícil balanceamento devido à baixa redução de carga nas serpentinas que poderia ser encontrada nesses casos.

Devido as menores vazões de água que iriam controlar, as válvulas de controle de temperatura passariam a ter uma seleção mais rigorosa. O superdimensionamento, nesse caso, poderia vir a ser catastrófico.

Via de regra as serpentinas de água gelada requerem um maior número de filas (rows), em virtude das diferentes condições detectadas no cálculo de transferência térmica.

Um aspecto significativo dos sistemas de termoacumulação de água gelada está associado a quantidade de filas das serpentinas, que possui relação direta com a vazão de água que circula no sistema. O volume de água do tanque e a otimização da sua utilização estão

estritamente ligadas a vazão de água gelada utilizada no sistema. Quanto maior a vazão, mais rápido se dará a lassidão térmica do tanque.

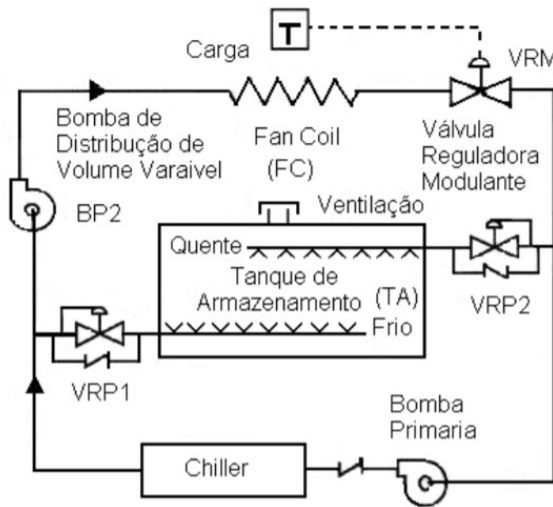
Uma das formas mais acessível de aprimorar a utilização da água gelada armazenada é, por conseguinte, a atenuação do fluxo de água circulada no sistema e a maneira mais adequada de alcançar esse objetivo é precisamente utilizar serpentinas que possuam uma maior área de transferência de calor. Um das referências usualmente mencionadas na área de termoacumulação de água gelada é de que o local mais rentável de se aplicar investimentos para acumular frio é nas serpentinas.

Apesar destas não possuírem a capacidade de acumular frio, sua maior área de troca de calor tende a possibilitar elevadas variações de temperatura, o que restringe a vazão circulada e que assegura a otimização do uso da água gelada armazenada.

Como decorrência do aumento da variação de temperatura da água gelada e, conseqüentemente, a redução pela metade da vazão de água gelada, adquire-se os seguintes princípios de economia:

- Diminuição do diâmetro das tubulações de água gelada, sendo estas o elemento que representam o maior custo de instalação.
- Redução no custo de válvulas e acessórios hidráulicos;
- Restrição da vazão e a potência das bombas para metade da carga habitual;
- Redução do consumo de energia elétrica decorrente do bombeamento de água gelada pela metade da carga habitual. (CHUMIOQUE,2004)

Figura 11: Sistema típico de água gelada.



Fonte: Dorgan (1993)

Em um sistema de armazenamento de água gelada aproveita-se o calor sensível para armazenar energia térmica, conseguindo aplicar algumas variantes para o seu formato de armazenamento, por exemplo a estratificação, que é embasado na formação de camadas isoladas devido a diferença de densidade entre as diferentes temperaturas da água, a qual varia conforme tempo e descarga.

No arranjo de diafragmas, emprega-se uma membrana para preservar separadas os trechos da água fria e a de retorno.

Essa possibilidade de termoacumulação faz uso de um tanque de água que é resfriada a baixas temperaturas, normalmente no *set point* dos *chillers*, contudo nunca em temperaturas inferiores a 4°C.

Esse modelo de termoacumulação apresenta as seguintes vantagens:

- O *chiller* não necessita de duplo *set point*, além de operar em circunstâncias mais pertinentes por causa da alta temperatura do evaporador.
- Em relação a termoacumulação de gelo, possui um consumo elétrico menor, com economia na ordem de 10%, já que um *chiller* tem sua capacidade reduzida em 30% quando produz gelo;

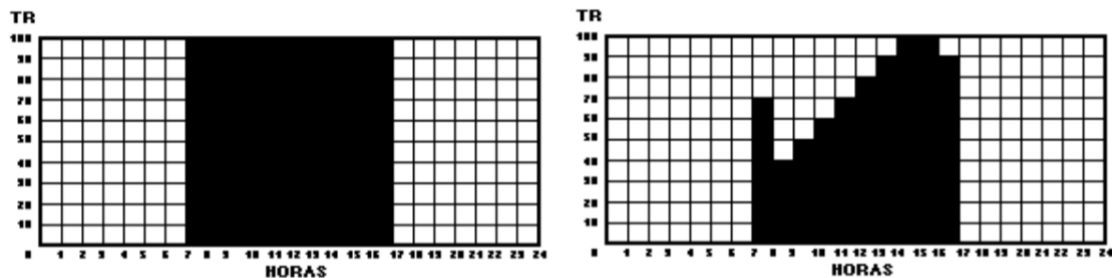
- Pode-se utilizar o tanque de água gelada para o sistema de *sprinkler* e hidrante, visto que o tanque possui um volume 50% maior do que o essencial para o combate a incêndio. (CHUMIOQUE,2004)

4.2.FORMAS DE ARMAZENAGEM

Há duas formas de realizar a termoacumulação, total ou parcial. A primeira é bastante indicada para ampliação ou otimização de sistemas de refrigeração já existentes, ao passo que a parcial convém as mais novas instalações, por possuir uma logística mais prática e mais econômica.

Em projetos convencionais de sistemas de refrigeração, as cargas térmicas são mensuradas em “Toneladas de Refrigeração” ou TR. A figura 12(a) representa a carga teórica de refrigeração perdurada por 10 horas de operação.

Figura 12: Carga teórica de refrigeração.



Fonte: Junior (2017)

(a)

(b)

Na realidade, nenhum sistema de climatização de empreendimentos comerciais opera com 100% da sua capacidade *full time*. A carga térmica atinge seu pico no período da tarde, entre 14:00 e 16:00 horas, no momento em que a temperatura ambiente está mais elevada. (CHUMIOQUE,2004)

Na figura 12(b) é representada o perfil característico da carga térmica de um empreendimento comercial durante o dia. Como pode-se perceber, o *chiller* em questão opera

em capacidade total apenas durante duas horas das 10 horas do ciclo de refrigeração. No decorrer das outras 8 horas, apenas uma parte do potencial total do *chiller* é requerida.

O fator de carga pode ser determinado como a relação entre a carga real de refrigeração e a capacidade total do *chiller*, isto é:

$$fator\ de\ carga = \frac{carga\ real}{carga\ total} \quad (6)$$

Logo, se o fator de carga é baixo, a eficiência de custo do sistema também é baixa.

Se dividirmos o total de TR.h produzidas pelo número de horas de operação, temos a Carga Média do empreendimento durante todo o ciclo de refrigeração. Se a carga do ar condicionado pudesse ser deslocada para um horário fora ponta ou equiparada com a Carga Média, poder-se-ia utilizar um *chiller* de menor potência, atingindo um fator de carga de 100%, aprimorando a eficácia do custo.

Para dimensionarmos o *chiller*, utilizamos a seguinte equação:

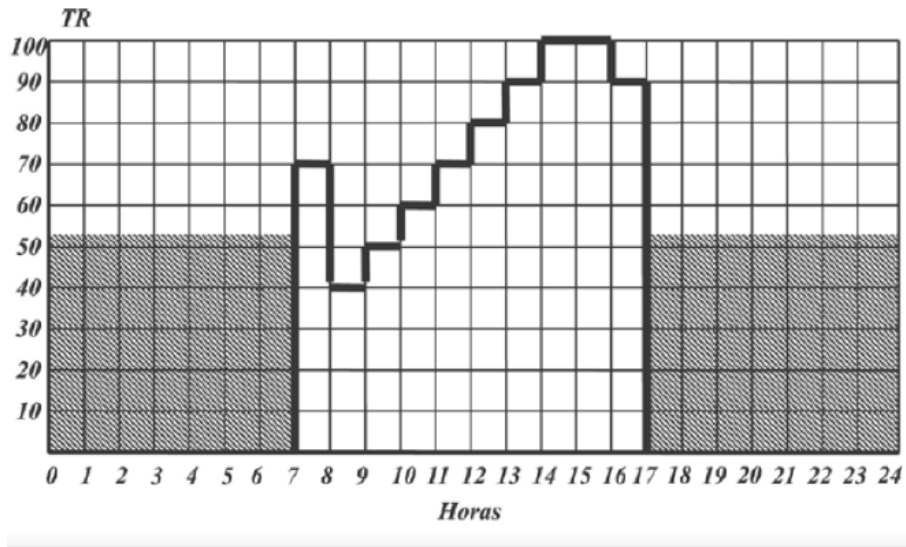
$$Cap\ chiller = \frac{carga\ total\ de\ resfriamento}{n^{\circ}\ de\ horas\ 'fazendo\ gelo' + n^{\circ}\ de\ horas\ refrigerando + 1,5} \quad (7)$$

Para regular o aumento da capacidade de refrigeração durante o dia em 50%, multiplica-se o número de horas refrigerando por 1,5. (CHUMIOQUE,2004)

4.2.1. Armazenagem Total

O sistema de armazenagem total põe o *chiller* para estocar gelo durante o período noturno, desativando-o durante o funcionamento do ar condicionado, que opera apenas como frio do banco de gelo para a refrigeração, ocasionando uma significativa redução dos custos de energia, tanto pela diminuição do pico de demanda quanto pela redução do consumo afastado dos períodos que possuem taxas mais altas. (CHUMIOQUE,2004)

Figura 13: Armazenagem total.

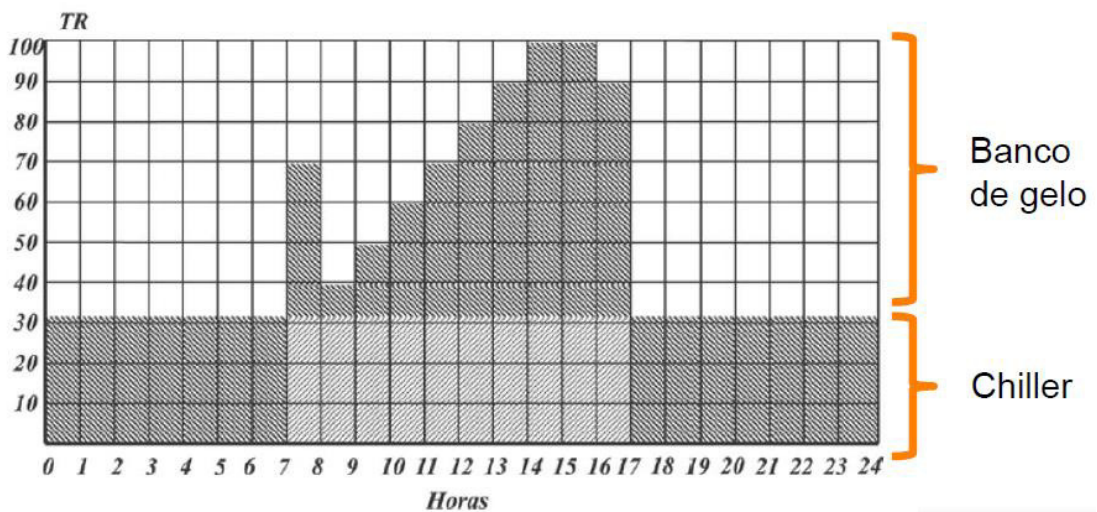


Fonte: Junior (2017)

4.2.2. Armazenagem Parcial

Nesse tipo de sistema, o *chiller* opera durante 24 horas/dia, refrigerando o ar condicionado durante o dia com a assistência do frio armazenado à noite, logo, a carga média torna-se a mais baixa possível, o consumo de energia é reduzido ainda mais e a capacidade total do *chiller* pode ser até duas vezes menor. (CHUMIOQUE,2004)

Figura 14: Armazenagem parcial.



Fonte: Junior (2017)

4.3.VOLUME TEÓRICO DE ARMAZANAGEM

A determinação do volume de água gelada a ser armazenada no tanque é bastante simples, contudo, um dos itens de cálculo mais importante deve ser definido antes da fase de dimensionamento do tanque, que é a representação da carga térmica diária para um dia característico.

Esta representação deverá ser definida com a maior precisão possível, preferivelmente com a utilização de softwares que possibilitem a combinação das inúmeras variáveis envolvidas, tais como meteorologia, da região, referências dos materiais construtivos, situação operacional do empreendimento, etc., de modo a alcançar o perfil mais próximo do real.

Da descrição da carga consegue-se informações importantes, por exemplo:

- A carga máxima prevista;
- A quantidade de horas de operação do sistema e de carga dos tanques;
- O montante das cargas que deverão ser levadas com a aplicação da termoacumulação;
- A capacidade mínima da Central de Frio a ser aplicada.

Tal volume pode ser definido pela fórmula:

$$V = \frac{TR.h}{\Delta T} \quad (8)$$

Onde V representa o volume teórico de acumulação, $TR.h$ indica a carga térmica a ser acumulada e ΔT define o diferencial de temperatura da água gelada. (CHUMIOQUE,2004)

5. PLANTA DA CAG DO SHOPPING CENTER

5.1.INTRODUÇÃO

O Shopping Center possui quatro (04) pavimentos, sendo este formado por um subsolo, ocupado basicamente por estacionamento; dois pavimentos formados por lojas âncoras, lojas satélites e o mall do shopping e o último pavimento sendo constituído pela praça de alimentação.

Os sistemas propostos visam atender as seguintes áreas: lojas satélites, lojas de alimentos (lanchonetes, restaurantes etc.) e mini-âncoras; todo mall e praças do shopping (praça de alimentação, praça de eventos etc.); a administração do shopping e os banheiros. Vale salientar que as lojas âncoras e cinemas possuem sistema de ar condicionado totalmente independente, fornecido e instalado pelo lojista.

Basicamente os sistemas que foram instalados são:

- Sistema de geração de frio composto por uma central de água gelada (CAG), dotada de termoacumulação de água gelada.
- Sistema de distribuição de água gelada para as lojas, condicionadores de ar do mall e praças.
- Sistema de condicionamento de ar do mall e praças.
- Sistema de condicionamento de ar independente para a administração do shopping.

O sistema de geração de frio (Central de Água Gelada – “CAG”) atende a todo o empreendimento (com exceção as lojas indicadas anteriormente). O sistema é dotado de características que possibilitem, futuramente:

- A sua ampliação de capacidade para atendimento da expansão do shopping.
- Que as ampliações de capacidade acima descritas sejam realizadas mantendo-se a filosofia operacional inicial do sistema, ou seja, sistema de termo-acumulação de água. As ampliações de capacidade serão efetuadas com a instalação de novas unidades resfriadoras de líquidos acionadas eletricamente.

Para possibilitar a ampliação futura de capacidade, o sistema possui esperas para instalação de novas unidades resfriadoras de líquidos, dotadas de condensadores esfriados a ar, bombas primárias de água gelada e bombas secundárias de água gelada.

A CAG está localizada no terceiro piso do shopping, ao lado da praça de alimentação, sendo composta basicamente pelos seguintes equipamentos na fase inicial de sua implantação:

- Três (03) unidades resfriadoras de líquidos, dotadas de condensadores resfriados a água.
- Quatro (04) bombas para circulação de água gelada, sendo uma reserva, as quais compõem o circuito primário de bombeamento.
- Três (03) bombas para circulação de água gelada, sendo uma reserva, as quais compõem o circuito secundário de bombeamento do shopping.
- Quatro (04) bombas para circulação de água de condensação, sendo uma reserva.
- Seis (06) torres de arrefecimento.
- Um (01) tanque de termo-acumulação de água gelada.
- Um (01) quadro elétrico geral.
- Sistema de controle da central de água gelada.

Em função do uso de termoacumulação, a capacidade total de geração de frio da central de água gelada é de 1215 TR (capacidade total das unidades resfriadoras - Fase 1). Este sistema de geração de frio é complementado por um tanque de armazenamento de água gelada, com capacidade total para 3.860.000 litros, que amplia a capacidade frigorígena do sistema para aproximadamente 2.050 TR, que corresponde a carga térmica máxima simultânea a ser combatida para atendimento do shopping (sem a expansão do shopping), já considerando os fatores de diversificação de uso normalmente utilizados em sistemas equivalentes.

Encontram-se previstos na CAG, espaços para instalação futura de equipamentos, de modo a atender a área de expansão do shopping. Estes equipamentos serão conectados aos pontos de espera previstos na tubulação da CAG, ampliando assim a capacidade da mesma.

As tubulações da CAG encontram-se dimensionadas para absorver tal ampliação, quando os seguintes equipamentos deverão ser instalados:

- Duas (02) unidades resfriadoras de líquidos, dotadas de condensador resfriado a água.

- Três (03) bombas para circulação de água gelada, sendo uma reserva as quais irão compor o circuito primário de bombeamento das novas unidades resfriadoras.
- Três (03) bombas para circulação de água gelada, sendo uma reserva, as quais irão compor o circuito secundário de bombeamento de água gelada para atendimento da expansão do shopping.
- Três (03) bombas para circulação de água de condensação, sendo uma reserva.
- Seis (06) torres de arrefecimento.
- Um (01) quadro elétrico geral.
- Ampliação do sistema de controle da central de água gelada.

O tanque de água gelada encontra-se dimensionado para também atender a expansão do shopping, sendo suas árvores de distribuição de água dimensionadas para a condição mais crítica (operação no horário de ponta).

5.2.CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS BÁSICAS

As unidades resfriadoras atendem ao shopping durante o período diurno, auxiliadas pelo tanque de água gelada. Durante o período noturno realizam o carregamento do referido tanque.

A água gelada armazenada deverá ser usada no decorrer do dia, complementado a capacidade frigorígena da central de frio, nos momentos em que a capacidade de produção das unidades resfriadoras for inferior a capacidade requerida pelo empreendimento. O sistema ainda possibilita o desligamento da central de frio (unidades resfriadoras e bombas primárias de água gelada) durante as três (03) horas de ponta, período em que a tarifa de energia elétrica é mais elevada.

A operação da CAG é totalmente automática, através de seu sistema de controle e operação, onde todos os equipamentos são comandados (ligados e desligados) automaticamente, em função da programação horária e/ou carga térmica a ser combatida.

5.3.SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA GELADA

Este sistema tem como objetivo o suprimento de água gelada para todos os condicionadores de ar do shopping, e ele é dotado de bombas para circulação de água gelada, as quais operam acionadas por variadores de frequência.

O sistema de controle comanda a operação dos variadores de frequência, ajustando a rotação das bombas às necessidades do sistema, variando a vazão de água bombeada em função da carga térmica a ser combatida.

A distribuição de água gelada é realizada através de um anel hidráulico, que atende a todos os condicionadores de ar abastecidos por este sistema (lojas, mall e praças).

A tubulação hidráulica (alimentação e retorno) é provida de registros de bloqueio e drenagem (conforme indicado nos desenhos do projeto), de forma a facilitar a manutenção ou modificação do sistema, possibilitando a drenagem somente de parte da tubulação, no trecho em que será efetuada a intervenção.

Em cada ponto de consumo (condicionador de ar ou ponto de espera localizado junto às lojas), previu-se registros e acessórios diversos, de acordo com o definido nos desenhos e nos demais itens desta especificação.

5.4.PREMISSAS DE CÁLCULO

- Localização da Obra.

- Fortaleza – CE.
- 3,8 Graus Latitude Sul.
- 38,6 Graus Longitude Oeste.
- Altitude: nível do mar.

- Condições Psicrométricas Externas do Projeto

- Temperatura de bulbo seco 89,9 °F (32,2 °C).
- Temperatura de bulbo úmido 79,7 °F (26,5 °C).
- Daily Range 10,6 °F (5,9°C).

- Condições Psicrométricas Internas de Projeto.

Para as áreas atendidas pelo sistema de ar condicionado, foram adotadas as seguintes condições internas de projeto:

- Temperatura de bulbo seco 75 °F (24 °C).
- Umidade relativa (não controlada) 50 %.

- Carga Elétrica Total das Lojas Satélites.

Para as lojas “satélites” considerou-se no cálculo de carga térmica uma carga elétrica total de 105 w/m², incluindo letreiros, vitrines, iluminação interna, equipamentos, condicionador de ar etc.

Taxa de Iluminação (já incluído o reator).

- Lojas de Alimentos 35 watts/m².
- Mega Lojas 60 watts/m².
- Lojas Âncora 50 watts/m².
- Praça de Alimentação 35 watts/m².
- Mall e Praças Diversas 20 watts/m².
- Administração 20 watts/m².

Taxa de Equipamentos.

- Lojas de Alimentos até 50 m² 60 watts/m².
- Lojas de Alimentos acima de 50 m² 40 watts/m².
- Mega Lojas 5 watts/m².
- Lojas Âncora 5 watts/m².
- Praça de Alimentação 15 watts/m².
- Mall e Praças Diversas 15 watts/m².
- Administração 15 watts/m².

Taxa de Ocupação.

- Lojas de Alimentos até 50 m² 4,0 m²/pessoa.
- Lojas de Alimentos acima de 50 m² 3,0 m²/pessoa.
- Lojas Satélites 4,0 m²/pessoa.
- Mega Lojas 5,0 m²/pessoa.

- Lojas Âncora 6,0 m²/pessoa.
- Praça de Alimentação 1,7 m²/pessoa.
- Mall e Praças Diversas 8,0 m²/pessoa.
- Administração 8,0 m²/pessoa.

- Vazão de Ar Exterior.

Para cada região, foi adotado o maior valor entre as formas de cálculo abaixo indicadas, sendo o cálculo que toma por base a taxa de ocupação efetuado de acordo com as normas brasileiras ABNT NBR 16401 – Nível 2:

- Lojas de Alimentos 17 CFM/pessoa ou 3,5 renovações/hora.
- Lojas Satélites 17 CFM/pessoa ou 1,0 renovação/hora.
- Lojas Mega Loja 19 CFM/pessoa ou 1,0 renovação/hora.
- Lojas Âncora 20 CFM/pessoa ou 1,0 renovação/hora.
- Praça de Alimentação 14 CFM/pessoa ou 2,0 renovações/hora.
- Mall e Praças 17 CFM/pessoa ou 1,0 renovação/hora.
- Administração 16 CFM/pessoa ou 1,5 renovações/hora.

5.5.CARGA TÉRMICA

5.5.1. Sistema de Expansão Indireta.

Para sistema de água gelada que atende ao shopping (exceto áreas administrativas e demais sistemas independentes), seguem abaixo os valores referentes à área condicionada e carga térmica a ser combatida.

No valor da carga térmica já foram considerados os fatores de diversificação de uso, normalmente encontrados em sistemas equivalentes.

- Área condicionada total 35.680 m²
- Carga máxima simultânea 2.050 TR.

5.5.2. Sistema de Expansão Direta.

Para sistema de expansão direta que atende às áreas administrativas do shopping, obtivemos os valores abaixo:

- Área condicionada total 887,4 m².
- Carga máxima simultânea 51 TR.

6. PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA CAG

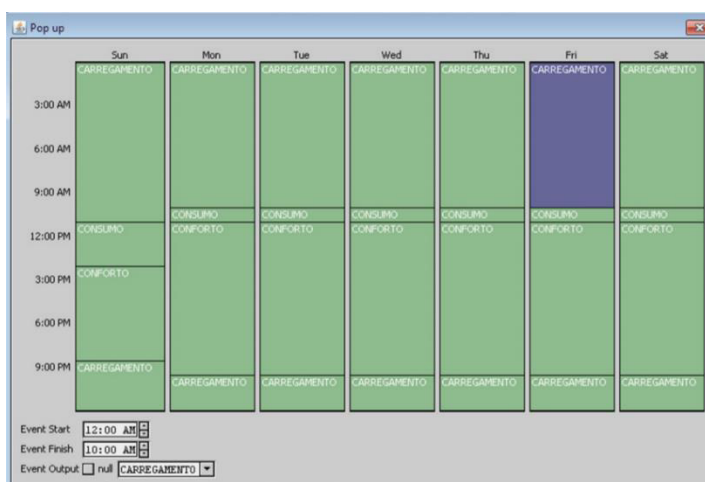
Como o sistema de climatização e condicionamento de ar é o maior consumidor de energia do empreendimento, o projeto de eficiência visou trabalhar inicialmente nesse conjunto. Para isso, foi criado rotinas de medição de variáveis, que tem como objetivo o monitoramento do consumo de energia elétrica, com a adoção de novas tecnologias e procedimentos.

Inicialmente, foi feito um trabalho de gestão das contas de energia elétrica, onde verificou-se a possibilidade de ultrapassagem de demanda e, com isso, pode-se identificar que esse evento ocorreu em alguns meses.

Planejando um melhor equilíbrio de carga do sistema, percebeu-se que a melhor forma de interferência seria na entrada de cargas da CAG, então foi realizado vários testes até definir a programação horária do sistema.

Existem três tipos de operações: carregamento, conforto e consumo. No carregamento, os *chillers* trabalham para termoacumular a água gelada presente no tanque; no conforto, são utilizadas as águas geladas provenientes do tanque e do *chiller*; já no consumo, é aplicada à água armazenada no tanque, sem operação nenhuma dos *chillers*. Essas três ações compõe todo o cronograma de trabalho da CAG e o projeto de eficiência propôs uma melhor disposição dessas atividades. Todo esse controle é realizado através do software Scada Elipse da empresa Johnson Controls. Antes da modificação, a programação horária implantada era a seguinte:

Figura 15: Programação horária da CAG antes do projeto de eficiência.

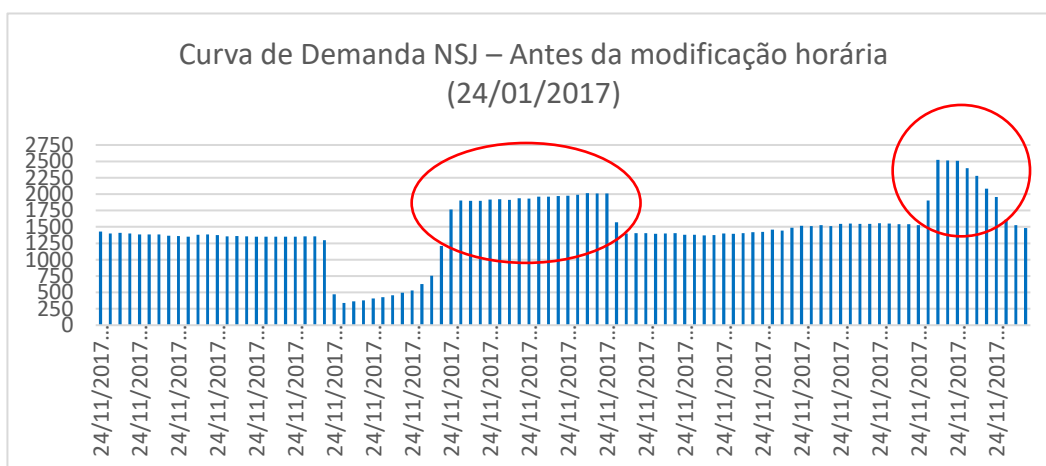


Fonte: Scada Elipse (2019)

A princípio, a fase de carregamento iniciava-se imediatamente após o fechamento do shopping, às 22:00 e perdurava até a abertura no outro dia, às 10:00 horas. De 10:00 às 11:00, entrava a fase de consumo, onde o fornecimento de água gelada era feita apenas pelo tanque e servia para resfriar todo o sistema antes da partida dos *chillers*, visando diminuir o impacto térmico; entre 11:00 até 22:00 horas, operava a fase de conforto, que era quando o *chillers* e a termoacumulação trabalhavam juntos por se tratar do período mais quente do dia.

O principal problema dessa programação era que, haviam horários que boa parte das cargas do shopping estavam ativas funcionando juntamente com os *chillers*, causando ocasionalmente, uma ultrapassagem da demanda contratada, gerando um custo adicional da fatura de distribuição, conforme curva de demanda a seguir:

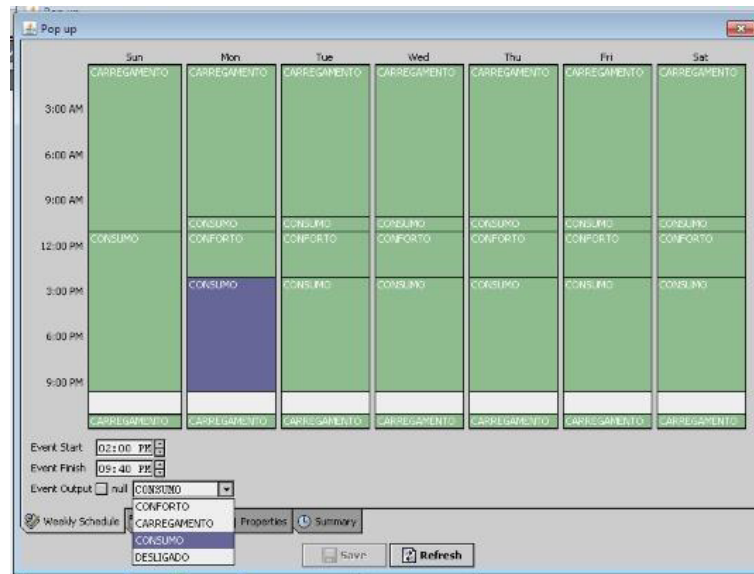
Figura 16: Curva de demanda antes da modificação na programação horária.



Fonte: Autoria própria (2019)

Com isso, foi realizado um estudo e definido uma nova programação horária da CAG, tendo em vista sanar as inconformidades apresentadas. O novo cronograma da CAG está definido a seguir:

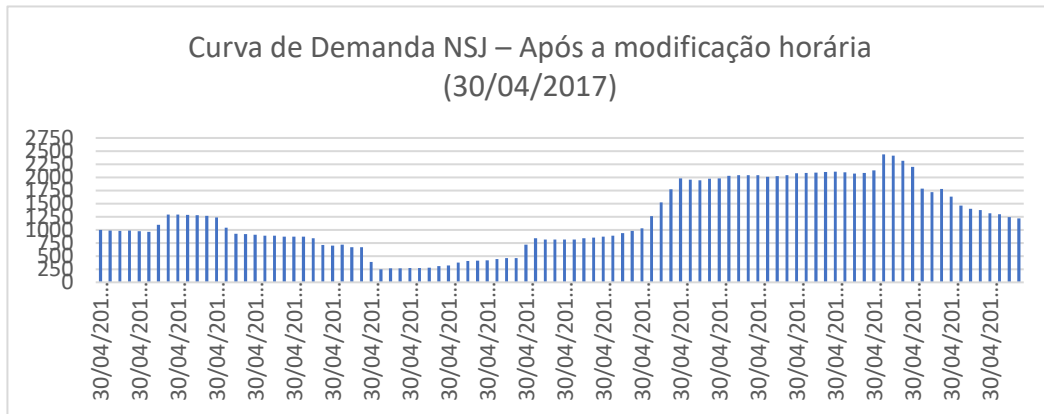
Figura 17: Nova programação horária da CAG.



Fonte: Scada Elipse (2019)

Nesse novo planejamento, a fase de carregamento inicia-se às 23:00 horas e vai até 10:00 horas do dia seguinte; das 10:00 às 11:00 opera a fase de consumo; das 11:00 até as 14:00 horas entra a fase de conforto, onde o condicionamento do ar é feito pela água gelada através *chiller* e a proveniente do tanque, porém, na programação atual, a operação desse *chiller* também contribui na termoacumulação. Em seguida, entra novamente a fase de consumo, trabalhando só com o tanque das 14:00 até as 21:40. Após isso, todo o sistema fica inoperante até as 23:00, já que todas as lojas já estarão fechadas e, caso algum estabelecimento queira operar, o ambiente já está climatizado e o *fan-coil* pode utilizar a água gelada presente na rede. Então, as 23:00 horas o sistema é religado e volta a termoacumular o tanque. Isso garante que o shopping não vá operar com carga total, evitando a ultrapassagem de demanda e reduzindo o consumo no horário de ponta, conforme podemos validar conforme a curva de carga a seguir:

Figura 18: Curva de demanda após modificação na programação horária.



Fonte: Autoria própria (2019)

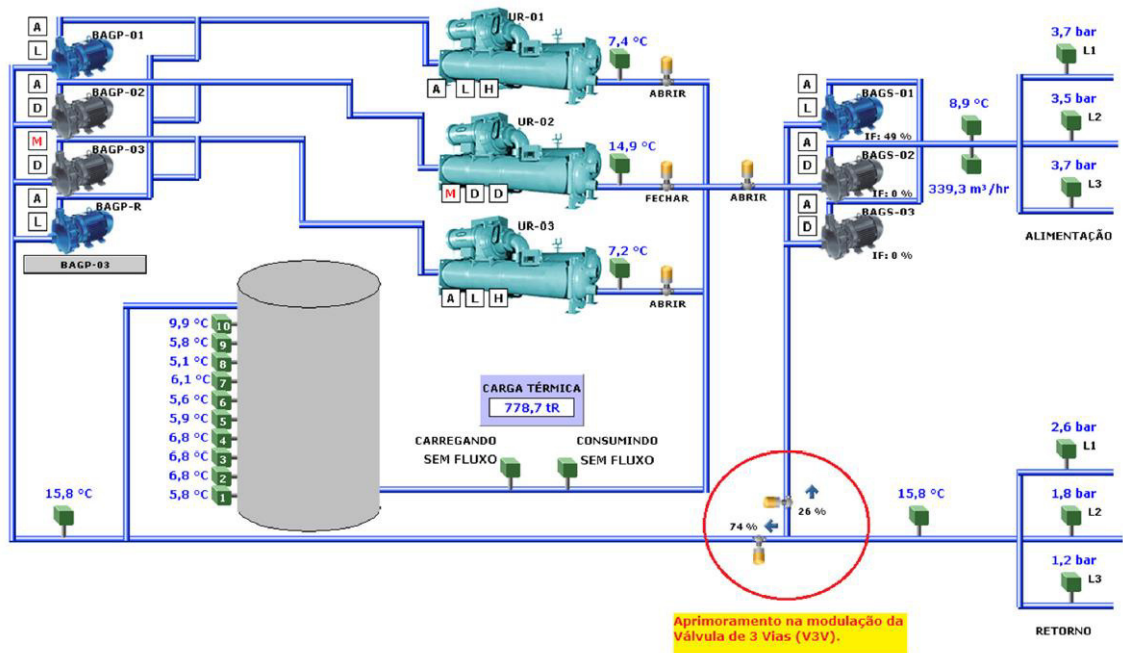
Outra variável a ser observada foi o diferencial de temperatura entre a água que saí do tanque e a água de retorno. Ocorre que, o ideal é que o ΔT entre eles seja de 10°C , porém, essa variação estava em torno de 8°C , chegando até a $7,5^{\circ}\text{C}$, ou seja, existia um desperdício de energia térmica que voltava para o condicionamento sem ser utilizada.

Para isso, duas medidas foram tomadas: a primeira foi a redução do *setpoint* de saída de água gelada de 6°C para $7,5^{\circ}\text{C}$. Assim, garantimos que o ΔT seja o mais próximo possível de 10°C e garanta o conforto térmico adequado. Após essa alteração no *setpoint*, foram realizadas diversas medições e verificou-se que a sensação térmica continuou agradável.

A segunda medida foi a realização de ajustes nos parâmetros de atuação da válvula de retorno de água V3V (três vias) com a modificação do ponto de controle.

A válvula de três vias ou V3V tem como função misturar dois fluidos, cada um com uma proporção diferente, ponderação essa definida no controle do atuador que é responsável pela abertura ou fechamento das entradas da válvula. O atuador da válvula de três vias instalado no ponto de retorno do sistema reconsidera qual percentual dessa água volta para o *chillers* ou para a termoacumulação e qual parcela regressa para o shopping, dependendo da temperatura registrada. Se a água de retorno estiver com temperatura menor que $17,5^{\circ}\text{C}$ (a água sai do tanque com $7,5^{\circ}\text{C}$ e, de acordo com a eficiência do sistema, ela deve voltar com uma diferença de 10°C , logo $17,5^{\circ}\text{C}$), parte dela retorna ao sistema, agregando a água proveniente do tanque, mantendo a temperatura ideal.

Figura 19: Esquema da CAG do shopping center.



Fonte: Scada Elipse (2019)

7. RESULTADOS

O projeto de eficiência foi implantado no final de junho de 2017 e, desde então, foi realizado o monitoramento dos consumos dos *chillers* e das bombas das CAG a fim de fazer um levantamento da real eficiência com o estabelecimento do projeto.

7.1. TRATAMENTO DOS DADOS

A base de dados foi obtida através da coleta mensal da leitura de energia em cada equipamento. Todos esses equipamentos possuem medidores individuais de energia e, através deles, obteve-se, mensalmente, os consumos de energia dos mesmos. Foram realizadas medições nos três *chillers* e no conjunto de bombas tanto do tanque de água gelada quanto da torre de resfriamento. Para um melhor comparativo, contrapôs-se os dados durante os anos de 2016 a 2018, vislumbrando os cenários antes e depois da efficientização.

7.2. ANÁLISE DOS DADOS

Durante todo esse período coletou-se essas leituras a fim de possuímos mensalmente os dados de consumo dos maquinários. Dessa forma, organizamos as informações obtidas nas tabelas abaixo:

Tabela 6: Consumos dos chillers e bombas durante o ano de 2016.

2016	Item	Equipamentos	Und.	jan/16	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	jun/16	jul/16	ago/16	set/16	out/16	nov/16	dez/16
	1	Bomba e Torre CAG	kWh	95.258	86.027	91.952	94.816	93.295	102.102	94.459	94.364	93.116	94.634	100.650	94.350
2	CHILLER UR 01	kWh	82.717	79.894	79.264	83.420	81.895	90.393	90.052	75.387	77.368	77.502	88.301	86.364	
3	CHILLER UR 02	kWh	81.796	67.014	78.367	76.671	77.426	79.925	65.649	71.568	77.364	76.405	86.548	80.296	
4	CHILLER UR 03	kWh	123.439	101.379	108.103	109.098	106.475	116.151	108.121	104.657	98.741	102.597	108.481	103.510	
TOTAL CONSUMIDO				383.210	334.315	357.686	364.005	359.091	388.571	358.281	345.976	346.590	351.139	383.980	364.521

Fonte: Autoria própria (2019)

Tabela 7: Consumos dos chillers e bombas durante o ano de 2017.

2017	Item	Equipamentos	Und.	jan/17	fev/17	mar/17	abr/17	mai/17	jun/17	jul/17	ago/17	set/17	out/17	nov/17	dez/17
	1	Bomba e Torre CAG	kWh	103.860	111.140	88.921	98.705	91.036	94.815	86.553	87.360	79.463	72.201	85.419	84.753
2	CHILLER UR 01	kWh	86.132	91.269	79.235	76.195	102.160	54.534	71.161	83.864	79.644	74.954	79.863	82.864	
3	CHILLER UR 02	kWh	84.630	85.846	61.895	85.500	108.073	95.813	67.917	61.784	60.486	53.037	74.451	83.248	
4	CHILLER UR 03	kWh	112.927	114.555	93.765	95.732	30.684	111.566	98.173	91.059	82.969	81.087	94.288	92.931	
TOTAL CONSUMIDO				387.548	402.810	323.815	356.132	331.953	356.728	323.805	324.067	302.561	281.278	334.021	343.797

Fonte: Aatoria própria (2019)

Tabela 8: Consumos dos chillers e bombas durante o ano de 2018.

	Item	Equipamentos	Und.	jan/18	fev/18	mar/18	abr/18	mai/18	jun/18	jul/18	ago/18	set/18	out/18	nov/18	dez/18
2018	1	BOMBA TORRE CAG	kWh	90.204	84.389	72.662	81.107	71.621	77.692	70.267	53.240	71.190	71.662	89.904	60.800
	2	CHILLER UR 01	kWh	80.471	91.856	72.990	77.853	65.506	67.832	59.557	46.601	62.926	113.391	37.522	62.764
	3	CHILLER UR 02	kWh	91.911	84.263	66.794	78.045	65.229	71.392	65.182	49.334	66.225	68.253	68.926	76.573
	4	CHILLER UR 03	kWh	100.420	81.770	73.139	73.343	66.149	71.350	65.616	49.738	67.559	67.685	87.623	61.881
	TOTAL CONSUMIDO				363.007	342.278	285.584	310.348	268.504	288.266	260.622	272.464	267.900	320.992	283.974

Fonte: Aatoria própria (2019)

A fim de mensurar a eficiência do sistema, vamos analisar dois comparativos: o primeiro contemplando consumo durante 12 meses entre julho de 2016 e junho de 2017, que foi quando houve a implantação do sistema, contra julho de 2017 e junho de 2018; e o segundo considerando de janeiro a dezembro de 2016 e janeiro a dezembro de 2018, para efeito de sazonalidade.

No primeiro comparativo, obteve-se o somatório de consumo de 4.309.473 kWh para o período referente entre julho de 2016 a junho de 2017; no período entre julho 2017 a junho de 2018 o somatório foi de 3.7675.17 kWh consumidos. Já o somatório dos consumos de todo ano de 2016 foi 4.337.363 kWh e 3.525.958 kWh é o valor referente ao consumo de todo ano de 2018.

Analisando o primeiro comparativo a partir do somatório dos valores obtidos, pode-se observar que o consumo de energia durante os doze meses a partir da implantação do projeto foi 12,58% menor do que o mesmo período anterior ao plano de eficiência. Já considerando o segundo comparativo, obtivemos uma redução de 18,71% em 2018 em relação a todo ano de 2016. Vale salientar que, mesmo havendo um aumento considerável nas cargas instaladas durante esses dois anos, ainda houve uma economia crescente em 2018. Pode-se verificar que, no próprio ano de 2017, houve uma redução considerável do consumo por parte da CAG, como está demarcado na tabela 7.

Assumindo a tarifa de distribuição para o cliente em questão de 0,05268 kWh e projetando o que foi reduzido para o ano de 2018, houve uma economia em torno de 30 mil reais no ano. Vale salientar que não houve custos para a implantação do projeto, já que o mesmo se trata de ajustes na operação.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROJETOS FUTUROS

Sabendo que os sistemas de refrigeração são responsáveis por agregar os maiores custos ao empreendimento, foi possível comprovar, ao fim desse estudo, a importância da implantação do plano de eficiência energética dentro de uma empresa, em especial aquelas que possuem sistemas de climatização de grande porte.

Além de um projeto de eficiência, é importante que seja realizada periodicamente a manutenção de todos os equipamentos pertencentes ao sistema, a fim de sanar qualquer inconformidade que possa impactar na operação.

A fim de conduzir um estudo mais robusto, iniciou-se o processo de análise das contas de energia entre os anos de 2016 a 2018, com o intuito de verificar as possíveis ultrapassagens de demanda e dos consumos reativos excedentes, contudo não foi possível pois muitos outros fatores interferiram nessas variáveis, como a presença de operações externas que causaram um aumento na demanda contratada e um consumo excessivo no horário de ponta.

Conclui-se que, através dos resultados obtidos, houve uma considerável redução de consumo de energia elétrica por parte do sistema de refrigeração, impactando diretamente nos custos condominiais. Essa economia é ainda mais louvável pelo fato que, para a introdução do projeto, não houve custos adicionais de implantação, pois o mesmo se trata apenas de melhorias na operação.

Como sugestão para trabalhos futuros, são propostas algumas ações de eficiência que possam reduzir o custo da operação. Uma delas seria realizar um estudo para a economia no consumo da água. Como ela deve ser livre de impurezas, iniciou-se a implantação de um sistema de osmose reversa a fim de deixar essa água mais própria para operação, a fim de evitar possíveis incrustamentos nas tubulações ou até mesmo nos equipamentos. Outra ideia seria utilizar a água proveniente da condensação dos *fan-coils* para a irrigação ou limpeza das áreas comuns.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR 16401-1. **Instalações de ar condicionado - Sistemas centrais e unitários. Parte 1: Projeto de instalações**, Rio de Janeiro, RJ, 2008.

ALFATERM. **Torres de resfriamento de água**, 2017. Disponível em: <<http://www.alfaterm.com.br/equipamento-torre-resfriamento>>. Acesso em: 02 Maio 2019.

AMBIENTE, M. D. M. **Ar condicionado: guia prático sobre sistemas de água gelada**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília. 2017.

ANDREOTTI, T.; DINIZ, P. D. A. J.; SOUZA, M. P. H. D. **Termoacumulação Aplicada a Sistemas de Refrigeração**. Termoacumulação Aplicada a Sistemas de Refrigeração. Campina Grande, PB: [s.n.]. 2010.

BRAIN, M. **Como funciona o ar condicionado**. Disponível em: <http://www.refrigeracao.net/ar_condicionado/caixa_ar_condicionado.htm>. Acesso em: 25 Abril 2019.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS, F. **Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial**. ELETROBRÁS. Rio de Janeiro. 2005.

CHUMIOQUE, J. J. R. Simulação de um Sistema de Refrigeração com Termoacumulação Operando em Regime Transiente, Rio de Janeiro, 11 Novembro 2004. 22-33.

DEL'ANTONIO, T.; NOVENTA, D. R.; FERES, M. A. Sistemas de refrigeração por meio de água gelada. **Ensaio e Diálogos**, Rio Claro, SP, v. 10, n. 1, p. 197-224, Janeiro 2017.

DORGAN, C. E.; ELLESON, J. S. **Design Guide for Cool Thermal Storage**. [S.l.]: ASHRAE, 1993.

HITACHI. Overhaul dos Compressores Parafusos. **Boletim Técnico BT RCU 107 i**, Agosto 2018. Disponível em: <http://www.jci-hitachi.com.br/static/site/files/boletim_20180808041846.pdf>. Acesso em: 02 Maio 2019.

JUNIOR, J. C. D. M. V. **Sistemas de refrigeração - Parte II**, 2017. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3587168/mod_resource/content/1/SEL0437_Aula11_Refrigeracao_parte02.pdf>. Acesso em: 18 Maio 2019.

PENA, S. M. Sistemas de Ar Condicionando e Refrigeração. **PROCEL**, n. 1, Julho 2002.

QUEIROZ, P. V. S. D. Temoacumulação: alternativa tecnológica para eficiência energética. **Mensuração do consumo de energia elétrica: algoritmo para detecção de potenciais usuários de temoacumulação como alternativa para deslocamento de carga**, Rio de Janeiro, 19 Setembro 2011. 49-54.

SILVA, J. D. C. **Refrigeração comercial e climatização industrial**. 1. ed. São Paulo: Leopardo, 2006.

SILVA, J. G. D. **Introdução à tecnologia de refrigeração e da climatização**. 2. ed. São Paulo: Artiliber, 2010.

VIEIRA, F. A. Fundamentos da Termoacumulação. **Termoacumulação: avaliação regulatória de uma alternativa eficaz para a melhoria do fator de carga.**, Rio de Janeiro, 04 Maio 2009. 36-52.

VOLTANI, E. R. **Ar condicionado para arquitetura**. Disponível em: <http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0190/Anos%20anteriores/Palestra_Ar_Condicionado.pdf>. Acesso em: 22 Abril 2019.

10. ANEXOS

Figura 20: Bombas primárias de 123m³/h.



Fonte: Aatoria própria (2019)

Figura 21: Bombas secundárias de 310 m³/h.



Fonte: Aatoria própria (2019)

Figura 22: Conjunto de chillers.



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 23: Fancoil da casa de máquinas.

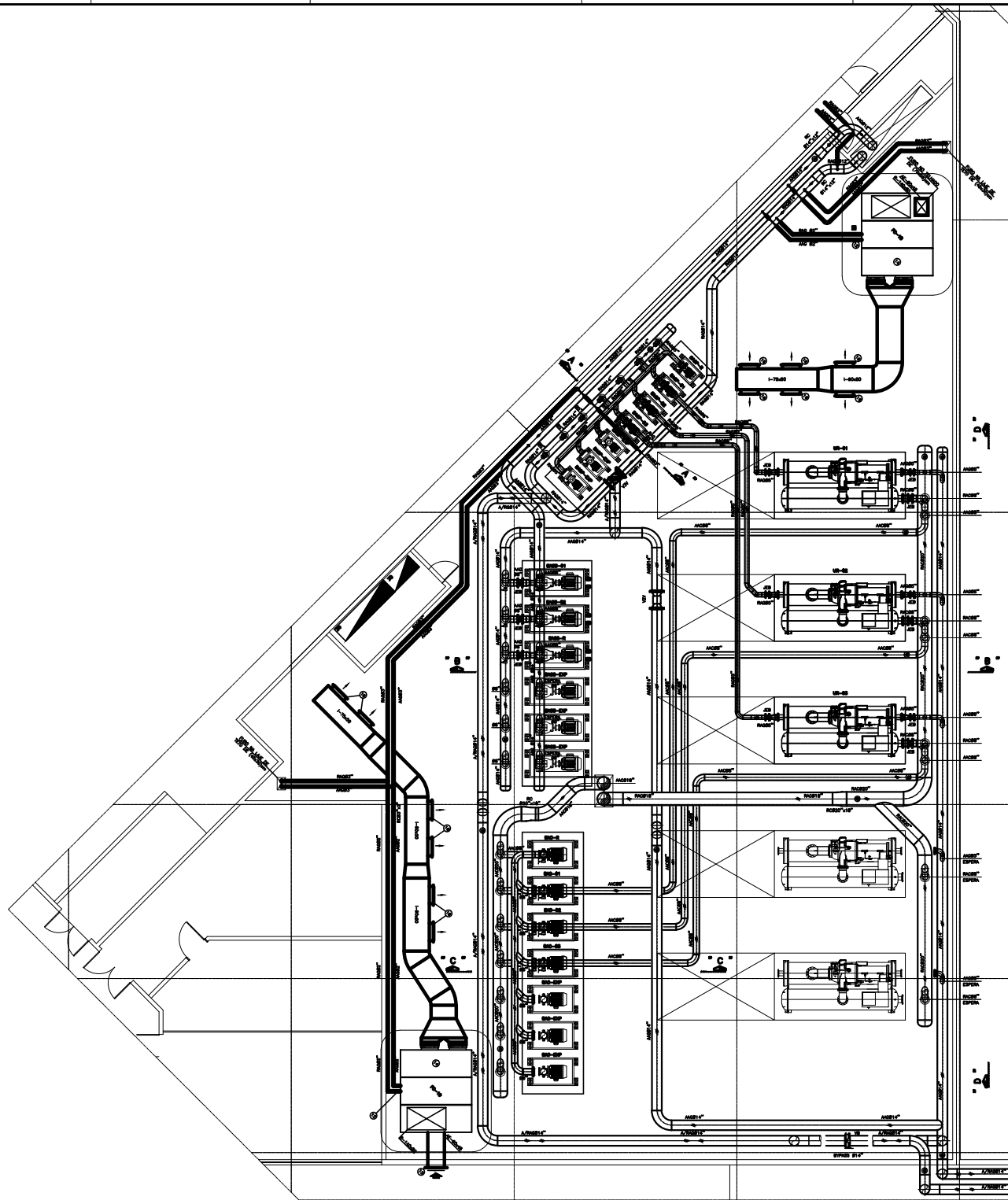


Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 24: Tanque de termoacumulação.



Fonte: Autoria própria (2019)



DESENHOS DE REFERENCIA

DISCIPLINA	ARQUIVO	REVISÃO	PROJETISTA
AR CONDICIONADO	PAR-ACV-PE-024-PAL3-R00	R00	VEITOR

Revisão N°	Data	Aprovado	Descrição
00	24/10/12	JSS	PROJETO EXECUTIVO - EMISSÃO INICIAL
01	19/06/13	JSS	LAYOUT BARRILETE SECUNDÁRIO
02	01/08/13	JSS	INCLUSÃO TUBULAÇÃO (LOJA 3001)
03	23/08/13	JSS	CARGA TÉRMICA LOJA 3001 MODIFICADA
04	01/11/13	EDUARDO	PROJETO AS BUILT

AS BUILT

Declaramos que este desenho representa o serviço conforme efetivamente construído por esta empresa.

ENGEº Antonio Domingos Uehara
Crea nº 204665/PR-04

ANCAR IVANHOE
SHOPPING CENTERS

N. SHOPPING JÓQUEI
FORTALEZA - CE

Vedor Consultoria e Projetos de Engenharia Ltda.

R. LUIZ GOMES, 100 - JARDIM - 13070-000 - SÃO JOÃO DEL REI - SP
Fone: (11) 4004-1000 - Fax: (11) 4004-1001 - E-mail: vedor@vedor.com.br

Etapa **AS_BUILT**

Título
**SISTEMA DE AR CONDICIONADO E VENTILAÇÃO MECÂNICA
CENTRAL DE ÁGUA GELADA
PLANTA CAG**

REFERÊNCIAS: Arq. Cad. Número do desenho

Desenhista: Verificação
GBL EDUARDO
ESCALA: 1:75
Data: 24/10/2012

ACV PAR-ACV-AB-024-CAG-R04

DISCIPLINA	ARQUIVO	REVISÃO	PROJETISTA
AR CONDICIONADO	PAR-ACV-PE-024-PAL3-R00	R00	VEITOR

