

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PECE – PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA EM  
ENGENHARIA

ESPECIALIZAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS, GERAÇÃO  
DISTRIBUÍDA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Adriano Date

Análise de viabilidade para projeto de District Cooling (Retrofit e  
unificação de centrais de água gelada) em um complexo  
comercial da cidade de São Paulo

SÃO PAULO

DEZEMBRO DE 2020

ADRIANO DATE

PECE – PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA EM  
ENGENHARIA

Análise de viabilidade para projeto de District Cooling (Retrofit e  
unificação de centrais de água gelada) em um complexo  
comercial da cidade de São Paulo

Monografia apresentada ao Programa de  
Educação Continuada da escola Politécnica  
da Universidade de São Paulo como requisito  
parcial para a obtenção do título de  
Especialista em Energias Renováveis,  
Geração Distribuída e Eficiência Energética.

Orientador: Eduardo Seiji Yamada

Área de concentração: Eficiência Energética e  
Sustentabilidade

SÃO PAULO

DEZEMBRO DE 2020

## FICHA CATALOGRÁFICA

Date, Adriano

Análise de viabilidade para projeto de District Cooling (Retrofit e unificação de centrais de água gelada) em um complexo comercial da cidade de São Paulo/ Date, Adriano. — São Paulo, Universidade de São Paulo, 2020.

99 páginas.

Monografia (Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética) –Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. PECE – Programa de Educação Continuada, São Paulo, SP, 2020.

Orientador: Professor Eduardo Seiji Yamada.

1. Ar Condicionado. District Cooling. Eficiência. Real Estate. Retrofit. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia

*Para Fabíola. Por ela e com ela, sempre. Para Murilo, Alice e Maria Eduarda.  
Para hoje e para seus futuros longevos, prósperos e sustentáveis.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Eduardo Seiji Yamada, orientador, por seu papel fundamental no apoio técnico, organizacional, moral e emocional para a concretização deste trabalho.

À Professora Virgínia Parente, que tanto me orientou nos últimos meses e tanto incentivou a participação em palestras e oportunidades.

Ao Consultor Leonilton Tomaz Cleto e ao Engenheiro Marcelo Kikunaga, por sua monumental contribuição na concepção deste trabalho.

À Dra. Rafaella Pagnussat, responsável pelo Departamento Jurídico do WTC-SP e aos Engenheiros Rodrigo Oliveira e Winston Hamaji, da Administração do WTC-SP.

À Elena Gonzalez e à Hines Interests Limited Partnership por sua colaboração com dados técnicos e operacionais do mercado de Real Estate e Property Management.

Ao Engenheiro Roberto Araújo, da Álamo Engenharia.

Ao Engenheiro Felipe Lobo, da Argus.

Aos Engenheiros Luciano Marcatto, da Daikin McQuay e Raul de Almeida, da Teknika.

Aos colegas da turma 17 de Renováveis do PECE-POLI, Abrão Garcia, Adalberto Ferreira, Anderson Magrini, André Petitinga, Daniel Salles, Diego Alencar, Diego Castro, Felipe Bastos, Geovane Mancini, Guilherme Medeiros, Karlheinz Cirne, Leonardo Peruzzo, Luiz Fernandes, Luiz Fernando Ribeiro, Neto Lucena, Marília Stival, Maurício Sampaio, Rodrigo Franco, Rui Felipe Moreira, Tati Baria, Vitor Mambrini e Yann Marien.

Aos demais professores do curso de Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética e todos os profissionais do PECE-POLI.

E em especial, aos meus pais, minha irmã, meu cunhado, minha esposa e filhos. Por sua paciência e compreensão.

*Eu crio, tu usas, ele quebra. Nós, consertamos.*

*Do autor*

## RESUMO

Este trabalho tem o objetivo de mostrar algumas das características e conceitos de formação de condomínio em um empreendimento corporativo, quais são os principais custos que envolvem a operação dos mesmos, evidenciando então a significativa parcela que a energia elétrica possui, e o principal agente responsável percentualmente em sua composição, o sistema de ar condicionado central.

Serão apresentados os principais modelos de sistemas de ar condicionado central, parâmetros de classificação utilizados no Brasil para os edifícios, possibilidades de se desenvolver sistemas que consomem menos energia elétrica e os impactos que a eficiência energética pode gerar comercialmente no mercado imobiliário.

A partir da análise de dados de um empreendimento da cidade de São Paulo (aqui exemplificado por um complexo comercial que reúne diversificados modelos de negócios), será demonstrado um cenário em que a necessidade de investimentos para o *Retrofit* do sistema de ar condicionado central é evidente, devido à obsolescência de seus sistemas e equipamentos.

Por fim, será feita uma análise de viabilidade para três possíveis cenários de projetos que buscam uma maior eficiência energética (sendo que um deles é o District Cooling), que tem por objetivo não apenas diminuir o custo do consumo de energia elétrica do sistema de ar condicionado, mas também elevar a qualificação e o valor agregado do empreendimento.

Palavras-chave: Ar Condicionado. District Cooling. Eficiência. Real Estate. Retrofit.

## **ABSTRACT**

*This work aims to present some aspects and concepts of condominium development in a corporate building, explaining which are the most relevant accounts for its operation management, pointing the importance of Utility Power in its composition, and how the air conditioning system appears as the main percentage responsible agent in power utility consumption.*

*In the following subjects, the most usual concepts of central air conditioning systems shall be explained, such as the classification parameters used in Brazil for buildings, the possibilities to develop less consumption systems and how important is the energy efficiency for the Real Estate market and Property Management.*

*In addition, a Business Case will be analyzed. Collecting data of an specific facility in São Paulo (exemplified here by a Commercial Multiplex ), the last topics will demonstrate a technical scenario which clearly indicates the need of a Retrofit Investment for the central air conditioning system, due to the obsolescence of its systems and equipment.*

*At last, a feasibility analysis will be carried out for three possible project scenarios which seek for higher levels of energy efficiency (one of which is District Cooling), aiming not only reduce the cost of electricity consumption of the VAC System, but also to increase the qualification and added value to the property.*

Keywords: Air Conditioning. District Cooling. Effectiveness. Real Estate. Retrofit.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1: Gráfico dos percentuais do custo condominial.....	19
Figura 2-2: Gráfico dos percentuais de consumo energético em edificações .....	20
Figura 3-1: O Tripé da Sustentabilidade.....	23
Figura 3-2: Percentuais de Consumo de energia, água e emissões globais.....	24
Figura 3-3: Gráfico dos valores de vacância e de locação em edifícios LEED (em SP e RJ).....	26
Figura 3-4: Dados de valores de Condomínio em edifícios LEED (SP e RJ) .....	27
Figura 3-5: Certificados LEED.....	32
Figura 3-6: Selo AQUA.....	34
Figura 3-7: Selos Procel Edificações e a Etiqueta PBE Edifica.....	37
Figura 3-8: Fluxograma de circuito único de água gelada e válvula de 3 vias .....	44
Figura 3-9: Fluxograma de circuito único de água gelada com vazão constante e válvula de 2 vias.....	44
Figura 3-10: Fluxograma de circuito primário e secundário de água gelada.....	45
Figura 3-11: Fluxograma de circuito primário de água gelada com vazão variável.....	45
Figura 3-12: Fluxograma de circuito único de AG, com vazão variável e bombas de vazão.....	46
Figura 3-13: Fluxograma de um sistema com circuito único de água gelada com vazão variável com a associação de chillers em série em contra-fluxo entre os circuitos de água gelada e água de resfriamento .....	46
Figura 3-14: Esquemático de um District Cooling .....	55
Figura 4-1: Foto do Complexo WTC-SP/ D&D Shopping/ Sheraton Hotel/ Convention Center/ Golden Hall.....	58
Figura 4-2: Fotografia dos Chillers originais da CAG da Business Tower .....	63
Figura 4-3: Tanque de Termoacumulação da CAG Business Tower .....	64
Figura 4-4: Chillers da CAG Hotel.....	65
Figura 4-5: Diagrama Unifilar (esboço esquemático em blocos) da Subestação Principal do Complexo WTC - 34,5kV.....	68
Figura 4-6: Foto aérea da localização do District Cooling, destacada em amarelo, projetada para ser instalada na área de docas do Complexo, originalmente local da CAG Hotel/ Convenções/ Golden Hall.....	84

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3-1: Quadro de benefícios do Selo AQUA.....	35
Tabela 3-2: Dados de edificação para cálculo de carga térmica.....	40
Tabela 3-3: Tipologias de Sistemas de Expansão Indireta .....	42
Tabela 3-4: Vantagens e Desvantagens da Termoacumulação.....	50
Tabela 4-1: Cronograma de funcionamento dos Chillers da Business Tower.....	61
Tabela 4-2: Cronograma de funcionamento dos Chillers do D&D Shopping.....	62
Tabela 4-3: Estimativa de investimentos para o Cenário 1 - Aquisição de Equipamentos .....	73
Tabela 4-4: Estimativa de investimentos para o Cenário 2 - CAG Business Tower e D&D Shopping unificada + Retrofit CAG Hotel.....	75
Tabela 4-5: Estimativa de investimentos para o Cenário 3 - District Cooling .....	77
Tabela 4-6: Estimativa de Custos e Consumos Operacionais - Cenário 1 .....	79
Tabela 4-7: Estimativa de Custos e Consumos Operacionais - Cenário 2.....	80
Tabela 4-8: Estimativa dos Custos e Consumos Operacionais - Cenário 3.....	80
Tabela 4-9: Estimativa de Investimentos, Custos e Consumos para os 3 cenários (em milhares de R\$) no período de 10 anos .....	85
Tabela 4-10: Estimativa de Impactos e Economias nos 3 cenários (em milhares de R\$) no período de 10 anos .....	86
Tabela 4-11: Cálculo do Payback Descontado (anualmente) para os 3 cenários .....	87
Tabela 4-12: Payback em meses para cada um dos 3 cenários .....	88
Tabela 4-13: Cálculo das TMAs e da TIR para os 3 cenários .....	90
Tabela 4-14: Resumo Geral Quantitativo e Qualitativo dos 3 cenários .....	92

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABESCO	Associação Brasileira de Empresas de Serviço de Conservação de Energia
ABL	Área Bruta Locável
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AHRI	Air Conditioning, Heating and Refrigeration Institute - Instituto Norte-Americano de Ar Condicionado, Aquecimento e Refrigeração
ASHARE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers - Sociedade Norte-Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado
BMS	Building Management System - Sistema de Gerenciamento Predial
CAC	Central de Água de Condensação
CAG	Central de Água Gelada
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
CIB	Conselho Internacional da Construção
COP	Coefficient of Performance – Coeficiente de Performance
DC	District Cooling
EE	Eficiência Energética
EUA	Estados Unidos da América
FC	Fluxo de Caixa
GN	Gás Natural
HVAC	Heat, Ventilation and Air Conditioning – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
IFC	International Finance Corporation – Corporação Financeira Internacional
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IPCA	Índice de Preços ao Consumidor
IPLV	Integrated Part Load Value – Valor integrado de carga parcial
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
O&M	Operação e Manutenção
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
QAE	Qualidade Ambiental do Empreendimento
SGE	Sistema de Gestão do Empreendimento
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TR	Tonelada de Refrigeração
UR	Unidade Resfriadora (Chiller)
USGBC	United States Green Building Council - Conselho Norte-Americano de Edifícios Sustentáveis
VAC	Ventilação e Ar Condicionado
VPL	Valor Presente Líquido

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	14
1.1	Edifícios Corporativos Comerciais – A indústria dos escritórios .....	14
1.2	Empreendimentos de uso misto .....	16
2.	JUSTIFICATIVA .....	17
2.1	A definição do Condomínio e o valor condominial .....	17
2.2	O valor condominial e sua composição .....	17
2.3	Consumo de Energia em empreendimentos corporativos .....	19
2.4	A importância da Eficiência Energética em empreendimentos corporativos .....	20
2.5	Alteração nos valores de aluguel, condomínio e vacância em função de maior eficiência dos edifícios .....	21
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	23
3.1	O Conceito de Sustentabilidade .....	23
3.2	A Sustentabilidade nos empreendimentos imobiliários .....	23
3.2.1	Agregando valor ao produto imobiliário .....	25
3.2.2	Taxa de Vacância .....	26
3.3	Projetos de Eficiência Energética .....	28
3.4	Formas de Financiamento de Projeto .....	29
3.4.1	Linhas de financiamento .....	29
3.5.	Retrofit de instalações em edifícios existentes .....	29
3.6.	Sistemas de qualificação e certificação de empreendimentos corporativos .....	30
3.6.1	Classificações dos edifícios corporativos do NRE-USP .....	30
3.6.2.	Certificações de Eficiência de Edifícios .....	32
3.7	Sistema de ar condicionado em empreendimentos corporativos .....	38
3.7.1	Norma Brasileira de Ar Condicionado .....	39
3.7.2.	Sistema de expansão indireta .....	42
3.7.3.	Estratégias de eficiência energética em sistemas de ar condicionado .....	47
3.7.4	Sistema de redes distritais de água gelada .....	52
3.7.5.	Retrofit de centrais de água gelada .....	55
4.	ESTUDO DE CASO .....	57
4.1.	Complexo World Trade Center São Paulo/ D&S Shopping/ Sheraton Hotel/ Convention Center/ Golden Hall .....	58
4.1.1	Breve descrição do empreendimento .....	58
4.2.	Características do Caso base .....	60
4.2.1	Sistemas de Geração de Água Gelada .....	60

4.2.2	Esquemático da Distribuição de Energia Elétrica .....	67
4.2.3	Os contratos de utilidades.....	68
4.3.	Desenvolvimento do projeto .....	69
4.4	Retrofit das CAGs – 3 possíveis cenários .....	71
4.5	Descritivo técnico das propostas .....	71
4.5.1	Substituição de equipamentos obsoletos das principais CAGs.....	71
4.5.2	Interligação CAGs D&D Shopping e Business Tower/ Substituição de equipamentos obsoletos da CAG Hotel/ Convenções/ Golden Hall .....	74
4.5.3	Retrofit completo das CAGs – District Cooling .....	76
4.5.4	Comparativos – Custos operacionais e de consumo.....	78
4.5.5	Comparativo dos cenários – Qualitativo .....	81
4.5.6	Comparativo dos cenários – Quantitativo.....	85
4.6.	Resultados.....	87
4.6.1	Payback .....	87
4.6.2	Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) .....	89
5.	CONCLUSÕES.....	94
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	96

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Edifícios Corporativos Comerciais – A indústria dos escritórios

Considerando que o objetivo principal de um investidor no ramo imobiliário, (formado por poucos ou diversos cotistas) é a lucratividade através da comercialização dos espaços construídos em unidades, há questões referentes aos custos de implantação e de operação que devem ser cuidadosamente planejadas e geridas com o máximo de profissionalização desde a concepção inicial de um empreendimento de grande porte. Como ponto de partida, a prospecção pela busca de um terreno adequado para a construção de um grande edifício comercial, uma necessidade atribuída aos incorporadores e demais agentes deste processo, demanda uma série de especializações técnicas, urbanísticas e estratégicas, que são determinantes para o sucesso ou não da viabilidade de execução e comercialização dos empreendimentos.

Ainda na fase de projetos de um edifício comercial corporativo, o profissional responsável pelo planejamento financeiro e operacional do imóvel tem como uma de suas atribuições a projeção dos custos e receitas operacionais durante todo o período em que o imóvel fizer parte do portfólio de seus investidores. Ou seja, valores referentes a equipes de segurança e recepção, jardinagem, limpeza e conservação, água e esgoto, energia elétrica, impostos, adequações a alterações de normas e leis, aluguéis, documentações referentes a vistorias, autos e notificações de órgãos públicos, periódicos ou não, precisam ser detalhadamente calculados, a fim de compor os custos previstos que contemplarão o valor do condomínio a ser rateado aos proprietários e locatários, antes mesmo que o projeto técnico do edifício saia do papel.

A partir do final da década de 1990, quando foi dado o início à profissionalização do mercado de gerenciamento de propriedades corporativas comerciais nos grandes centros urbanos brasileiros (principalmente com a entrada de grandes players do mercado imobiliário internacionais como Cushman&Wakefield, Jones Lang&LaSalle, CB Richard Ellis, Hines e Tishman-Speyer), a cultura pela busca das melhores performances para os edifícios e para seus espaços comerciais de locação tem sido cada vez maior.

Desde então, a tecnologia dos equipamentos, dos sistemas de automação, das análises e principalmente das ferramentas de gestão evoluiu bastante. Sistemas construtivos projetados no final do século passado podem ser classificados como

obsoletos e, dependendo do percentual de participação em uma matriz de consumo energético condominial, determinantes na escolha de uma empresa multinacional se instalar ou não em um edifício, representando contratos de locação que podem chegar a milhões de dólares por ano.

Na cidade de São Paulo, desde o início do século XXI, houve uma verdadeira “explosão” de novos projetos e novas construções de edifícios corporativos comerciais que reuniam as principais características demandadas pelas empresas multinacionais que se instalavam no Brasil. Iniciava-se no país a procura por espaços “Triple A”, definidos por edifícios cujas lajes com mais de 2000m<sup>2</sup> e vãos livres, localizações estratégicas e facilidades técnicas como o ar condicionado central transformaram a paisagem de diversas regiões metropolitanas. Bairros anteriormente residenciais, a Vila Olímpia e a Avenida Engenheiro Luís Carlos Berrini, se uniram à Avenida Brigadeiro Faria Lima e à Avenida Paulista como os polos de grandes empreendimentos comerciais paulistanos (IGLECIAS, 2002).

Com isto, a oferta por espaços comerciais de alto padrão (denominados *Triple A*, a partir de uma classificação que será explicada nos próximos itens) crescia e a competitividade entre os edifícios tornou-se acirrada. Administrar um edifício comercial não era mais simplesmente apresentar valores rateados dos custos mensais aos inquilinos, pois as inovações técnicas, ações de marketing e alterações na própria estrutura do edifício em função de determinações de órgãos públicos demandavam profissionais cada vez mais capacitados, gerenciando empresas cada vez mais especializadas.

O nível de especialização de uma gestão de edifícios corporativos se tornou diretamente proporcional ao nível de exigências que os condôminos demandam, implicando na necessidade de melhoria contínua de tecnologias e estruturas dos edifícios comerciais. O condômino se tornou então, o principal agente responsável pela busca de um custo otimizado de utilização do imóvel, de suas utilidades (água, gás e energia elétrica) e que continuamente vai zelar pela redução destes valores e a melhoria dos serviços referentes a eles.

## 1.2 Empreendimentos de uso misto

Para esta análise, foi tomado o exemplo real de não apenas uma edificação, mas de um complexo corporativo multifunção, que incorpora o edifício comercial em si, um shopping center, um hotel e um centro de convenções.

Assim, de maneira sucinta, os objetivos principais desta monografia são:

1. Relatar as condições técnicas e operacionais da performance das centrais de água gelada de diferentes unidades de negócio;
2. Apresentar os conceitos e os projetos de Retrofit para as centrais de água gelada, com análise de viabilidade financeira baseadas nas expectativas de eficiência energética.

## 2. JUSTIFICATIVA

### 2.1 A definição do Condomínio e o valor condominial

Por definição, um condomínio é definido (HOUAISS, 2009) como “a posse ou o direito simultâneo, por duas ou mais pessoas, sobre um mesmo objeto ainda em estado de indivisão; co-propriedade, compropriedade”. Assim, em uma edificação, os possuidores ou locatários de uma unidade autônoma exercem domínio sobre as partes comuns do edifício, denominadas áreas comuns.

O documento que estabelece as condições específicas de utilização e responsabilidade das unidades autônomas é denominado Convenção Condominial. Nela devem estar explícitas as quantidades de conjuntos individuais que fazem parte do condomínio, suas áreas e quais as frações da área comum são de responsabilidade atribuída a cada unidade autônoma, sem contar ainda o modo de como o condomínio deve ser administrado, através do regulamento interno com suas regras, penalidades e responsabilidades, que pode ser parte integrante ou avulsa (anexa) à convenção.

A regulação sobre os condomínios é feita pelo Código Civil (Lei Federal n.10.406, de 10 de janeiro de 2002) e pela Lei do Condomínio (Lei federal n. 4.591, de 16 de dezembro de 1964)

### 2.2 O valor condominial e sua composição

O valor condominial é o principal índice de performance na análise de um edifício comercial e de sua equipe de gestão. É também a base de comparação e decisão na maioria das vezes em que uma empresa pretende instalar um escritório em um edifício com características funcionais semelhantes.

Em uma edificação comercial, o valor condominial é composto pela soma dos custos periódicos (geralmente mensais), rateado entre os condôminos conforme a convenção determina, habitualmente tendo a fração ideal como denominador comum. Abaixo, seguem os tipos de custos mais comuns na composição de um valor condominial mensal:

Fonte: Cortesia de Hines Interests Limited Partnership

- Limpeza;
- Remoção de lixo e entulho;
- Suprimentos de Limpeza;
- Limpeza de Fachada / Castilho;
- Eletricidade;
- Água;
- Óleo Combustível;
- Manutenção de Chillers;
- Reposição de filtros de fancoils;
- Substituição de lâmpadas;
- Manutenção de drenos / (esgoto) / Hidráulica;
- Limpeza de caixas d'água;
- Substituição de peças de portas;
- Chaveiro;
- Sinalização;
- Suprimentos de pintura;
- Limpeza de dutos;
- Substituição de telhas;
- Vidraçaria;
- Outros (Carpetes / Capachos / Persianas / Forros);
- Manutenção Elétrica / Termografia;
- Manutenção de elevadores;
- Contrato de Segurança contra incêndios;
- Suprimentos do Sistema de Detecção de incêndio;
- Extintores (Brigada / Simulado);
- Gerador de Emergência (inclui peças);
- Paisagismo - Manutenção mensal;
- BMS/ CFTV/ Contr. de acesso/Seg. Contra Incêndio/ Sist. Detecção de Incêndio;
- Controle de Pragas;
- Tratamento de Água / Ar;
- Qualidade do ar interno;
- Análise de Potabilidade;
- Bombas;
- SPDA / Para-Raios;
- Material Elétrico / Hidráulico / Serralheria/ AC;
- AVCB - Taxas e Adequações;
- Certificado de Manutenção / Acessibilidade (Taxas / Assessoria);
- Manutenção A/C, Elétrica e Civil;
- Contrato de Segurança Patrimonial e Recepção;
- CFTV Controle de Acesso;
- Tarifas Bancárias;
- Telefones;
- Rádios comunicadores (HTs e Nextel);
- Entrega de Correspondências;
- Suprimentos de Escritório;

- Leasing / manutenção de copiadoras
- Div. Equip. peças de reposição de computadores;
- Copa / Cozinha, bebidas, alimentação;
- Auditorias;
- Outros - Cartório – Táxi;
- Taxa Gerenciamento;
- Internet / TV a cabo;
- Honorários Sindicância Profissional;
- Honorários Advocatícios;
- Ações Trabalhistas;
- Expedição;
- Atendimento pré-hospitalar;
- Decoração;
- Ancoragem;
- Seguro de Propriedade;
- Seguro de Responsabilidade Civil;
- Taxas de Propriedade;
- Despesas Extraordinárias.

### 2.3 Consumo de Energia em empreendimentos corporativos

Dentre os custos que compõem o valor do condomínio, o consumo de energia elétrica tem sempre um percentual significativo, como podemos ver no gráfico abaixo.

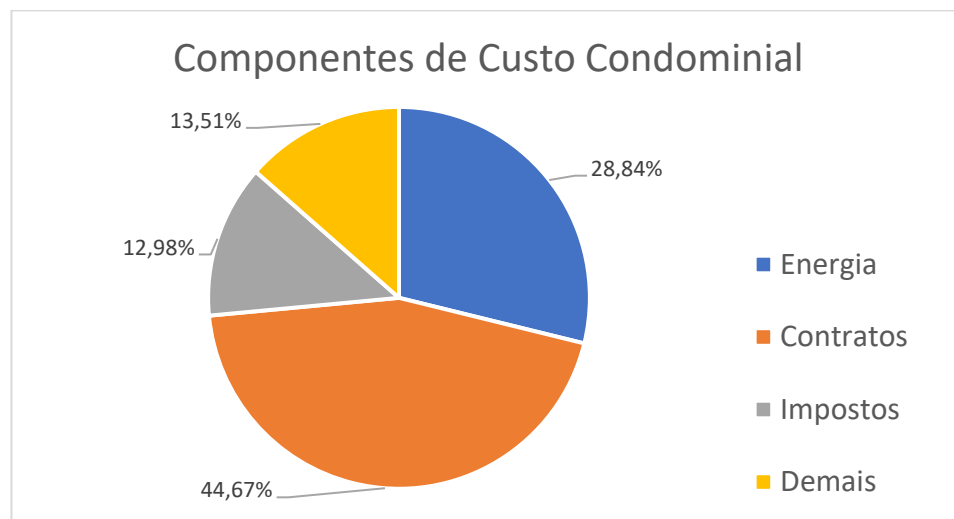


Figura 2-1: Gráfico dos percentuais do custo condominial

Do autor

De acordo com o CBCS (CBCS, 2018), os percentuais referentes ao consumo de energia elétrica de um edifício Triple A podem ser divididos em três segmentos principais:

- Ar Condicionado, Ventilação e Exaustão, com aproximadamente 30% (sendo que em edifícios com mais de 20 anos de construção este valor pode superar os 55%)
- Iluminação, com aproximadamente 25%
- Demais sistemas, 45%

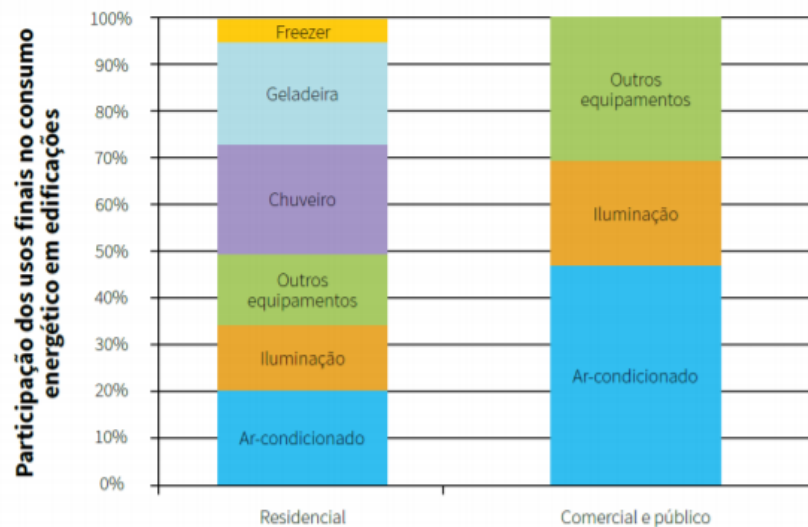


Figura 2-2: Gráfico dos percentuais de consumo energético em edificações

Fonte: CBCS, com dados da Eletrobrás (2007)

Com base nestes valores percentuais apresentados, fica bastante evidente a participação dos sistemas de ar-condicionado no consumo de energia elétrica de edifícios comerciais corporativos. O modo de instalação dos equipamentos nos edifícios, algumas de suas particularidades e um breve histórico do sistema serão os temas das próximas seções.

## 2.4 A importância da Eficiência Energética em empreendimentos corporativos

Conforme estudo feito pelo CBCS, o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável, os edifícios são parcialmente responsáveis pelo alto crescimento de consumo energético e emissões de CO<sub>2</sub>, representando um dos setores principais em consumo de energia. Considerando que há uma perspectiva de que em 2030 mais de

dois terços da população mundial estará vivendo nas cidades, e que o consumo energético deva crescer 33%, diversos países (incluindo o Brasil) aprovaram em 2016 o Acordo de Paris, para reduzir o aumento de gases do efeito estufa no contexto do desenvolvimento sustentável.

No Brasil, após o racionamento de energia de 2001, foi regulamentado o Decreto 4059, que estabeleceu a necessidade da criação de parâmetros referenciais para a eficiência energética das edificações, buscando o desenvolvimento e implantação de indicadores técnicos e regulamentações específicas para estabelecer a obrigatoriedade dos níveis de eficiência. Desde então, diversos edifícios corporativos iniciaram suas iniciativas de desenvolver ou adotar sistemas que tornem as edificações mais eficientes em relação ao uso de recursos energéticos, como os sistemas de gestão e monitoramento de consumo de energia, água e gás, através da alimentação de banco de dados e análise dos relatórios.

## 2.5 Alteração nos valores de aluguel, condomínio e vacância em função de maior eficiência dos edifícios

Em entrevista ao Jornal do Comércio no ano de 2019, o Green Building Council, Brasil - sucursal brasileira da norte-americana USGBC, que tem como foco, “transformar a indústria da construção civil e a cultura da sociedade em direção à sustentabilidade (...)” se posicionou sobre os diversos estudos que demonstram a valorização do metro quadrado de construções certificadas em cidades como Rio de Janeiro e São Paulo. A empresa informa que as taxas de vacância são até 7% menores nestes empreendimentos, e que através dos investimentos realizados neste intuito geram economias de até 30% no consumo de energia elétrica, garantindo *paybacks* de curto prazo e afirmando que a visão de investimento em eficiência energética é uma grande vantagem competitiva dos empreendimentos.

IPTU Verde – De acordo com o site do USGBC, nos Estados Unidos as certificações já fazem parte dos requisitos para a aprovação de novos projetos. De modo semelhante, já houve projetos de lei em São Paulo prevendo descontos de Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) para edifícios certificados, embora ainda não tenha

sido aprovada. No entanto, há o programa IPTU Verde (disponível em: <https://www.gove.digital/receitas/iptu-verde/>) que consiste em promover a implementação de benfeitorias focadas na utilização sustentável dos recursos naturais dos imóveis, obtendo assim descontos no valor do IPTU cobrado dos contribuintes.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 O Conceito de Sustentabilidade

De acordo com o Dicionário da Língua Portuguesa Houaiss (HOUAISS, 2020), o verbete sustentabilidade é definido por:

“1 característica ou condição do que é sustentável;

1.1 condição do que é planejado com base na utilização de recursos e na implantação de atividades industriais, de forma a não esgotar ou degradar os recursos naturais.”

No entanto, o conceito de sustentabilidade é bem mais abrangente que sua definição. Presente nas mais diversas áreas de estudo e aplicação, este conceito se tornou uma necessidade em todas as atividades profissionais e humanas. Através da pesquisa, de congressos e convenções, a sustentabilidade tem promovido uma reeducação da humanidade, gerando conceitos e práticas que propiciem o desenvolvimento combinado a três premissas básicas: o econômico, o social e o ambiental (CBCS, Takaoka & Crestana).



Figura 3-1: O Tripé da Sustentabilidade

Fonte: (REDE GLOBO, 2016)

#### 3.2 A Sustentabilidade nos empreendimentos imobiliários

Com base no tripé da sustentabilidade – a combinação das três premissas básicas para o desenvolvimento da sociedade humana – o setor imobiliário possui uma grande responsabilidade. De acordo com o Ministério de Minas e Energia, há uma estimativa de

que “50% dos resíduos sólidos gerados pelo conjunto das atividades humanas sejam provenientes da construção”. Segundo o CIB – Conselho Internacional da Construção, a indústria da construção é apontada como o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva.

Os números do setor esclarecem ainda mais este conceito. De acordo com o site do IFC – International Finance Corporation, o mercado imobiliário no ano de 2010 foi responsável por 35% do consumo de energia em todo o mundo, 5% do consumo de água e alarmantes 15% de participação na emissão de gases do efeito estufa.

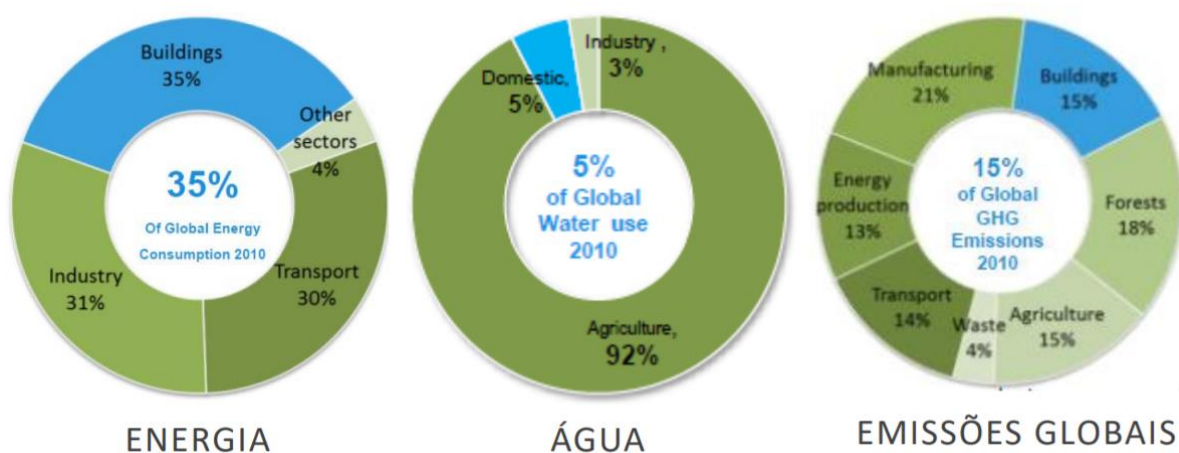


Figura 3-2: Percentuais de Consumo de energia, água e emissões globais

Fonte: (YAMADA, 2020) Real Estate & Construction Management

Em todas as fases de um empreendimento imobiliário, desde sua concepção, projeto, incorporação, execução, comercialização e finalmente a administração do imóvel, as questões relativas a custos sempre serão determinantes. Assim, é responsabilidade do empreendedor buscar continuamente a melhoria de seus processos com base na sustentabilidade econômica, a fim de que seus “produtos” sejam atrativos ao mercado, seja ele um comprador, um locatário ou mesmo apenas usuário das edificações e espaços privativos.

No entanto, o conceito de construção sustentável é recente. Apenas no início dos anos 1990 o conceito adquiriu adeptos entre os arquitetos e empreendedores, que então começaram sua busca por melhores ferramentas de gestão com foco nos “savings” (custos de energia, água, condomínio, etc.), em soluções tecnológicas mais eficientes e menos poluentes e incentivos fiscais (reduções e isenções de impostos). Com foco na

melhoria de produtividade dos ocupantes, na redução de absenteísmo e no aumento da atratividade de locatários e compradores, os empreendedores e profissionais do setor estabeleceram metas sustentáveis para se obter uma maior “Longevidade” do imóvel.

Considerando a premissa social, os empreendimentos imobiliários possuem grande responsabilidade também. Devido à grande urbanização das cidades, a verticalização dos escritórios, às jornadas excessivas de trabalho em ambientes confinados e à individualização dos transportes em detrimento dos transportes coletivos, os reflexos na qualidade de vida das pessoas têm sido determinantes, impactando não apenas sua saúde física como também seu comportamento. Mesmo em países como o Brasil, que tem legislações trabalhistas e órgãos atuantes para estes fins, é necessário que os administradores de empreendimentos imobiliários corporativos adotem uma postura que promovam o bem-estar dos ocupantes e usuários, oferecendo condições adequadas de conforto térmico, acústico e de qualidade do ar interno. São também responsabilidades do setor: o incentivo à qualificação e desenvolvimento dos funcionários, a garantia da segurança e saúde ocupacional dos mesmos e o incentivo à participação de projetos sociais, completando assim as necessidades do tripé da sustentabilidade.

### 3.2.1 Agregando valor ao produto imobiliário

Conforme a GBC Brasil (JORNAL DO COMÉRCIO, 2019), o valor de uma certificação de eficiência energética é agregado em relação ao metro quadrado do imóvel. O investimento no início do projeto da construção às vezes pode sair mais caro, refletindo no valor de locação. Na cidade de São Paulo a locação média mensal foi de R\$ 104,52 (m<sup>2</sup>/ mês) dos imóveis que possuem o certificado, enquanto os demais apresentavam médias de R\$ 94,52 (m<sup>2</sup>/ mês). Embora o valor da locação por metro quadrado seja maior, o custo final para o locatário é menor pela quantidade de benefícios, tais como uso eficiente da água, aproveitamento de tecnologias e melhor qualidade do ar ambiente.



Figura 3-3: Gráfico dos valores de vacância e de locação em edifícios LEED (em SP e RJ)

Fonte: GEOIMÓVEL, 2016

### 3.2.2 Taxa de Vacância

Academicamente, há um estudo bastante direcionado que analisa os comportamentos das taxas de vacância entre edifícios certificados e não certificados. A especialista em edifícios corporativos Denise de Camargo Ghiu, avalia os números como um diferencial competitivo importante. Segundo a reportagem do Jornal “O Estado de São Paulo (GHIU, 2017), os edifícios certificados na cidade de São Paulo têm taxa de vacância 9,5% menor em relação aos sem o selo verde.

De acordo com os números apresentados pela GBC (JORNAL DO COMÉRCIO, 2019), é possível elaborar a relação entre vantagens competitivas na comercialização de imóveis corporativos de alto padrão e os selos de sustentabilidade: “Nos corporativos, o valor médio da taxa condominial na capital paulista é de R\$ 25,70 / m<sup>2</sup>, ao mesmo tempo nos que possuem o LEED (um dos selos de certificação de ações sustentáveis) é de R\$ 22,80 / m<sup>2</sup>.”

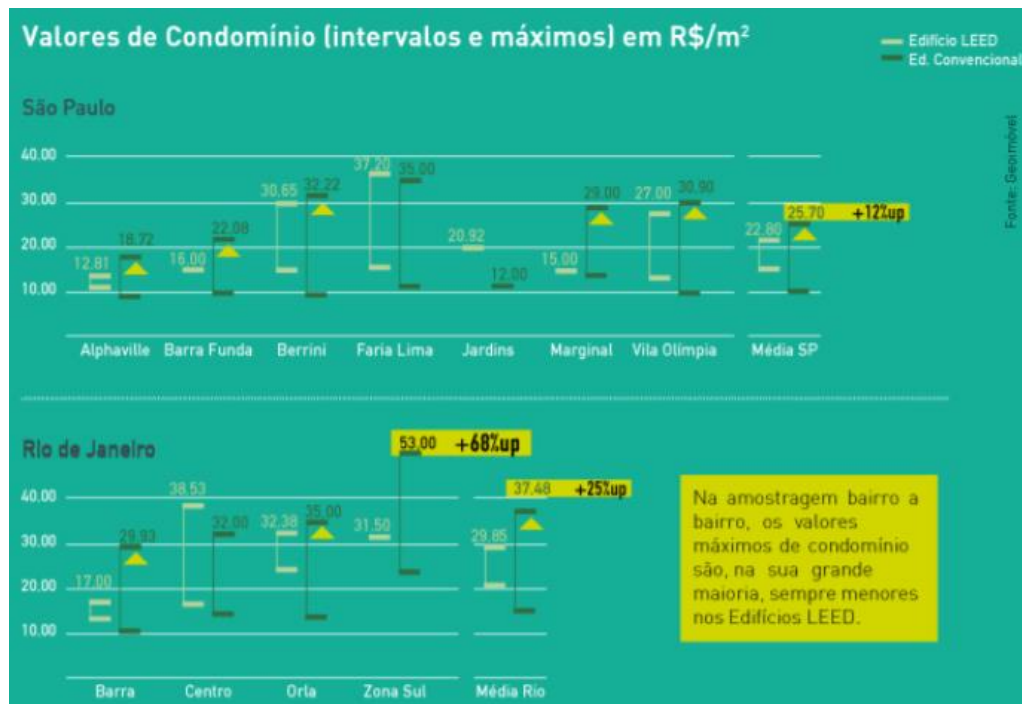


Figura 3-4: Dados de valores de Condomínio em edifícios LEED (SP e RJ)

Fonte: GEOIMÓVEL, 2016

Os maiores investimentos no imóvel para se concretizar um empreendimento com foco em eficiência energética tendem a ser amortizados ao longo da vida do prédio através de diminuições das taxas condominiais e de valores atribuídos aos proprietários para recuperação e manutenção dos ativos (NÚCLEO DE REAL ESTATE DA USP, 2019). No entanto, assim como em todo mercado em crescimento, há dificuldades e desafios em se desenvolver fornecedores de materiais e mão-de-obra especializadas para este tipo de tecnologia, tanto para se construir quanto para se operacionalizar.

### 3.3 Projetos de Eficiência Energética

De acordo com a ABESCO – Associação Brasileira de Empresas de Serviço de Conservação de Energia, um projeto de eficiência energética é um conjunto de medidas que, têm por objetivo reduzir os custos de consumo de água e/ou energia de uma empresa ou empreendimento, mantendo-se os níveis de produção e da qualidade do produto (fonte: <http://www.abesco.com.br/pt/como-funciona-um-projeto-de-eficiencia-energetica/>).

A implantação de um projeto de eficiência energética começa por uma avaliação energética dos sistemas de consumo de energia da unidade que demanda o trabalho, depois a busca de como se fará o aporte de capital para implantação do projeto, a contratação, a verificação dos resultados e entrega do projeto. Há modalidades de projetos em que se também assume a operação e manutenção do projeto durante todo o período contratual do projeto.

As Etapas de um projeto de Eficiência Energética (EE) tradicional são:

1. Contratação da empresa para a análise energética;
2. Pré-diagnóstico Energético e Hídrico
3. Apresentação da Viabilidade Técnico-Econômica
4. Diagnóstico Detalhado: Energético e Hídrico
5. Viabilização do Financiamento
6. Negociação do Contrato
7. Contratação da prestadora de serviços técnicos e/ou financeiros
8. Implantação das Ações
9. Medição & Verificação dos Resultados

A primeira etapa é a realização de um pré-diagnóstico (PD) que apresenta as oportunidades e depois a contratação de um diagnóstico energético (DE) em que são detalhadas as ações mais atrativas e importantes para o cliente. Estes serviços podem ser contratados de uma só vez ou etapa por etapa (primeiro PD e depois DE).

### 3.4 Formas de Financiamento de Projeto

#### 3.4.1 Linhas de financiamento

Para que os projetos de eficiência energética tomem forma, os investimentos são necessários para que sejam atendidas as contratações de empresas especializadas e aquisição de equipamentos e sistemas. Muitas vezes, os empreendedores imobiliários não dispõem de todos os recursos financeiros para tal, o que abre então a possibilidade de financiamento junto a bancos e outras instituições.

Conforme o site da ABESCO (<http://www.abesco.com.br/pt/forma-de-financiamento/>), há algumas linhas de crédito específicas para projetos que tenham finalidades socioambientais. Nestes produtos financeiros, há prazos mais longos com taxas e condições atrativas que as usualmente apresentadas para empresas com projetos que não tenham o mesmo propósito.

Abaixo seguem exemplos de algumas linhas específicas para projetos desta natureza:

- Desenvolve SP, da Agência de Desenvolvimento Paulista
- Cartão BNDES
- BNDES - MPME Inovadora
- BNDES – PROESCO
- INOVACRED – FINEP
- BNDES Finame
- BNDES Automático
- BNDES Soluções Tecnológicas

#### 3.5. Retrofit de instalações em edifícios existentes

Por definição (Cambridge, 2020), o termo *Retrofit* (do inglês) é o “ato de fornecer a uma máquina, uma peça, ou um local com equipamento, que originalmente não possuía quando foi construída.” Para a construção civil, (CBCS – CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 2013), “Retrofit é a intervenção realizada em um edifício com o objetivo de incorporar melhorias e alterar seu estado de utilidade”. Ainda

segundo a Norma de Desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013), “Retrofit é a remodelação ou atualização dos sistemas do edifício pela atualização tecnológica sob o interesse na valorização do imóvel, mudança de uso, aumento de vida útil ou da eficiência operacional e energética.”

Assim, para os fins deste trabalho, a aglutinação de definições que melhor orientam o termo Retrofit é o conjunto de ações para a recuperação ou beneficiamento de um bem com foco em melhora do desempenho de qualidade e redução de seu custo operacional, consideradas as particularidades de implantação e de investimentos para tal execução. Na visão dos empreendedores, o maior objetivo do Retrofit é o melhor aproveitamento do espaço, considerando também a localização de onde será feito o investimento. É possível manter a edificação original e construir outros anexos no terreno, ou mesmo locar edifícios nas proximidades para a instalação de um sistema de geração de energia alternativa à concessionária por exemplo. Em sua grande maioria, o foco das obras de Retrofit está em valorizar o imóvel através de modernização de sistemas e instalações prediais, tornando-os mais eficientes nos consumos de água e energia elétrica.

### 3.6. Sistemas de qualificação e certificação de empreendimentos corporativos

#### 3.6.1 Classificações dos edifícios corporativos do NRE-USP

De acordo com o NRE – Núcleo de Real Estate da Escola Politécnica da USP (NRE-USP), em <https://www.realestate.br/site/conteudo/pagina/1,45+O-SISTEMA-DE-CLASSIFICA%C3%87%C3%83O-DA-QUALIDADE.html>), a classificação de edifício comerciais corporativos é feita pela qualidade de padrões construtivos, localização dentro da malha urbana e tecnologias de sistemas prediais. As classes são definidas de acordo com as seguintes nomenclaturas e conceitos:

**Classe C:** Edifícios que apresentam inadequação no controle sobre os sistemas prediais, utilizando-se de sistemas independentes, sem projeto ou integração planejada com o restante dos sistemas prediais. Não se localiza em áreas privilegiadas nos centros urbanos. A qualidade é altamente vulnerável a questões como tempo de uso e mudanças no perfil do locatário, o que gera um elevado grau de obsolescência frente a seus concorrentes na visão de clientes e usuários corporativos.

**Classe B:** Edifícios que apresentam qualidade construtiva mínima e muito vulnerável a questões como tempo e mudanças no perfil do locatário. As características conceptivas e de projeto do edifício impedem que sejam realizadas intervenções no sentido de instaurar melhorias na qualidade do ambiente de trabalho. Não se localiza em áreas privilegiadas nos centros urbanos. Apresentando pouco ou nenhum controle sobre a oferta de serviços prediais, tende a se tornar obsoleto para clientes.

**Classe BB:** São edifícios com padrão de qualidade apenas regular, que não possuem estrutura suficiente para proporcionar uma qualidade do ambiente de trabalho nas áreas privativas. São oferecidos serviços prediais básicos, onde o usuário tem pouco controle sobre as funcionalidades deles (conforto térmico, iluminação etc.). Não se localiza necessariamente em áreas privilegiadas nos centros urbanos. É o tipo de empreendimento que precisa se modernizar a fim de que não perca seu valor de locação frente aos usuários corporativos.

**Classe BBB:** Classe intermediária. Os empreendimentos com esta classificação normalmente apresentam um bom padrão de qualidade construtiva, porém sem qualquer inovação, e identificam-se algumas falhas de projeto. Normalmente neste caso, a qualidade do ambiente de trabalho, nas áreas privativas, vai pouco além das funcionalidades básicas de um edifício comercial. Verifica-se uma boa aderência do estado detectado para os atributos do edifício aos mais altos padrões de construção vigentes.

**Classe A:** Alta qualidade de padrões construtivos e de tecnologia de sistemas prediais, mas ainda sem inovações que melhorem a qualidade de trabalho dos usuários.

**Classe AA:** Edifícios com qualidade muito alta de padrões construtivos e de tecnologia de sistemas prediais, preocupações com ambientes de trabalho, elementos inovadores, uma certa preocupação com a imagem do edifício, bom controle do usuário e que não são significativamente vulneráveis às evoluções tecnológicas do mercado.

**Classe AAA (O Triple A):** O topo da escala. São edifícios com projetos inovadores, alto nível de tecnologia instalada, excepcional padrão construtivo, qualidade do ambiente de trabalho, total controle do usuário sobre seu ambiente, atenção à imagem externa da edificação e localização de destaque.

### 3.6.2. Certificações de Eficiência de Edifícios



Figura 3-5: Certificados LEED

Fonte: Site do GBC Brasil

#### 3.6.2.1 LEED

Em 1993, foi criado nos Estados Unidos o USGBC (United States Green Building Council), com o intuito de promover e fomentar práticas de soluções sustentáveis para edificações. Este conselho é o criador do selo LEED, que é a sigla para “Leadership in Energy and Environmental Design”, ou seja, Liderança em Energia e Design Ambiental, definido como “uma forma de se estabelecer estratégias e padrões para a construção de edifícios sustentáveis”. Assim, tornava-se possível estimular uma consciência sustentável na indústria da construção, ao promover práticas de projeto e construtivas através de padronizações de medições, sensibilizando consumidores para os benefícios de uma visão sustentável e transformando o mercado imobiliário através da propagação de uma nova visão sobre o desempenho energético dos edifícios ao longo de seus ciclos de existência.

De uma maneira sucinta, o LEED funciona com um sistema de pontuações baseados em créditos com foco em sustentabilidade e eficiência energética com alguns pré-requisitos necessários para cada uma das categorias abaixo:

- Localização e Transporte
- Lotes Sustentáveis
- Eficiência da Água
- Energia e Atmosfera
- Materiais e Recursos
- Qualidade Interna dos Ambientes
- Inovação e Prioridades Regionais

O sistema de certificação LEED utiliza e se baseia nas mais recentes normas técnicas internacionais, para que sua certificação seja tão atual quanto as tecnologias e conceitos elaborados pelo mercado. Até a conclusão deste trabalho a versão mais atual é a LEED 4.1.

### A Pontuação LEED

A classificação LEED possui quatro tipos de certificação, que dependem da quantidade de créditos e pré-requisitos conquistados pelo projeto e/ou construção. São eles:

- Certified: 40 pontos
- Silver: 50 pontos
- Gold: 60 pontos
- Platinum: 80 pontos ou mais

### O LEED no Brasil

De acordo com estudo realizado pela Geoimóvel, adotado pela GBC, existem cerca de 1.379.812 m<sup>2</sup> de imóveis corporativos de alto padrão que possuem o certificado LEED em São Paulo, segundo a companhia, um percentual de 34% em relação à totalidade (4.017.353 m<sup>2</sup>) de imóveis empresariais na cidade (GBC BRASIL, 2019). Em todo o Brasil, são 640 projetos certificados e 18,96 milhões de metros quadrados (GBC BRASIL, 2019) fazendo com que o Brasil fique apenas atrás de China, Canadá e Índia (Fora os EUA).



Figura 3-6: Selo AQUA

Fonte: Fundação Verzolini

### 3.6.2.2 AQUA

O processo de certificação sustentável AQUA-HQE™ foi criado em 1974 pela empresa francesa Demarché HQE. No Brasil a certificação foi lançada em 2008 e sua adaptação à realidade brasileira foi feita pela Fundação Vanzolini.

Por definição do site da Fundação Vanzolini, a certificação envolve diversas exigências nas etapas de planejamento, construção e operacionalização de novos empreendimentos com foco no desenvolvimento de um sistema de gestão que prevê estratégias de qualidade ambiental para novas edificações e obras, partindo do comprometimento com um padrão de desempenho definido pela [Qualidade Ambiental do Edifício](#) (QAE).

A Certificação é emitida após a conclusão de 3 fases auditadas pela própria Fundação Vanzolini: Pré-projeto, Projeto e Execução.

Conforme o site da Fundação Vanzolini, para se obter a certificação é necessário implantar um sistema de gestão do empreendimento (SGE) para atender as 14 categorias de qualidade ambiental do empreendimento (QAE) que podem obter as classificações “Bom”, “Superior” ou “Excelente”:

1. Relação do edifício com o seu entorno
2. Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos
3. Canteiro de obras de baixo impacto ambiental
4. Gestão da energia
5. Gestão da água
6. Gestão de resíduos de uso e operação do edifício
7. Manutenção e permanência do desempenho ambiental

8. Conforto hidrotérmico
9. Conforto acústico
10. Conforto visual
11. Conforto olfativo
12. Qualidade sanitária dos ambientes
13. Qualidade sanitária do ar
14. Qualidade sanitária da água

Tabela 3-1: Quadro de benefícios do Selo AQUA

Fonte: Do Autor

Para o empreendedor/ locador	Para o locatário/ usuário
Comprovar a Alta Qualidade Ambiental dos seus empreendimentos/construções	Economia no consumo de água e de energia elétrica durante a vida útil do imóvel
Diferenciação do imóvel no mercado	Redução dos custos de condomínio
Aumentar a velocidade de vendas ou locação	Melhores condições de conforto e saúde
Associar a imagem da empresa à Alta Qualidade Ambiental	Maior valor patrimonial ao longo do tempo
Melhorar o relacionamento com órgãos ambientais e comunidades	Aumento da consciência para o desenvolvimento sustentável
Reconhecimento internacional	

### 3.6.2.3 PROCEL

Conforme definição, o PROCEL (sigla para Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) “é um programa do governo (federal), que tem coordenação do Ministério de Minas e Energia – MME e é executado pela Eletrobras” e desde sua instituição em 1985 com o intuito de “promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício”, tem sido fundamental para a evolução da população brasileira sobre seus hábitos no consumo de energia e para a melhoria da eficiência

energética de produtos e serviços em geral, além de uma especial atenção para o desenvolvimento de uma nação mais sustentável (PROCEL, 2006).

O Procel atua nas seguintes áreas (ELETROBRÁS, 2016):

- [Equipamentos](#) – por meio do Selo Procel, identifica equipamentos e eletrodomésticos mais eficientes, com o intuito de desenvolver o aprimoramento tecnológico dos produtos disponíveis no mercado brasileiro.
- [Edificações](#) – promoção do uso eficiente de energia no setor de construção civil, em edificações residenciais, comerciais e públicas, por meio da disponibilização de recomendações especializadas e simuladores.
- [Iluminação pública \(Reluz\)](#) – apoio a prefeituras no planejamento e implantação de projetos de substituição de equipamentos e melhorias na iluminação pública e sinalização semafórica.
- [Poder público](#) – ferramentas, treinamento e auxílio no planejamento e implantação de projetos que visem ao menor consumo de energia em municípios e ao uso eficiente de eletricidade e água na área de saneamento.
- [Indústria e comércio](#) – treinamentos, manuais e ferramentas computacionais voltados para a redução do desperdício de energia nos segmentos industrial e comercial, com a otimização dos sistemas produtivos.
- [Conhecimento](#) - elaboração e disseminação de informação qualificada em eficiência energética, seja por meio de ações educacionais no ensino formal ou da divulgação de dicas, livros, softwares e manuais técnicos.

O selo Procel

O Selo Procel de Economia de Energia (ELETROBRÁS, 2016) é uma ferramenta visual que informa o consumidor quais equipamentos e eletrodomésticos no mercado são mais eficientes e que consomem menos energia. A metodologia é simples: para cada categoria de equipamento são estabelecidos índices de consumo e desempenho. Os fabricantes dos equipamentos que se interessam em obter o selo devem ser submetidos a ensaios em laboratórios indicados pela Eletrobras. Os candidatos que atingem esses índices são então contemplados com o Selo Procel.

## Procel Edificações

A exemplo da etiquetagem de equipamentos e eletrodomésticos, há o Selo Procel Edificações, que identifica as edificações (ELETROBRÁS, 2016) com as melhores classificações em eficiência energética. Assim como outros processos de certificação já apresentados, o Procel Edificações permite o conhecimento do nível de eficiência energética das edificações, possibilitando que o país evolua economicamente sem que haja um descontrole do controle do consumo de energia através da contínua melhoria dos incorporadores em desenvolver produtos imobiliários mais eficientes.

O primeiro passo para a obtenção do Selo Procel Edificações é submeter a edificação à análise de três sistemas: envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar. Esta análise permitirá que o empreendimento seja “etiquetado” com a classificação PBE Edifica, semelhante à dos produtos e eletrodomésticos. Deverá ser outorgado ainda na fase de projeto e posteriormente quando as obras já estiverem finalizadas.

Por definição, a etiqueta PBE informa o “nível de eficiência energética das edificações, sendo um retrato do potencial de economia de energia daquela edificação na etapa de projeto ou na etapa de edificação construída”. Coordenado pela Eletrobrás e executado em parceria com o INMETRO, o programa instrui de maneira prática e visual as classes de variação entre a mais eficiente (A) até à menos eficiente (E).



Selo Procel Edificações



Etiqueta PBE Edifica

Figura 3-7: Selos Procel Edificações e a Etiqueta PBE Edifica

Fonte: (ELETROBRÁS, 2014)

### 3.7 Sistema de ar condicionado em empreendimentos corporativos

É muito comum em empreendimentos corporativos que sejam considerados fatores como dimensionamento espacial (área disponível), localização dos espaços técnicos e consumo energético do sistema de ar condicionado para conforto térmico dos ocupantes. Considerando que o principal produto de venda de um empreendedor imobiliário seja a área a ser locada, são cuidados que não podem faltar no projeto de um sistema técnico.

Em termos de funcionalidade, o sistema de ar condicionado instalado em um edifício corporativo tem como principal objetivo buscar uma situação de equilíbrio térmico, em que as mesmas quantidades de calor produzidas pelo metabolismo dos usuários e pelos equipamentos elétricos e eletrônicos são perdidas para o ambiente interno (Cleto, 2017).

Historicamente, o primeiro edifício comercial a ter um sistema central de ar condicionado foi o Edifício Milam, em 1928 (ASME, 2020). Com seus 21 andares, o que o classificava na época como um “arranha-céus”, o edifício localizado na cidade de San Antonio, Texas, foi projetado por George Willis e construído pela LT Wright and Company, que contrataram a Carrier Engineering Corporation para fazer a instalação do sistema, que era composto de 2 Unidades Resfriadoras (Chillers) de 375 TR cada uma e 11 unidades de ar condicionado, responsáveis pelo insuflamento de toda a área interna do edifício.

O impacto no mundo corporativo foi gigantesco. Pela primeira vez era possível que os usuários permanecessem com as janelas fechadas, diminuindo consideravelmente as interferências da temperatura externa e aumentando a produtividade dos locatários. Com isto, aumentava-se a eficiência do ambiente dos escritórios e os proprietários do edifício viriam a descobrir que podiam cobrar mais pelo valor de locação (WEB AR CONDICIONADO, 2020).

Desde então o mercado imobiliário tem cada vez mais buscado soluções técnicas de climatização que atendam e se adequem às necessidades dos locatários e usuários finais. O dimensionamento dos equipamentos e das instalações deixou de ser apenas um projeto complementar e passou a ser determinante na concepção original dos

edifícios, em particularidades que vão desde a escolha do terreno para a construção até a disposição de mobiliários em seu interior.

### 3.7.1 Norma Brasileira de Ar Condicionado

Conforme a ABNT NBR-16401, os parâmetros básicos e os requisitos mínimos de projeto para sistemas de ar-condicionado centrais e unitários são atribuídos às seguintes características dos edifícios:

1. Concepção inicial da instalação – análise em conjunto com os agentes da incorporação e projetistas da edificação sobre as necessidades de climatização, consumo de energia e arquitetura interna e externa do empreendimento;
2. Definição das instalações – Conforme a ABNR NBR-13531 devem ser calculados preliminarmente as cargas térmicas, seleção preliminar de equipamentos, localização de salas de máquinas, dimensionamento de redes de dutos principais (verticais e horizontais), redes hidráulicas e frigoríferas, e as representações gráficas das instalações;
3. Identificação e solução de interfaces – Consolidar os cálculos, localizações e dimensões das salas de máquinas, juntamente com a compatibilização com elementos da edificação;
4. Projetos de Detalhamento – Contemplando espaços reservados à passagem das instalações, detalhes construtivos, fluxogramas técnicos e esquemáticos, descritivos de lógicas de controle e automação, especificações de equipamentos e componentes, cálculos de cargas térmicas por ambiente e memorial descritivo geral;
5. Projeto legal – Conforme a legislação local;
6. Detalhamento de obra e desenhos “As Built” (responsabilidade do instalador) – Demonstrando em desenhos e memoriais as necessidades de adequação ao projeto original, contendo as características de operação e manutenção preventiva do sistema, esquemas elétricos de controle, certificados de

garantia dos equipamentos e os relatórios de ensaio, ajustes finais e balanceamento do sistema.

Com base nestas premissas normativas, as demandas para atender às necessidades de climatização dos ambientes internos dos edifícios comerciais corporativos se tornam tecnicamente determinadas desde a concepção do projeto original. Ou seja, a NBR-16401 praticamente impede que um incorporador ou um fundo imobiliário com intenção de construir um empreendimento Triple A, não contrate uma equipe de projetos multidisciplinar desde a concepção e que nesta equipe não exista um engenheiro mecânico especializado em ar condicionado como projetista.

Além das premissas já apresentadas pela NBR-16401, o outro fator determinante é o consumo de energia elétrica que demandam os sistemas de ar condicionado, conforme anteriormente citado. Comparativamente um sistema de ar condicionado central, composto por uma unidade resfriadora de líquido (Chiller), um sistema de bombeamento e fan coils para fazer a distribuição do ar, é notoriamente mais eficiente no consumo de energia elétrica que um conjunto de Self Contained individuais espalhados nos andares. Para efeitos de cálculo, tomemos uma edificação fictícia com as seguintes características:

Tabela 3-2: Dados de edificação para cálculo de carga térmica

Fonte: Do Autor

Área a ser climatizada (ABL – Área Bruta Locável)	8.000m <sup>2</sup>
Demanda Térmica	400TR
Funcionamento do AC conforme convenção do condomínio	Segunda a Sexta das 7h às 19h
Cidade	São Paulo

Na concepção do projeto do edifício, foi considerado que o fornecimento dos equipamentos e a operação do ar condicionado ficaria a cargo do edifício, representado pela administração do condomínio. Ou seja, no contrato de locação com cada futuro locatário será incluído o compromisso de fornecer a temperatura de conforto conforme a norma técnica, para todos os usuários. Para tanto, os investidores precisam decidir juntamente com os projetistas quais serão as premissas das instalações de ar

condicionado, e qual o modelo de sistema de produção térmica a ser adotado. Inicialmente, há duas possibilidades:

- Expansão direta, com equipamentos do tipo Split Systems ou VRF (*Variable Refrigerant Flow*) instalados em toda a laje, com a necessidade de uma varanda técnica para a alocação dos condensadores dos splits que ficarão dispostos conforme o ambiente de cada locatário;
- Expansão indireta, com a composição de uma Central de Água Gelada com Chillers e bombas, uma Central de Água de Condensação para as torres de resfriamento e um espaço em cada andar para a instalação dos Fan Coils que farão a distribuição de ar conforme a disposição dos ambientes de cada locatário.

### 3.7.2. Sistema de expansão indireta

Conforme Maran (MARAN, 2005), um sistema de expansão indireta de ar condicionado é aquele que se resfria um fluido (geralmente água) que indiretamente é responsável pela troca de calor com o ambiente a ser climatizado ou resfriado. Ou seja, há um sistema que produz água gelada, e esta por sua vez vai ser direcionada e distribuída para equipamentos que farão o condicionamento do ar.

De acordo com o consultor Leonilton Tomaz Cleto (CLETO, 2017) em “Ar Condicionado – Guia Prático sobre Sistemas de Água Gelada”, os sistemas indiretos de produção de água gelada mais utilizados são os seguintes:

Tabela 3-3: Tipologias de Sistemas de Expansão Indireta

Fonte: Do autor

Tipologia	Circuitos	Vazão	Sistema
CIRCUITO ÚNICO DE ÁGUA GELADA COM VÁLVULAS DE 3 VIAS	Circuito único de água gelada	Vazão total constante nos chillers e prumadas	Válvulas de 3 vias para controle de vazão de água gelada e um único conjunto de bombas
CIRCUITO ÚNICO DE ÁGUA GELADA COM VÁLVULAS DE 2 VIAS	Circuito único de água gelada	vazão total constante nos chillers	Válvulas de 2 vias para controle de vazão, uma tubulação de bypass, para controlar a vazão e garantir a vazão constante nos chillers. Um único conjunto de bombas
CIRCUITO PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO DE ÁGUA GELADA	Dois circuitos. O Primário para atender os Chillers com vazão constante e o Secundário para atender as prumadas com vazão variável	Vazão constante entre os chillers e variável para a prumada conforma a demanda de carga térmica	Dois conjuntos de bombas, sendo um para o primário e outro para o secundário. Possui inversores de frequência, tubulação de bypass entre os circuitos primário e secundário para garantir o equilíbrio entre os circuitos e mantê-los na pressão de sucção.

CIRCUITO PRIMÁRIO DE ÁGUA GELADA VARIÁVEL	Circuito único de água gelada.	Vazão variável em todo sistema.	Um único conjunto de bombas, que segue inicialmente para os chillers e depois para as prumadas. Válvulas de 2 vias, inversores de frequência e Tubulação de by-pass entre as linhas de saída do chiller e as prumadas, para manter o nível de pressão do chiller dentro dos parâmetros.
Tipologia	Circuitos	Vazão	Sistema
CIRCUITO ÚNICO COM VAZÃO DE ÁGUA GELADA VARIÁVEL	Circuito único de água gelada	Vazão variável em todo sistema, porém com as bombas dimensionadas para atender aos equipamentos usuários em série com os chillers.	Em caso de vários circuitos paralelos de distribuição de AG, quando cada circuito tiver um conjunto de bombas com curvas características distintas, é possível ter um controle de pressão (e vazão) independente em cada circuito. No retorno, através de um barrilete, todos os circuitos se unem e seguem para os chillers. Neste caso, a vazão atual nos chillers também é variável, igual à vazão total dos usuários. Válvulas de 2 vias para controle de vazão. O trecho de bypass (na sucção das bombas de água gelada principais) possui uma bomba auxiliar, acionada apenas para evitar a vazão mínima nos chillers, que também opera com vazão variável.

### CIRCUITO ÚNICO DE ÁGUA GELADA COM VÁLVULAS DE 3 VIAS

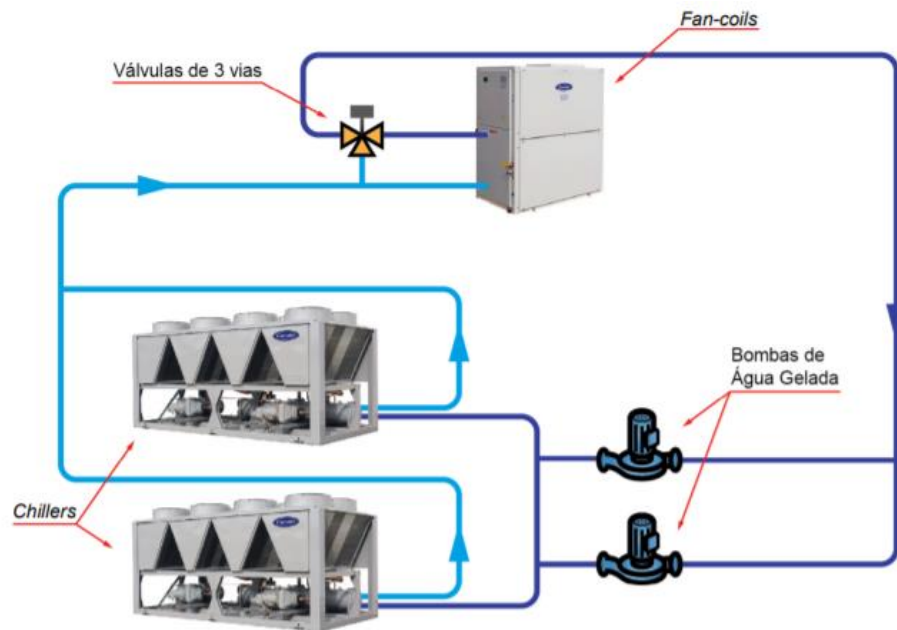


Figura 3-8: Fluxograma de circuito único de água gelada e válvula de 3 vias  
Fonte: Media Carrier do Brasil Ltda. e arte de Q&A Designers.

### CIRCUITO ÚNICO DE ÁGUA GELADA COM VÁLVULAS DE 2 VIAS

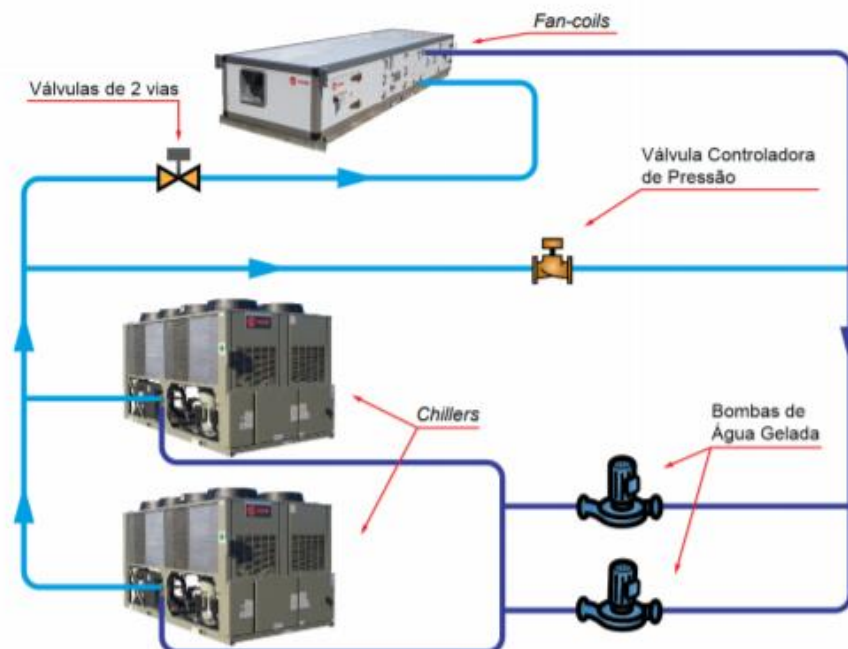


Figura 3-9: Fluxograma de circuito único de água gelada com vazão constante e válvula de 2 vias  
Fonte: Trane - Ingersoll Rand do Brasil Ltda. e arte de Q&A Designers.

## CIRCUITO PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO DE ÁGUA GELADA

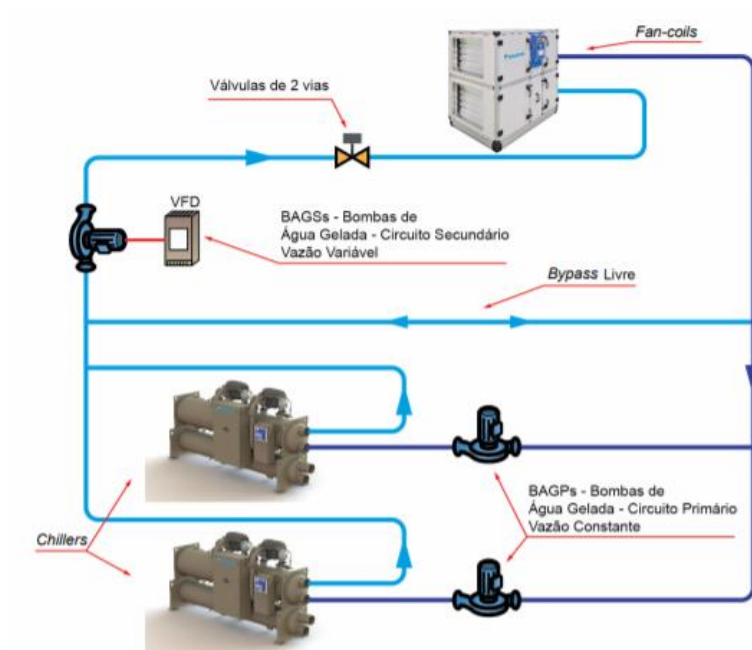


Figura 3-10: Fluxograma de circuito primário e secundário de água gelada

Fonte: Daikin do Brasil Ltda. e arte de Q&A Designers.

## CIRCUITO PRIMÁRIO DE ÁGUA GELADA VARIÁVEL

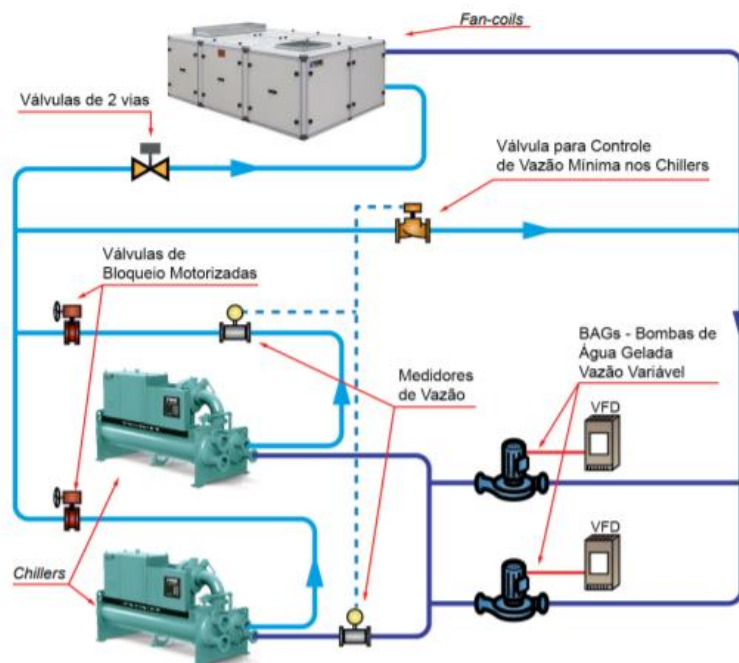


Figura 3-11: Fluxograma de circuito primário de água gelada com vazão variável

Fonte: Johnson Controls BE Ltda. e arte de Q&A Designers.

## CIRCUITO ÚNICO COM VAZÃO DE ÁGUA GELADA VARIÁVEL

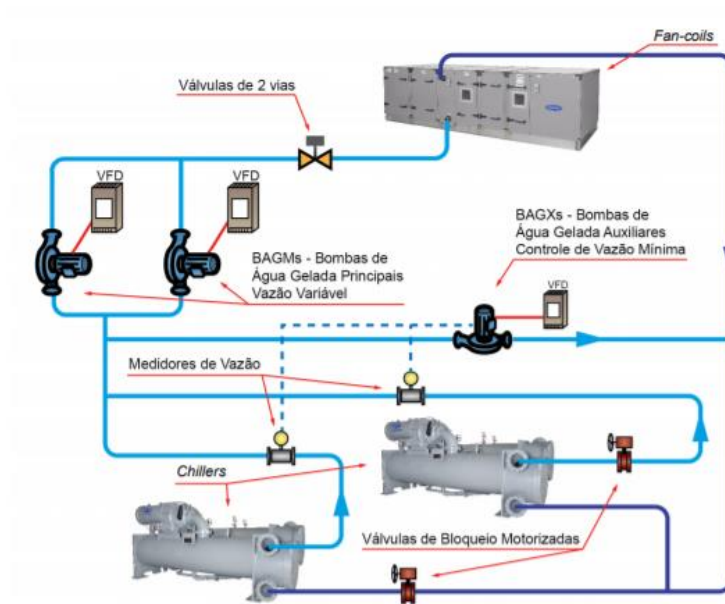


Figura 3-12: Fluxograma de circuito único de AG, com vazão variável e bombas de vazão

Fonte: Midea Carrier do Brasil Ltda. e arte de Q&A Designers.

### Chillers em Série

Para esta última aplicação - CIRCUITO ÚNICO COM VAZÃO DE ÁGUA GELADA VARIÁVEL - existe a possibilidade de configurar os chillers em série, gerando uma eficiência energética de até 15% no sistema de água gelada (além dos ganhos com a utilização do circuito único variável). Entretanto há de se avaliar se os evaporadores são aptos a operar com o diferencial de temperatura entre 9°C e 11°C que este sistema determina, ou mesmo se a o condomínio permite tais temperaturas na convenção.

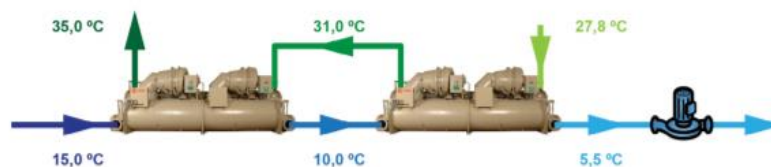


Figura 3-13: Fluxograma de um sistema com circuito único de água gelada com vazão variável com a associação de chillers em série em contra-fluxo entre os circuitos de água gelada e água de resfriamento

Fonte: Trane - Ingersoll Rand do Brasil Ltda. e arte de Q&A Designers.

### 3.7.3. Estratégias de eficiência energética em sistemas de ar condicionado

Para efeitos de classificação, há duas possibilidades de estratégias com foco em eficiência energética dos sistemas de ar condicionado em edifícios já construídos e em operação. Com ou sem alterações diretas na infraestrutura e instalações existentes.

#### 3.7.3.1 Retrocomissionamento do sistema de produção de água gelada

Segundo Cleto (CLETO, 2017) em “Ar Condicionado – Guia Prático sobre Sistemas de Água Gelada”, o retrocomissionamento é “o processo de comissionamento a ser realizado em edifícios existentes, que consiste em uma investigação detalhada do sistema, incluindo projeto executivo, instalação e condições de operação e desempenho atuais, a fim de identificar problemas e otimizar o sistema de ar condicionado do edifício”.

Não sendo apenas um diagnóstico de energia e consumo, partindo do princípio que as edificações existentes muitas vezes ao longo do tempo acabam por adotar procedimentos operacionais sem a devida consulta aos projetistas conceituais e originais, os parâmetros de operação outrora desenhados se perdem ou são considerados menos relevantes. o retrocomissionamento tem como principal objetivo recuperar os requisitos de conforto, qualidade do ar e eficiência do projeto. Segundo o “Guia Interativo de Eficiência Energética em edificações” (SCHINAZI, FUKUOKA, JORDAN, ORTIZ, FERRONATO E ISSA: 2018), o processo de retrocomissionamento é peça fundamental para se garantir que uma CAG permaneça continuamente eficiente energeticamente.

Ainda segundo o “Ar Condicionado – Guia Prático sobre Sistemas de Água Gelada” há comparações entre as arbitrárias substituições de Chillers que são feitas sem estudos elaborados e um processo de retrocomissionamento:

“Substituir um chiller exige grandes investimentos e habitualmente só se mostram viáveis em empreendimentos com sistemas e equipamentos obsoletos e muito pouco eficazes, algo que pode ser minimizado ou mesmo descartado quanto mais elaborado for o projeto, entendendo as necessidades do usuário e modificando o *modus operandi* da instalação.”

### 3.7.3.2 Arranjo da CAG

De acordo com uma das maiores fabricantes de equipamentos de ar condicionado do mundo, a Carrier, há uma preocupação demasiada do mercado em buscar eficiência de um determinado equipamento através de uma análise aritmética comparativa entre os COPs (Coeficiente de performance) ou em carga parcial conforme AHRI (American Heating and Refrigeration Institute), sem a devida análise da eficiência do sistema como um todo. Em entrevista à revista Engenharia e Arquitetura (ALMEIDA, 2020), o posicionamento da empresa é de que as soluções precisam ser mais abrangentes que simplesmente uma substituição de equipamentos antigos por modelos mais novos, citando exemplos de especificações de chillers centrífugos com inversor de frequência, ótimas combinações de COP/IPLV mas instalado em regiões cuja água de condensação vai sempre estar por volta de 29.5°C, fazendo com que o equipamento jamais renda o que poderia, mostrando que ele pode não ser a melhor solução para o problema.

Para tanto, segue uma breve análise de conceitos sobre os equipamentos principais em uma CAG, e algumas de suas características de funcionamento com base nesta premissa.

#### Chillers

Esta conceituação de que o dimensionamento e quantificação de Chillers, bombas e demais equipamentos dependem também do tamanho do sistema, do tipo de edifício (shopping center, supermercado ou um edifício comercial) do tipo e variação de carga e do tipo de operação é quase unânime entre os especialistas.

Conforme o “Ar Condicionado – Guia Prático sobre Sistemas de Água Gelada” (CLETO, 2017), a posição dos chillers, em série ou em paralelo, pode impactar diretamente no desempenho e eficiência da CAG: “Chillers em paralelo terão a vazão total dividida pela quantidade de URs e a perda de pressão no trecho de tubulação de cada chiller será a mesma. Ou seja, a perda de pressão total no circuito será a perda de pressão do circuito geral mais a perda de pressão no trecho de um chiller. Portanto, a perda de pressão total será menor quando comparado com chillers em série. Por outro lado, chillers em série terão a vazão total circulando em cada chiller em série e a perda

de carga em cada chiller será adicionada à perda de pressão total no circuito. A perda de pressão total no circuito será a perda de pressão do circuito geral mais a perda de pressão no trecho de cada chiller em série. Nesse caso, a perda de pressão total no circuito será maior.”, confirmando que a configuração ou arranjo de uma CAG precisa ser determinada pelas características de um ambiente e não apenas pelo grau de eficiência que planeja.

### Bombas

Segundo o “Guia Interativo de Eficiência Energética em edificações”, o arranjo e configuração das bombas é fundamental para se melhorar a eficiência de um sistema de uma CAG. Diferentes concepções das bombas das CAGs possuem desempenhos diferentes (podem ter uma eficiência energética total entre entre 30% e 40% maior) simplesmente pela concepção adotada, principalmente quando se compara com a eficiência dos sistemas mais antigos.

### Variadores de Frequência

Os conversores (ou variadores) de frequência são fundamentais para uma maior eficiência energética de uma Central de Produção de Água Gelada. Uma redução de apenas 20% na velocidade de bombeamento ou vazão (de um ventilador) pode gerar uma economia de até 50% no consumo de energia, além de contribuir para a redução nos custos de manutenção, desde o gerenciamento da pressurização até o aumento da vida útil dos demais componentes, devido as proteções ao sistema”, conforme avaliação da Danfoss, uma das maiores empresas de automação em todo o mundo.

É fato que o motor do chiller é o maior consumidor de energia de uma CAG. Há concepções em que ele pode ser responsável por 60% do consumo de eletricidade. No entanto, fica claro a partir dos argumentos até aqui apresentados de que quaisquer soluções devem, antes de uma aplicação arbitrária, serem discutidas com projetistas, fabricantes e consultores especializados.

### Termoacumulação

De acordo com Patrícia Sathler Queiroz (QUEIROZ, 2011), o sistema de termoacumulação é aquele que transforma a energia elétrica nos períodos de consumo Fora de Ponta em energia térmica interna, armazenada em bancos de gelo ou tanques

de água gelada, se tornando uma alternativa para aliviar o sistema elétrico no horário de ponta em consumidores que dependem da carga térmica neste horário de tarifas mais caras da concessionária. É bastante utilizada em shopping centers, hotéis, supermercados, centros de convenções, edifícios comerciais, estabelecimentos de ensino, aeroportos, indústrias em geral e hospitais.

Tabela 3-4: Vantagens e Desvantagens da Termoacumulação  
Fonte: Do Autor

Vantagens	Desvantagens
Redução do tamanho da, reduzindo o custo inicial dos equipamentos do sistema de climatização	A necessidade de grandes espaços para instalação dos reservatórios de armazenagem
Redução de custos com energia e o gerenciamento pelo lado da demanda.	Altos investimentos iniciais em equipamentos
Maior confiabilidade e segurança do sistema de refrigeração, devido ao armazenamento de energia	Manutenção especializada para as Iceballs (Termoacumulação de gelo)
Melhor aproveitamento diário de energia, aumentando o fator de carga do sistema de frio	Necessário um Volume muito grande de água (Termoacumulação de água gelada)
Contribui para a redução do impacto ambiental, por ser tecnologia limpa	

#### i) Termoacumulação de Água Gelada

Conforme Cleto (CLETO, 2017) este é “o melhor e mais eficiente sistema de água gelada disponível”. A configuração básica é de um tanque de grande volume, com as bombas primárias atendendo os chillers e as bombas secundárias atendendo os equipamentos usuários. O tanque é instalado na tubulação de bypass entre os dois circuitos e o fluxo para o tanque será em função da diferença de vazão entre o circuito primário e secundário.

#### ii) Termoacumulação de Gelo

Utilizando o “calor latente” da fusão do gelo como fonte de resfriamento, há uma redução da dimensão dos tanques em comparação com o modelo de água gelada, (Tomaz, 2017) mas os chillers precisam ser configurados especificamente para este fim. Os sistemas mais utilizados são os seguintes:

**Ice Balls** – Esferas herméticas, com cerca de 100 mm de diâmetro, contendo água destilada no seu interior. O volume dos tanques é preenchido tipicamente com solução anticongelante de água e etilenoglicol a 25%. No processo de produção de gelo (horário Fora de Ponta da Concessionária), a solução de glicol circula em baixa temperatura (em torno de -6 °C) pelo tanque, congelando a água no interior das Ice Balls. No processo de “queima” de gelo (horário de Ponta), a solução de glicol que retorna da prumada (em torno de 12 °C), circula pelo tanque fundindo o gelo no interior das Ice Balls.

**Tanques com Serpentinhas** – Também utiliza uma solução de etilenoglicol a 25%, só que em tanques de menor volume com serpentinhas flexíveis de polietileno, imersas em água. O processo de produção e queima de gelo é semelhante ao das Iceballs. O circuito que alimenta os chillers é o mesmo que alimenta os tanques, enquanto o secundário alimenta as prumadas.

### 3.7.4 Sistema de redes distritais de água gelada

Basicamente, um sistema de District Cooling (DC) produz água gelada e a distribui para vários edifícios por meio de uma rede de tubos subterrâneos para utilização de sistemas de ar condicionado e climatização (GARUTI, 2019). Os edifícios compram a água gelada para seus equipamentos evaporativos e com isto não têm a necessidade de instalar suas próprias Centrais de Água Gelada.

O District Cooling é um sistema de ar condicionado com baixo consumo de energia, uma vez que consome menos eletricidade em comparação com os sistemas de ar condicionado usuais (comparado com Chillers de Condensação a ar, a redução pode chegar a 35%).

A composição de um District Cooling é basicamente esta:

- Chillers – responsáveis pela produção de água gelada.
- Rede de distribuição – que fazem a distribuição da água para os clientes individuais (unidades consumidoras);
- Casa de Bombas – Responsáveis pelo bombeamento da água gelada para as unidades consumidoras.

#### Chillers

Considerados o grande “coração de uma central de água gelada, o papel dos Chillers nos District Cooling é o mesmo: Retirada do calor da água e consequente produção de água gelada (THORNTON, 2008). Há instalações que trabalham com chillers elétricos, chillers de absorção, ou que captam outras fontes como resfriamento ambiente ou “resfriamento gratuito” de lagos profundos, rios, aquíferos ou oceanos (mais comum em países de clima frio).

Com o intuito de se aproveitar a economia de escala e a ausência de uma simultaneidade das cargas das diversas unidades consumidoras da água gelada produzida pelo District Cooling, muitas vezes são empregados conjuntos de chillers e sistemas de arrefecimento a água (como torres de resfriamento).

## Rede de Distribuição

A água gelada gerada pelo District Cooling é distribuída para os usuários por meio de tubos de abastecimento e é devolvida após a extração do calor dos sistemas secundários de água gelada dos edifícios (Fan Coils). As bombas distribuem a água gelada criando um diferencial de pressão entre as linhas de fornecimento e retorno, que precisa ser compensado para que o circuito de água seja novamente iniciado nos Chillers.

## CAGs individuais

Cada unidade consumidora de água gelada precisa de uma interface com a tubulação principal do District Cooling. Esta interface é comumente chamada de subestação do consumidor ou CAG individual. Ela é geralmente composta de unidades de tratamento de ar, trocadores de calor e a tubulação de distribuição água gelada interna em cada edifício. A ligação ainda pode ser feita diretamente, sem que haja necessidade de uma sala ou central física para a alocação dos equipamentos, ou indiretamente, através de uma sala específica.

#### 3.7.4.1 District Coolings no Brasil

Não há plantas de DC gerenciado por companhias de energia. Segundo Garuti (GARUTI, 2019), os problemas que ocasionam a falta de viabilidade estão relacionados à comercialização de energia elétrica, incentivos para cogeração, estrutura do mercado de gás natural e à própria política de distribuição de água gelada. No entanto, há exemplos de DCs bem sucedidos em empreendimentos comerciais como os que seguem abaixo.

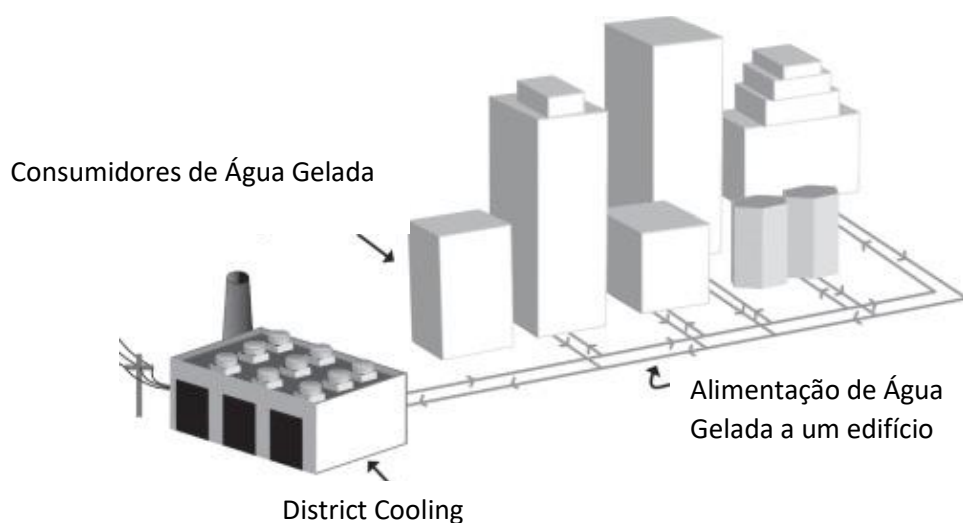
##### Projac

A Central Globo de Produção – CGP (CALMON, 2005) é o maior centro de produção de TV da América Latina. Instalada numa área total de 1.650 mil m<sup>2</sup>, possui 156.000 m<sup>2</sup> de área construída e 160.000 m<sup>2</sup> de áreas cenográficas. Com propostas defendidas pelo INEE - Instituto Nacional de Eficiência Energética, como utilização da cogeração e uso de veículos elétricos, além de outros projetos ambientais, a energia da co-geração é gerada a partir de gás natural e são geradas 1000TR com LiBr<sub>2</sub> e mais 500 toneladas com o R134. Em funcionamento desde 2001 a partir de estudos técnicos e econômicos realizados por empresa de consultoria especializada., a central de cogeração de energia térmica e elétrica é movida a gás natural da Bacia de Campos e gera 4,9 MW.

##### Rochaverá

Com uma área de 125,000m<sup>2</sup> de ABL, o Rochaverá Corporate Towers possui um sistema de cogeração a gás natural que atende 100% da demanda elétrica do edifício e 100% da demanda de climatização (GARUTI, 2019). A água gelada é produzida pelos 4 chillers de absorção de 540TR cada, que utilizam o calor dos gases de escape dos 4 geradores de 2.055kW movidos a gás natural como fonte de energia. Este District Cooling ainda conta com um chiller de 320TR movido a queima direta de gás natural, 2 chillers elétricos de 340TR e três chillers de 450TR.

Figura 3-14: Esquemático de um District Cooling  
Fonte: S. Tredinnick, G. Phetteplace, 2016



### 3.7.5. Retrofit de centrais de água gelada

De acordo com a Recomservice (empresa especializada em Retrofit de Centrais de Água Gelada), uma das formas de se obter maior rendimento energético em CAGs de edifícios comerciais é a substituição de chillers antigos por novos com compressor parafuso ou centrífugo de velocidade variável, assim como a otimização contínua dos sistemas de automação, por meio de algoritmos inteligentes, flexíveis ou flutuantes.

Considerando que os equipamentos novos terão maiores níveis de eficiência a cada ano, por meio do avanço de tecnologias de velocidade variável e gestão de performance automatizada, e sabendo que os sistemas de ar condicionado representam uma média de 60% do consumo de energia elétrica de edifícios comerciais, o Brasil tem um potencial enorme para se gerar economia. Mas a substituição ou instalação de um chiller de alta performance não é suficiente. Há de se conceber um projeto igualmente eficiente, com manutenção profissionalmente capacitada para lidar com o sistema como um todo.

### 3.7.5.1 Cases

**TRANE** – A Trane apresentou durante o último Congresso Brasileiro de Eficiência Energética o case do Retrofit de um Shopping na cidade de Goiânia, que tem mais de 132 mil m<sup>2</sup> de área construída.

Após o estudo energético, a Trane desenvolveu um projeto de Retrofit substituindo a instalação anterior (Três chillers de 390 TR) por equipamentos de alta eficiência e sistemas de gerenciamento automatizados reduzindo o consumo em 36% na conta de energia elétrica. Sob o modelo de contratação *turnkey*, a Trane se tornou responsável por toda a execução.

**JOHNSON CONTROLS** – Sem sistema de automação e baixa qualidade da climatização, alto consumo de energia e baixo conforto térmico. Esta era a situação de um Shopping da região dos lagos no Rio de Janeiro antes do Retrofit proposto e executado pela Johnson Controls.

A empresa instalou um sistema de automação para a CAG, modulando as bombas, torres e chillers. Instalou atuadores nas linhas de água gelada e ar condicionado para controlar as válvulas e conseqüentemente a operação dos chillers e a vazão de água gelada. De acordo com a JC, estima-se uma redução de até 20% do consumo de energia, sem contar as melhorias de atendimento à carga térmica demandada.

#### 4. ESTUDO DE CASO

O próximo capítulo descreve a concepção e o desenvolvimento de um projeto em um complexo comercial multiusuário que apresentava obsolescência de suas CAGs. Este estudo de caso busca aplicar a metodologia apresentada anteriormente, com o objetivo de avaliar a viabilidade do Retrofit das diferentes CAGs do Complexo, unificando-as e formando um sistema de District Cooling, com as devidas previsões dos investimentos e custos operacionais referentes ao ano de 2015.

O local avaliado é a cidade de São Paulo. O Complexo Comercial é o World Trade Center São Paulo composto pela WTC Business Tower, D&D Shopping, Sheraton Hotel, Centro de Convenções e Golden Hall.

#### 4.1. Complexo World Trade Center São Paulo/ D&S Shopping/ Sheraton Hotel/ Convention Center/ Golden Hall

Figura 4-1: Foto do Complexo WTC-SP/ D&D Shopping/ Sheraton Hotel/ Convention Center/ Golden Hall  
Fonte: Cortesia da Administração do Edifício WTC



##### 4.1.1 Breve descrição do empreendimento

A primeira associação feita à marca World Trade Center é ao famoso complexo de edifícios, localizado em Nova York, que teve suas duas principais torres colapsadas após os ataques em 11 de setembro de 2001. No entanto, há diversos “World Trade Center” espalhados pelo mundo, como o de Curitiba (PR) e o de São Paulo, localizado na região da avenida Nações Unidas (Marginal Pinheiros), próximo ao polo comercial da Avenida Engenheiro Luís Carlos Berrini.

Fundado em 1995, o World Trade Center São Paulo é considerado um dos mais importantes complexos de negócios da América Latina. É composto pela Business Tower (uma torre de escritórios), pelo Sheraton São Paulo WTC Hotel, pelo WTC Events Center, e pela integração com o D&D Shopping.

##### Business Tower

Desde sua concepção com perfil de multiusuário, a torre sedia empresas em escritórios que locam pequenas ou grandes áreas brutas locáveis (ABL). São 25 andares, cada um com aproximadamente mil metros quadrados. O ar condicionado é

realizado pela distribuição da água gelada através das tubulações dos shafts provenientes da Central de Água Gelada do edifício e com o fancoils de cada pavimento, que fazem o insuflamento direto em cada sala comercial/ escritório.

#### D&D Shopping

O Shopping D&D é considerado o mais completo shopping de decoração do Brasil. Com 24 mil metros quadrados, o local conta com 90 lojas, restaurantes e cafés, além de 2 mil vagas de estacionamento. O Ar condicionado é central e distribuído através das tubulações de água gelada, e então climatizado internamente e individualmente através dos fancoils de cada loja. Nas áreas comuns o ar condicionado é feito através dos fancoils de piso.

#### Sheraton São Paulo WTC Hotel

Primeiramente sob a bandeira da operadora Meliá, este hotel possui 298 acomodações com ar condicionado central, controlado individualmente por cada quarto (Fancoletes). Possui diversas lojas, piscina, restaurantes, lavanderia, confeitaria, academia e spas entre outras dependências e serviços.

#### WTC Convention Center

Esse centro abriga diversos eventos, fóruns e exposições, sendo realizados anualmente mais de mil eventos. Com mais de 12 mil metros quadrados, é dividido em 60 espaços flexíveis e permite a realização tanto de grandes como de pequenos eventos.

#### Golden Hall

Com Capacidade máxima até 2500 pessoas, área total 3150m<sup>2</sup> e 15 metros de pé direito, ar condicionado modulares, que pode ser alugado de diversas formas e tamanhos, conforme a necessidade do cliente. Possui também Heliponto próximo ao espaço e Foyer exclusivo com 1.071 m<sup>2</sup>.

## 4.2. Características do Caso base

### 4.2.1 Sistemas de Geração de Água Gelada

Para este trabalho foram apenas consideradas as questões relativas às centrais de água gelada existentes no Complexo WTC, de maneira que os sistemas de distribuição de água gelada, insuflamento, retorno e considerações às formações de cargas térmicas das unidades de negócios não foram analisados.

A construção e projetos iniciais das centrais de geração de água gelada das unidades de negócios do Complexo possuíam as seguintes configurações:

#### Business Tower

- 1 tanque de termoacumulação (iceballs) com 300TR de capacidade;
- 2 Unidades Resfriadoras de líquido (Chillers) Carrier modelo 19XR 450 de 400TR;
- 1 conjunto de 3 bombas de água gelada para o circuito primário;
- 1 conjunto de 3 bombas de água gelada para o circuito secundário;
- 1 trocador de calor para o circuito primário;
- 1 conjunto de bombas de água de condensação;
- 2 torres de arrefecimento de água de condensação.

Exceção feita às torres de arrefecimento, que se localizam na cobertura do edifício, no andar técnico (29º pavimento), todos os demais equipamentos eram originalmente instalados no 1º Subsolo (1º subnível abaixo do pavimento térreo), em uma sala técnica denominada CAG – Torre.

O projeto desta CAG tinha originalmente a concepção de gerar 800TR de água gelada a serem distribuídos para o edifício, considerando tanto áreas comuns quanto áreas privativas dos escritórios e outras áreas locadas. Em função dos maiores valores das tarifas de energia e demanda praticados nos horários de ponta (segunda à sexta-feira, das 17h30 às 20h30), o projeto contava com o processo de *peak shaving*. Durante estes períodos, ao invés de se utilizar a produção de água gelada pelos chillers (com um custo muito mais alto de energia elétrica à operação), as URs eram desligadas, e entrava em funcionamento o tanque de termoacumulação, distribuindo a água gelada aos fancoils do edifício, que estava armazenada no interior do tanque. Conforme explicado

no capítulo anterior, o tanque somente armazena a água gelada, produzida pelos chillers durante as primeiras horas da manhã (00h00 às 6h00).

Desta maneira, originalmente o cronograma de funcionamento dos equipamentos era feito da seguinte maneira:

Tabela 4-1: Cronograma de funcionamento dos Chillers da Business Tower  
Fonte: Do autor

Atividades dos Chillers	Início	Fim
Chillers geram para o edifício	07:00	17:30
Chillers parados/ Termoacumulação "queimando" gelo	17:30	20:30
Chillers desligados	20:30	00:00
Chillers geram para a termoacumulação	00:00	06:00
Chillers desligados	06:00	07:00

#### D&D Shopping

- 1 tanque de termoacumulação (iceballs) com 300TR de capacidade;
- 2 Unidades Resfriadoras de Líquido (Chillers) Carrier modelo 19XR 450 de 330TR;
- 1 conjunto de 3 bombas de água gelada;
- 1 conjunto de 3 bombas de água de condensação;
- 2 torres de arrefecimento de água de condensação.

Da mesma maneira que na CAG da Business Tower, todos os equipamentos (exceção feita às torres de arrefecimento, também localizadas no 29º pavimento) eram originalmente instalados no 3º Subsolo (3º subnível abaixo do pavimento térreo), em uma sala técnica denominada CAG – Shopping.

O projeto desta CAG tinha originalmente a concepção de gerar 660TR de água gelada a serem distribuídos para o Shopping, considerando tanto áreas comuns quanto áreas privativas das lojas e restaurantes. Operacionalmente análogo à operação do edifício, o projeto contava com o processo de *peak shaving*, utilizando a água gelada que estava armazenada no tanque de termoacumulação, que havia sido produzida pelos chillers durante as primeiras horas da manhã (00h00 às 6h00).

Desta maneira, originalmente o cronograma de funcionamento dos equipamentos era feito da seguinte maneira:

Tabela 4-2: Cronograma de funcionamento dos Chillers do D&D Shopping  
Fonte: Do autor

Atividades dos Chillers	Início	Fim
Chillers geram para o edifício	07:00	17:30
Chillers parados/ Termoacumulação "queimando" gelo	17:30	20:30
Chillers desligados	20:30	00:00
Chillers geram para a termoacumulação	00:00	06:00
Chillers desligados	06:00	07:00

No entanto, houve modificações bastante significativas no *modus operandi* e na estrutura do projeto inicial, tanto da CAG do Shopping quanto da Business Tower. Em função das características das cargas e principalmente das aquisições de novas demandas em função das comercializações de espaços para lojas, houve uma série de intervenções necessárias. Seguem abaixo algumas delas:

#### Unidades Resfriadoras (Chillers Centrifugos)

Historicamente as URs apresentavam COP muito baixo apesar de todas as manutenções preventivas e preditivas feitas regularmente (análise de óleo, análise de vibração, Eddy Current, varetamento dos tubos da condensadora, etc). Em contato com a Carrier, fabricante dos equipamentos, foi revelado que houve uma alteração do projeto inicial por solicitação do projetista do WTC, para que as máquinas viessem preparadas para "fabricação de gelo". Para tanto, adotaram um procedimento de "usinagem" dos impellers para que os Chillers pudessem operar com temperaturas mais baixas. No entanto, isto somente foi descoberto quando o impeller se rompeu. Mesmo após a substituição do componente, a eficiência da UR permaneceu prejudicada.



Figura 4-2: Fotografia dos Chillers originais da CAG da Business Tower  
Fonte: Foto tirada pelo próprio autor

### Tanques de Termoacumulação

O sistema de termoacumulação apresentou microfissuras em mais de 50% dos *Ice-Balls* e conseqüente contaminação pelo etilenoglicol, tornando os tanques ineficientes a tal ponto que deixaram de ser utilizados já em 2006.



Figura 4-3: Tanque de Termoacumulação da CAG Business Tower  
Fonte: Foto tirada pelo próprio autor

### Circuito Primário de Água Gelada

Na CAG do Shopping era necessário fazer uma reposição anual de EtilenoGlicol, pois não havia como controlar as perdas de água gelada nas intervenções de manutenções feitas por empresas contratadas pelos proprietários de lojas, que frequentemente (e inadequadamente) perfuravam as tubulações dos Fan-Coils nas lojas para efetuarem a limpeza de serpentinas. A baixa concentração do etilenoglicol resultava em uma menor eficiência do sistema de produção de água gelada e maior consumo energético das URs.

Na CAG da Business Tower havia um Trocador de Placas que isolava o circuito com etileno-glicol do secundário (Fan Coils) evitando assim perda de concentração de etileno. Mas esse trocador de placas apresentava perda de carga de aproximadamente

2°C, além de um alto custo de manutenção preventiva e corretiva. Em função disso, a administração optou por substituir o sistema, de maneira que não fosse mais necessária a utilização de um Trocador de Placas. Com isso, foi adquirido uma nova UR (Chiller) da Carrier modelo 19XR de 530TR, já com especificação de fábrica para suportar a coluna manométrica. adquirido foi fabricado para suportar coluna manométrica do edifício, eliminando assim a necessidade do Trocador.

### Torres de Arrefecimento

Após início da operação, a área onde as torres estavam instaladas sofreu diversas reformas que acabaram por confirmar as Torres. A eficiência dos sistemas de condensação caiu consideravelmente, pois houve uma grande redução da troca térmica. Uma melhoria (pouco eficaz) foi a instalação de venezianas e telas com grades para potencializar a circulação de ar e minimizar efeitos de curto-circuito de ar. Além disso, o ambiente com alta umidade demandava maiores despesas de manutenção, implicando em maiores incidências de efeitos corrosivos nas infraestruturas.

### Sheraton Hotel



Figura 4-4: Chillers da CAG Hotel  
Fonte: Cortesia da Administração do Hotel

- 2 Chiller Carrier Modelo 30GBE 175 TR Condensação a ar;
- 3 BOMBA DE ÁGUA GELADA PRIMÁRIA KSB / WEG Meganorm 72 m<sup>3</sup>h;
- 3 BOMBA DE ÁGUA GELADA SECUNDÁRIA KSB / WEG Meganorm 84,40 m<sup>3</sup>h / 35mca.

#### Convention Center

- 2 Chiller Trane RTAC 250DNJYACN02 de 250TR;
- 3 BOMBA DE ÁGUA GELADA PRIMÁRIA KSB / WEG Meganorm 100-200 / m<sup>3</sup>h 136,3 / 16 mca;
- 3 BOMBA DE ÁGUA GELADA SECUNDÁRIA KSB / WEG Meganorm 80-315 / 165,5 m<sup>3</sup>h / 50 mca.

#### Golden Hall

- 2 Split Hitachi modelo RCU 070SAZZA7P de 70TR;
- 1 Self Contained Carrier modelo 40PPA de 22TR;
- 3 BOMBA DE ÁGUA GELADA PRIMÁRIA KSB / WEG Meganorm 50-315 m<sup>3</sup>/h.

#### 4.2.2 Esquemático da Distribuição de Energia Elétrica

O Complexo WTC possui uma subestação principal que recebe duas linhas de MT em 34,5kV da Concessionária ENEL (anteriormente AES Eletropaulo), que operam em regime 1/1, ou seja, uma das linhas é a principal e a outra é a reserva. A medição da concessionária é feita em 34,5kV (antes da transformação para distribuição).

Há dois transformadores de potência de 7,5MVA cada um, que podem operar tanto paralelamente quanto simultaneamente, permitindo que manobras possam ser feitas, desde que sem cargas ligadas no secundário. Estes transformadores abaixam a tensão para 13,2kV, que alimentam o barramento principal de disjuntores do Complexo.

Paralelamente a esta alimentação, há um outro barramento de 13,2kV que é energizado diretamente por uma usina de Geração a Gás Natural, localizada em um edifício vizinho ao Complexo. Esta usina possui três geradores de 1,6MVA que têm a possibilidade de operar tanto em conjunto com a Concessionária quanto separadamente, o que permite à administração do Complexo a possibilidade de controlar a demanda das cargas e despacho das gerações conforme sua necessidade. Por exemplo, é possível direcionar parte das cargas para a Concessionária e outras partes para a Usina de Geração a Gás Natural, como controle de demanda a fim de não haver ultrapassagem dos valores contratados e conseqüente multa na fatura de energia elétrica.

Na cabine de barramentos de 13,2kV, onde fisicamente existem os dois barramentos de alimentação (Concessionária e Usina de GN), estão instalados os disjuntores que fazem a distribuição em Média Tensão para todas as cargas do Complexo. São eles:

- SE Escritórios Inferior;
- SE Administração Inferior;
- SE Escritórios Superior;
- SE Administração Superior;
- SE Shopping;
- SE Garagem;
- SE Hotel/ Centro de Convenções/ Golden Hall.

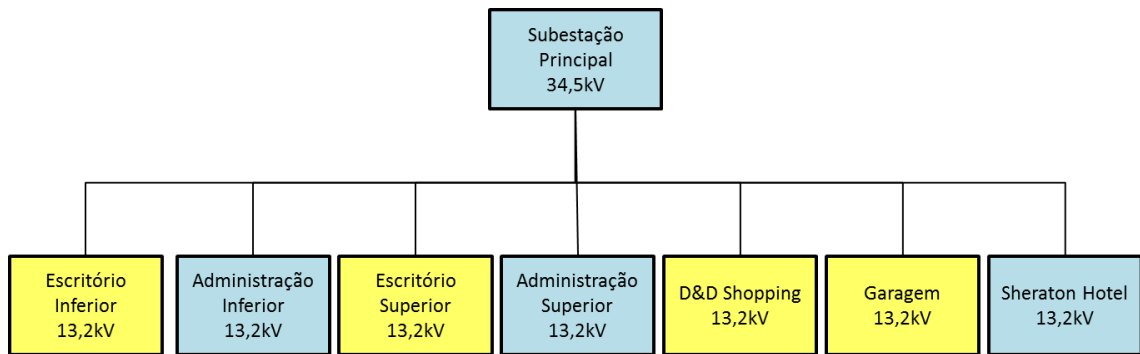


Figura 4-5: Diagrama Unifilar (esboço esquemático em blocos) da Subestação Principal do Complexo WTC - 34,5kV  
Fonte: Elaborado pelo Autor

#### 4.2.3 Os contratos de utilidades

##### Água e Esgoto

Com um consumo médio de 15.000m<sup>3</sup>/mês, o valor mensal da conta de água e esgoto do Complexo seria da ordem de R\$600.000 (valores atuais), um custo que seria inviável para ser repassado aos condôminos, usuários e hóspedes. Assim, em 2001, a administração do Complexo celebrou um contrato com a empresa GENERAL WATER, que se tornava responsável pelo gerenciamento de recursos hídricos, se comprometendo a:

- Implantar e operar poços tubulares profundos no empreendimento, fornecendo água tratada própria para consumo humano, de acordo com o padrão de potabilidade vigente;
- Trazer soluções técnicas/administrativas para reduzir o custo de esgoto perante a concessionária pública (SABESP);
- Trazer soluções técnicas para viabilizar a implantação de um sistema de reuso da água proveniente do próprio esgoto gerado no Complexo;
- Gerenciar o Sistema como um todo, de maneira que a tarifação aplicada aos usuários fosse sempre inferior à praticada pela Concessionária SABESP.

Como observação importante, uma das soluções técnicas elaboradas pela GW para a utilização do esgoto e tratamento para torná-lo água de reuso foi a utilização do tanque de termoacumulação da CAG do Shopping.

## Eletricidade

O Contrato de fornecimento de energia elétrica é com a empresa ENEL (anteriormente AES Eletropaulo). A modalidade contratada é a A4 Verde, recebida por duas linhas aéreas de distribuição em Média Tensão denominadas BAN 311 e BAN 312, que operam separadamente através da comutação do próprio empreendimento.

A demanda contratada pelo Complexo WTC é de 6,2MW, o que se torna insuficiente para a demanda total apresentada em alguns momentos pelas unidades de negócio. Eis o motivo de se utilizar o sistema de controle de demanda e a Usina de Geração a Gás Natural.

A responsabilidade da infraestrutura de entrada de energia da ENEL para este contrato termina no ponto de entrega no poste externo da propriedade, sendo então designada ao Complexo desde as muflas de 34,5kV do poste até as alimentações e distribuições internas.

## Gás Natural

O Contrato de fornecimento de gás natural é único para todo o empreendimento, apesar dos diferentes usos do combustível. Celebrado em 2002 pelo Complexo WTC, Comgás e a empresa Cummins, foram estabelecidos valores da tarifa em um modelo de *take-or-pay*, onde havia um valor de consumo mínimo mensal a ser pago à Concessionária, consumindo ou não este combustível.

Desde o ano de 2019, não há mais a necessidade de se utilizar a usina de geração, portanto o consumo de gás natural para este fim somente é considerado em casos de falta da concessionária, estando a usina em funcionamento manual.

### 4.3. Desenvolvimento do projeto

Em fevereiro de 2013, a empresa YAWATZ foi contratada para fazer uma análise da necessidade de substituição de dois chillers, sendo uma da CAG da Business Tower e outra da CAG do D&D Shopping. De acordo com as análises prévias da empresa

responsável pela manutenção geral e operação do sistema de ar condicionado do edifício e do shopping, o rendimento dos dois chillers estava abaixo de 60%, desenvolvendo uma relação de 0,56 TR/ kW.

A conclusão deste trabalho da YAWATZ apontou a necessidade imediata de substituição das duas unidades por baixíssimo rendimento, devido à obsolescência e ao estado de conservação de alguns componentes das URs, como seus condensadores. A YAWATZ comunicou à área operacional do edifício e do shopping sobre a ineficiência não apenas dos Chillers, mas das CAGs em si, apesar de todas as medidas anteriores tomadas antes desta análise. Ao mesmo tempo, as URs do Sheraton Hotel, Convention Center e Golden Hall também apresentavam eficiência reduzida, com uma demanda muito grande de manutenções corretivas que chegavam a afetar a operação do sistema para hóspedes e usuários.

Assim, em setembro de 2013, a YAWATZ foi contratada para fazer um projeto de Retrofit e interligação de todas as CAGs do Complexo WTC, para que uma nova concepção aproveitasse a simultaneidade de carga e consequente eficiência energética fossem adotadas à produção de água gelada de todas as unidades de negócio.

A Concepção do projeto tinha por objetivos iniciais:

- Economia do consumo de energia da ordem de 55% nas CAGs;
- Redução das áreas ocupadas pelas CAGs e disponibilização das mesmas para outros fins;
- Redução da ociosidade dos equipamentos (operação otimizada, pois os picos de carga térmica do shopping, do edifício e do hotel ocorriam em horários diferentes e havia intermitência dos eventos do Convention Center e Golden Hall, pela própria natureza do negócio, o que também gerava uma demanda de carga térmica muito flutuante);
- Redução sensível dos custos de manutenção com as CAGs;
- Maior confiabilidade no fornecimento de água gelada para todas as áreas do complexo do WTC-SP, incluindo equipamento reserva;
- A necessidade de uma automação que permitisse a operação da distribuição de água gelada nos volumes e temperaturas demandadas por cada unidade de negócio;

- Aproveitamento dos chillers já existentes com eficiência melhor que 0,9kW/TR;
- A eliminação da necessidade de manobras entre equipamentos do Hotel e do Centro de Convenções para atender as cargas;
- As dificuldades de se fazer grandes reformas nos ambientes das CAGs do Shopping e da Business Tower (dentro de pavimentos de garagens e próximas à circulação de pessoas) sem interferir na operação das unidades de negócio.

#### 4.4 Retrofit das CAGs – 3 possíveis cenários

Com base no histórico de informações, nas demandas de cargas térmicas das CAGs, nos valores de consumo de utilidades e nas demais características das unidades de negócio, será apresentada uma análise de viabilidade de três possibilidades de cenários com o objetivo de obter uma melhor eficiência energética a partir dos conceitos aprendidos no curso, com valores atuais e comparando as perspectivas de eficiência energética, projeções de consumo de utilidades e de investimentos de cada uma.

As três modalidades apresentadas são:

1. Substituição de equipamentos obsoletos das principais CAGs;
2. Interligação das duas CAGs do Shopping e do Edifício de Escritórios/  
Substituição de equipamentos obsoletos da CAG Hotel/ Convenções/  
Golden Hall;
3. Retrofit completo das CAGs, unificando-as em um único sistema, conforme o desenho proposto de District Cooling

#### 4.5 Descritivo técnico das propostas

##### 4.5.1 Substituição de equipamentos obsoletos das principais CAGs

Conforme observado nos capítulos anteriores, as bombas centrífugas e Chillers de todas as CAGs apresentavam alto grau de obsolescência e ineficiência energética, o que determina uma necessidade de ação neste sentido. A aquisição e instalação de novos Chillers, bombas centrífugas, quadros de força, automação e reforma de tubulações separadamente para cada uma das CAGs se torna assim uma possibilidade de melhoria

na eficiência, na operação dos sistemas e de redução do consumo de energia elétrica, com baixo impacto operacional, pois poucas interferências de obras seriam necessárias. Seguem abaixo as ações a serem tomadas neste cenário:

#### CAG da Business Tower – Edifício e CAG do D&D Shopping

- Substituição das bombas centrífugas de Água Gelada Primárias e Secundárias e as de condensação;
- Aquisição e instalação de uma nova UR de 400TR para o Shopping, substituindo a UR de 300TR obsoleta;
- Retrofit das 4 Torres de Resfriamento;
- Substituição da automação do sistema (obsoleta);
- Adequações das instalações hidráulicas e elétricas à nova configuração.

Em uma análise in loco, foi observada a necessidade de algumas obras civis e remanejamentos de tubulações hidráulicas para que o transporte interno dos novos equipamentos fosse possível, visto que as dimensões dos chillers (tanto o novo quanto o antigo) e das bombas dificultariam tal movimentação.

#### CAGs do Hotel/ Convenções e Golden Hall

- Aquisição de uma nova UR de 500TR;
- Retrofit completo de 2 UR de 250TR;
- Substituição das Bombas centrífugas de água gelada;
- Substituição da automação do sistema (obsoleta);
- Adequações das instalações hidráulicas e elétricas à nova configuração.

Após uma análise de valores com fabricantes e instaladores, foram estimados os custos de investimentos para este cenário de substituição e atualização dos sistemas de automação. Seguem no quadro abaixo:

Tabela 4-3: Estimativa de investimentos para o Cenário 1 - Aquisição de Equipamentos (Valores em Reais – R\$)  
 Fonte: Do autor

<b>CAG Shopping e CAG Torre de Escritórios separadas e Retrofitadas</b>	<b>3.701.000</b>
Retrofit das 4 Torres de Resfriamento	200.000
Aquisição de uma UR de 400TR	1.500.000
Instalação de uma UR de 400TR na CAG G3	300.000
Desmontagem e Descarte de 3 UR de 300TR	350.000
Aquisição das Bombas Centrífugas	450.000
Instalação das Bombas Centrífugas	300.000
Aquisição e Instalação dos Painéis de Força e Comando	90.000
Obras Civis	70.000
Instalações Hidráulicas	132.500
Instalações Elétricas	58.500
Automação do Sistema	250.000
<b>CAGs Hotel/ Centro de Convenções/ Golden Hall separadas e Retrofitadas</b>	<b>6.451.000</b>
Aquisição de uma UR de 500TR	3.300.000
Instalação de uma UR de 500TR	150.000
Retrofit completo de 2 UR Trane de 250TR	1.500.000
Desmontagem e Descarte de 2 UR de 175TR, 1 Self de 70TR e bombas	350.000
Aquisição das Bombas Centrífugas	145.000
Instalação das Bombas Centrífugas	95.000
Aquisição e Instalação dos Painéis de Força e Comando	375.000
Obras Civis	40.000
Instalações Hidráulicas	33.500
Instalações Elétricas	112.500
Automação do Sistema	250.000

Apresentando para este cenário de substituição de alguns equipamentos, Retrofit de outros e um “release” de sistemas de automação, uma estimativa de investimentos de R\$10.152.000.

#### 4.5.2 Interligação CAGs D&D Shopping e Business Tower/ Substituição de equipamentos obsoletos da CAG Hotel/ Convenções/ Golden Hall

Este cenário deve ser considerado como uma alternativa caracterizada por apresentar um maior nível de eficiência energética que a simples substituição dos equipamentos obsoletos, mas com maior impacto operacional em função das obras e movimentações de equipamentos nas áreas comuns do Complexo.

A configuração para a CAG Unificada entre Business Tower e D&D Shopping neste caso seria dada pelas seguintes ações:

- Retrofit de 4 Torres de Resfriamento;
- Aquisição de uma UR de 530TR;
- Interligação hidráulica entre as CAGs da Business Tower e do D&D Shopping, unificando-as com o intuito de se aproveitar as diferentes demandas de carga térmica em horários diferentes;
- Substituição da automação do sistema para uma nova configuração do sistema, considerando o fluxo variável na linha de água secundária.

A configuração para a CAG Hotel/ Convenções/ Golden Hall seria a mesma apresentada no primeiro cenário, repetindo as ações.

Da mesma maneira que no cenário anterior, após uma análise de valores com fabricantes e instaladores, foram estimados os custos de investimentos. Seguem no quadro abaixo:

Tabela 4-4: Estimativa de investimentos para o Cenário 2 - CAG Business Tower e D&D Shopping unificada + Retrofit CAG Hotel (Valores em Reais – R\$)

Fonte: Do autor

<b>CAG Shopping e CAG Torre de Escritórios unificadas</b>	<b>4.929.000</b>
Retrofit das 4 Torres de Resfriamento	200.000
Aquisição de uma UR de 530TR	1.987.500
Instalação de uma UR de 530TR	300.000
Desmontagem e Descarte de 3 UR de 300TR	350.000
Aquisição das Bombas Centrífugas	596.250
Instalação das Bombas Centrífugas	397.500
Aquisição e Instalação dos Painéis de Força e Comando	119.250
Obras Civas	250.000
Instalações Hidráulicas (Interligação)	268.500
Instalações Elétricas	85.000
Automação do Sistema	375.000
<b>CAG Hotel + Centro de Convenções</b>	<b>6.512.500</b>
Aquisição de uma UR de 650TR	3.300.000
Instalação de uma UR de 650TR na CAG HOTEL	150.000
Retrofit completo de 2 UR Trane de 250TR	1.500.000
Desmontagem e Descarte de 2 UR de 175TR, 1 Self de 70TR e bombas	350.000
Aquisição das Bombas Centrífugas	145.000
Instalação das Bombas Centrífugas	95.000
Aquisição e Instalação dos Painéis de Força e Comando	375.000
Obras Civas	100.000
Instalações Hidráulicas	135.000
Instalações Elétricas	112.500
Automação do Sistema	250.000

Apresentando estimativa total de investimentos de R\$11.441.500.

#### 4.5.3 Retrofit completo das CAGs – District Cooling

Conforme a proposta inicialmente apresentada ao Complexo em 2016, o conceito de District Cooling busca a unificação das CAGs com foco no aproveitamento das simultaneidades de funcionamento dos equipamentos, obtendo assim uma eficiência do funcionamento dos mesmos e minimizando a ociosidade das URs em horários de menor demanda por uma ou outra unidade de negócio.

Nesta releitura do conceito serão aplicados os valores de investimentos atualizados (2020), também com base em levantamentos feitos por fabricantes e instaladores.

As ações diretas necessárias para esta obra precisam ser faseadas, dadas as grandes interferências operacionais que o transporte interno de equipamentos e as modificações de estruturas civis (tanto de áreas técnicas quanto áreas de circulação de pessoas) demandam durante sua execução. Seguem abaixo as ações previstas:

- Aquisição de 3 UR de 567TR – Condensação a água;
- Aquisição de um novo conjunto de bombas de água de condensação e de água gelada (primário e secundário);
- Aquisição e instalação de um Trocador de Calor para o circuito primário;
- Aquisição de 6 novas torres de arrefecimento;
- Projeto, aquisição e instalação de nova automação para todo o sistema, considerando o arranjo em série das URs para um melhor aproveitamento e flexibilização durante a operação;
- Projeto, aquisição e instalação de uma nova Subestação de Média Tensão para alimentação do District Cooling;
- Eliminação e descarte das bombas antigas de todas as CAGs e das URs de Condensação a ar (Hotel/ Convenções/ Golden Hall);
- Configuração da área da CAG Hotel/ Convenções/ Golden Hall como setor da CAG District Cooling;
- Transporte interno das URs das CAGs do Shopping e da Business Tower para o local onde será construído o District Cooling (2 de 400TR e 1 de 500TR);
- Interligação hidráulica entre as prumadas de água gelada do Shopping e da Business Tower com a nova linha do circuito secundário a ser construída;
- Reforços estruturais e obras civis de adequação.

Abaixo, segue a estimativa dos valores de investimentos para este cenário:

Tabela 4-5: Estimativa de investimentos para o Cenário 3 - District Cooling (Valores em Reais – R\$)

Fonte: Do autor

<b>Investimento</b>	<b>17.750.000</b>
Projeto Executivo do District Cooling	200.000
Aquisição de 3 UR de 567TR	6.300.000
Instalação de 3 UR de 567TR	950.000
Start-up das 3 UR de 567TR	90.000
Projeto de Instalações Elétricas	150.000
Projeto de Estrutura Civil e Esforços	60.000
Projeto de Instalações Hidráulicas	30.000
Compatibilização de Projetos	60.000
Desmontagem, transporte interno e remontagem de 2 UR de 400TR	50.000
Desmontagem, transporte interno e remontagem de 1 UR de 500TR	35.000
Instalação das URs existentes na área de District Cooling	300.000
Aquisição das Bombas Centrífugas	1.890.000
Instalação das Bombas Centrífugas	945.000
Aquisição e Instalação dos Painéis de Força e Comando	1.500.000
Aquisição e Instalação de 3 Transformadores de Potência 1500kVA 13,2kV/380V	450.000
Obras Civas	100.000
Previsão de Reforço Estrutural (com Calculista)	200.000
Aquisição de 6 Torres de Arrefecimento	1.500.000
Aquisição de Trocador de Calor	350.000
Instalação de 6 Torres de Arrefecimento	225.000
Instalação de Trocador de Calor	80.000
Instalações Hidráulicas	550.000
Instalações Elétricas	450.000
Desativação, Remoção e Descarte de 2 UR de 300TR	60.000
Desativação, Remoção e Descarte de 2 UR de 200TR	60.000
Desativação, Remoção e Descarte de 2 UR de 250TR	60.000
Desativação, Remoção e Descarte de 2 UR de 65TR	30.000
Desativação, Remoção e Descarte de Bombas antigas e demais equipamentos	30.000
Novo Start-up das UR existentes	45.000
Automação do Sistema	1.000.000

Apresentando estimativa total de investimentos de R\$17.750.000.

#### 4.5.4 Comparativos – Custos operacionais e de consumo

Com base nos dados dos fabricantes e de consultores especializados, foi possível fazer o levantamento de estimativas de custos operacionais de manutenção e de consumo de utilidades dos 3 cenários.

##### Custos operacionais de manutenção

De acordo com os valores praticados pelo mercado de Property/ Facility Management, os custos de manutenção de sistemas prediais nos contratos para equipamentos específicos de ar condicionado são compostos pela alocação de Mão-de-obra especializada (mecânicos, eletricitas, tecnólogos e engenheiros), conforme cada demanda específica. Para a estimativa apresentada, foram consideradas as seguintes premissas:

- Os valores de contratos são mensais;
- A manutenção das URs e Bombas possui custos mais elevados antes do Retrofit ou da substituição pois demandam mais em função de seu tempo de utilização;
- Os custos de tratamento de água são baseados na quantidade de água a ser tratada. No caso de água de condensação, quanto menor a linha da prumada (como no caso do cenário 3, em que a CAC fica logo acima da CAG), menor será o custo;
- Apesar de haver variações sazonais, o custo foi considerado médio mensal ao longo do ano.

##### Consumos operacionais

De acordo com os valores praticados pela administração do empreendimento, os consumos de energia elétrica dos equipamentos foram estimados com base nas seguintes premissas:

- 75% de demanda térmica “flat”, ou seja, que os equipamentos (Chillers e Bombas) sejam demandados em 80% de sua capacidade nominal durante todo o período estimado;

- Funcionamento do D&D Shopping – 12 horas diárias/ 30 dias por mês;
- Funcionamento da Business Tower – 14 horas diárias/ 22 dias por mês;
- Funcionamento do Hotel – 24 horas por dia/ 30 dias por mês;
- Funcionamento do Centro de Convenções – 4 horas por dia/ 20 dias por mês (média mensal);
- Funcionamento do Golden Hall – 60 horas por mês (média mensal);
- Custo médio mensal de energia (Ano 2020) – R\$0,65/kWh.

O custo de consumo de água está baseado na necessidade de reposição de água potável em função da purga e da evaporação do sistema de arrefecimento.

#### 4.5.4.1 Substituição de Equipamentos

Tabela 4-6: Estimativa de Custos e Consumos Operacionais - Cenário 1 (Valores em Reais – R\$)

Fonte: Do autor

Custo Operacional	225.000
CAG Shopping e CAG Torre de Escritórios separadas e Retrofitadas	147.000
Manutenção das UR	27.000
Manutenção das Bombas	67.000
Manutenção das Torres	45.000
Tratamento da Água (Condensação + Água Gelada)	8.000
CAG Hotel + Centro de Convenções	78.000
Manutenção das UR	22.000
Manutenção das Bombas	50.000
Tratamento da Água (Água Gelada)	6.000
Consumo Operacional	513.520
CAG Shopping e CAG Torre de Escritórios separadas e Retrofitadas	284.800
Energia Elétrica	244.800
Água	40.000
CAG Hotel + Centro de Convenções	228.720
Energia Elétrica	198.720
Água	30.000

#### 4.5.4.2 CAG Shopping/ Busines Tower + CAG Hotel/ Convenções/ Golden

Tabela 4-7: Estimativa de Custos e Consumos Operacionais - Cenário 2 (Valores em Reais – R\$)

Fonte: Do Autor

Custo Operacional	245.000
CAG Shopping e CAG Torre de Escritórios unificadas	167.000
Manutenção das UR	32.000
Manutenção das Bombas	67.000
Manutenção das Torres	60.000
Tratamento da Água (Condensação + Água Gelada)	8.000
CAG Hotel + Centro de Convenções	78.000
Manutenção das UR	22.000
Manutenção das Bombas	50.000
Tratamento da Água (Água Gelada)	6.000
3 - Consumo Operacional	474.536
CAG Shopping e CAG Torre de Escritórios unificadas	245.816
Energia Elétrica	210.816
Água	35.000
CAG Hotel + Centro de Convenções	228.720
Energia Elétrica	198.720
Água	30.000

#### 4.5.4.3 District Cooling

Tabela 4-8: Estimativa dos Custos e Consumos Operacionais - Cenário 3 (Valores em Reais – R\$)

Fonte: Do Autor

Custo Operacional	213.000
Manutenção das UR	48.000
Manutenção das Bombas	90.000
Manutenção das Torres	60.000
Tratamento da Água (Condensação + Água Gelada)	15.000
Consumo Operacional	380.000
Energia Elétrica	320.000
Água	60.000

#### 4.5.5 Comparativo dos cenários – Qualitativo

Após uma análise qualitativa dos cenários propostos, foi possível avaliá-los considerando questões como possibilidades de interferências/ atuação na operação dos sistemas, impactos operacionais durante as obras e a flexibilidade dos sistemas para a operação.

##### 4.5.5.1 Substituição de equipamentos obsoletos

###### Prós

- É a opção com o menor valor previsto de investimentos;
- Tem impacto operacional durante as obras quase nulo pois não demanda grandes obras;
- As interferências no sistema durante a obra são pequenas, considerando apenas a falta do fornecimento de água gelada nos instantes em que forem feitas as substituições (uma previsão de no máximo 3 dias para cada UR).

###### Contras

- É uma opção que prioriza o investimento inicial e não os resultados a longo prazo;
- A simultaneidade de geração de água gelada é mantida, ou seja, haverá momentos de demanda mais baixa (por exemplo, em dias da semana com temperaturas mais amenas) em que as três CAGs precisarão funcionar ao mesmo tempo;
- Na CAG do Hotel/ Convenções/ Golden a obsolescência dos demais equipamentos (que não foram não substituídos) precisará ser revista em menos de 5 anos;
- Não há backup de URs. Caso uma delas venha a falhar, não há como suprir a demanda da carga térmica em nenhuma das CAGs individuais.
- Não há flexibilidade ou manobrabilidade das cargas e da geração de água gelada, o que impede uma atuação maior da equipe operacional.

#### 4.5.5.2 Interligação das CAGs Shopping e Business Tower/ Retrofit CAG

Hotel/Convenções/Golden Hall

##### Prós

- É a opção de valor intermediário, mas não muito mais dispendiosa que a simples substituição dos equipamentos;
- Tem impacto operacional durante as obras quase nulo para os usuários do Hotel/ Convenções/ Golden, pois segue a mesma linha do primeiro cenário;
- Há uma maior flexibilidade e manobrabilidade operacional nesta solução para a CAG unificada Shopping/ Business Tower, possibilitando uma atuação mais eficaz na busca por melhores condições de eficiência do sistema. Para a CAG do Hotel/ Convenções/ Golden não há diferença em relação ao primeiro cenário;
- A questão da simultaneidade de geração de água gelada é solucionada para a CAG unificada Shopping/ Business Tower;

##### Contras

- O impacto durante as obras nas áreas técnicas do Shopping e da Business Tower é bastante significativo. Para que a interligação seja feita, será necessário planejar adequadamente o período em que as duas unidades de negócio envolvidas na interligação (Shopping e Business Tower) apresentarem a menor demanda de carga térmica possível, em função de que as novas instalações hidráulicas podem levar até 30 dias para sua execução e efetivação;
- Na CAG do Hotel/ Convenções/ Golden a obsolescência dos demais equipamentos (que não foram não substituídos) precisará ser revista em menos de 5 anos;
- Na CAG do Hotel/ Convenções/ Golden não há backup de URs. Caso uma dela venha a falhar, não há como suprir a demanda da carga térmica em nenhuma das CAGs individuais. No caso da CAG unificada Shopping/ Business Tower o problema permanece, mas com impacto menor em comparação à outra CAG;

- A CAG do Hotel/ Convenções/ Golden permanece sem flexibilidade ou manobrabilidade das cargas e da geração de água gelada, o que impede uma atuação maior da equipe operacional.

#### 4.5.5.3 Unificação Completa das CAGs – District Cooling

##### Prós

- É a opção que permite uma grande flexibilidade e manobrabilidade operacional para todo o Complexo, possibilitando uma atuação mais eficaz na busca por melhores condições de eficiência do sistema;
- A da simultaneidade de geração de água gelada torna-se plena. Através de uma única central de controle, é possível que a automação selecione quantas e quais URs serão acionadas, sejam em cargas parciais ou totais, conforme a premissa de buscar sempre a melhor eficiência energética do sistema, conforme as demandas de cargas térmica individuais de cada unidade de negócio;
- Backup das URs – Em caso de falha de uma UR, a carga térmica demandada pelas 3 unidades pode ser automaticamente suprida pelo arranjo das demais;
- Subestação dedicada – Haverá nesta concepção a construção de uma subestação de energia dedicada para a produção e distribuição de água gelada, o que permite um melhor monitoramento e controle da energia elétrica utilizada para este fim;
- Diminuição do ruído das URs de Condensação a Ar – Com a retirada das URs do Hotel/ Convenções/ Golden, haverá uma diminuição considerável do ruído causado por estas máquinas, melhorando a qualidade de vida dos vizinhos do empreendimento ao reduzir a poluição sonora;
- Desativação das CAG Business Tower e CAG D&D Shopping – Com a saída dos equipamentos destas salas técnicas, torna-se possível a utilização destes dois espaços para locação ou outros fins.



Figura 4-6: Foto aérea da localização do District Cooling, destacada em amarelo, projetada para ser instalada na área de docas do Complexo, originalmente local da CAG Hotel/ Convenções/ Golden Hall  
Fonte: Fotografia tirada pelo autor

### Contras

- O impacto durante as obras nas áreas técnicas de todas as unidades de negócio é bastante significativo. Para que a obra seja executada e os impactos sejam os menores possíveis para os usuários, será necessário desenvolver um faseamento considerando que o fornecimento de água gelada não poderá cessar para nenhuma das unidades de negócio. As tubulações de interligação do District Cooling deverão estar prontas antes da desativação das Centrais individuais do Shopping e da Business Tower, e a mobilização (transporte) das URs existentes que permanecerão no projeto terá de ocorrer em horários em que a circulação de pessoas seja reduzido;

- Obras estruturais – Para compor a CAC (Central de Água de Condensação, que ficará no pavimento superior do District Cooling) há necessidade de se fazer reforços estruturais e o prolongamento do pavimento.

#### 4.5.6 Comparativo dos cenários – Quantitativo

Nesta análise será feita a comparação entre os três cenários, os valores de investimentos, custos operacionais, estimativas do consumo de energia e a eficiência energética de cada uma das soluções (no quesito consumo de energia elétrica). Para tanto, os cálculos estimados foram projetados para uma utilização em um período de 10 anos.

Com base nos valores apresentados nos itens 4.5.3 e 4.5.4, os valores foram corrigidos anualmente conforme a previsão de inflação média de 5% ao ano (IPCA).

Tabela 4-9: Estimativa de Investimentos, Custos e Consumos para os 3 cenários (em milhares de R\$) no período de 10 anos  
Fonte: Do autor

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>INVESTIMENTOS (em Milhares de R\$)</b>										
<b>Cenário Atual</b>										
1 - Investimento	-	-	304	-	1.647	-	4.171	-	1.963	-
2 - Custo Operacional	3.137	3.294	3.459	3.632	3.814	4.004	4.204	4.415	4.635	4.867
3 - Consumo Operacional	6.734	7.070	7.424	7.795	8.185	8.594	9.024	9.475	9.949	10.446
<b>Aquisição de URs</b>										
1 - Investimento	10.152	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2 - Custo Operacional	2.835	2.977	3.126	3.282	3.446	3.618	3.799	3.989	4.189	4.398
3 - Consumo Operacional	6.470	6.794	7.134	7.490	7.865	8.258	8.671	9.104	9.560	10.038
<b>CAG Torre&amp;Shopping + Retrofit Hotel</b>										
1 - Investimento	11.442	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2 - Custo Operacional	3.087	3.241	3.403	3.574	3.752	3.940	4.137	4.344	4.561	4.789
3 - Consumo Operacional	5.979	6.278	6.592	6.922	7.268	7.631	8.013	8.413	8.834	9.276
<b>District Cooling</b>										
1 - Investimento	17.750	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2 - Custo Operacional	2.684	2.818	2.959	3.107	3.262	3.425	3.597	3.776	3.965	4.163
3 - Consumo Operacional	4.788	5.027	5.279	5.543	5.820	6.111	6.416	6.737	7.074	7.428

Tabela 4-10: Estimativa de Impactos e Economias nos 3 cenários (em milhares de R\$) no período de 10 anos

Fonte: Do autor

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>IMPACTO</b>										
Cenário Atual	-9.871	-20.236	-31.423	-42.850	-56.496	-69.094	-86.494	-100.384	-116.931	-132.244
Aquisição de URs	-19.457	-29.228	-39.487	-50.259	-61.570	-73.446	-85.916	-99.010	-112.758	-127.194
CAG Torre&Shopping + Retrofit Hotel	-20.508	-30.027	-40.023	-50.518	-61.538	-73.109	-85.258	-98.015	-111.410	-125.475
District Cooling	-25.222	-33.067	-41.305	-49.954	-59.036	-68.573	-78.585	-89.099	-100.138	-111.730
<b>ECONOMIA</b>										
Aquisição de URs	566	594	928	655	2.335	722	4.930	796	2.799	878
CAG Torre&Shopping + Retrofit Hotel	805	845	1.192	932	2.626	1.027	5.250	1.133	3.152	1.249
District Cooling	2.399	2.519	2.950	2.778	4.563	3.062	7.387	3.376	5.508	3.722
<b>ECONOMIA ACUMULADA</b>										
Aquisição de URs	566	1.160	2.088	2.743	5.078	5.800	10.730	11.526	14.325	15.202
CAG Torre&Shopping + Retrofit Hotel	805	1.650	2.842	3.774	6.400	7.427	12.677	13.810	16.962	18.211
District Cooling	2.399	4.919	7.868	10.646	15.209	18.272	25.658	29.035	34.542	38.265
<b>VALOR DO INVESTIMENTO POR M²(R\$/SM)</b>										
Cenário Atual										
Aquisição de URs	87,97	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAG Torre&Shopping + Retrofit Hotel	99,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
District Cooling	153,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>CUSTO DE CONSUMO E OPERAÇÃO POR M²(R\$/SM)</b>										
Cenário Atual	85,53	89,81	94,30	99,02	103,97	109,17	114,62	120,35	126,37	132,69
Aquisição de URs	80,63	84,66	88,90	93,34	98,01	102,91	108,05	113,46	119,13	125,08
CAG Torre&Shopping + Retrofit Hotel	78,56	82,49	86,61	90,94	95,49	100,26	105,28	110,54	116,07	121,87
District Cooling	64,74	67,98	71,38	74,95	78,70	82,63	86,76	91,10	95,65	100,44

Nesta estimativa, são apresentados 5 comparativos de valores. No primeiro, o “Impacto” mostra quais os valores de investimento necessários ao empreendedor em cada um dos cenários. Eis o motivo de apresentar um sinal negativo em todas as suas linhas e colunas. No segundo item, “Economia”, são mostrados os valores anuais economizados de acordo com cada cenário. O terceiro item “Economia Acumulada” mostra os valores acumulados ano a ano desta economia. O quarto item apresenta os custos do investimento por m², uma métrica que pode ser utilizada comercialmente para valorização do imóvel. E o quinto item apresenta o custo anual por m² de operação e manutenção em cada um dos cenários.

## 4.6. Resultados

### 4.6.1 Payback

Conforme Virgínia Parente (MOREIRA, 2018), “O Payback é o prazo de retorno dos recursos investidos em um projeto”, correspondendo então ao período de recuperação do investimento. Considerando então que a medida é em tempo, que os fluxos de caixa são as economias geradas, e que estes valores não são fixos, nesta análise abaixo será demonstrada a possibilidade de viabilidade do projeto através do Payback Descontado:

Tabela 4-11: Cálculo do Payback Descontado (anualmente) para os 3 cenários  
Fonte: Do autor

	Aquisição de URs			CAG Torre& Shopping + Retrofit Hotel			District Cooling		
Investimentos	(10.152.000)			(11.441.500)			(17.750.000)		
Economias	Anual	Acumulado	Descontado	Anual	Acumulado	Descontado	Anual	Acumulado	Descontado
Ano 1	565.851	565.851	(9.586.149)	805.049	805.049	(10.636.451)	2.399.400	2.399.400	(15.350.600)
Ano 2	594.143	1.159.994	(8.992.006)	845.302	1.650.351	(9.791.149)	2.519.370	4.918.770	(12.831.230)
Ano 3	928.051	2.088.045	(8.063.955)	1.191.767	2.842.118	(8.599.382)	2.949.539	7.868.309	(9.881.691)
Ano 4	655.043	2.743.088	(7.408.912)	931.945	3.774.063	(7.667.437)	2.777.605	10.645.914	(7.104.086)
Ano 5	2.334.780	5.077.868	(5.074.132)	2.625.527	6.399.590	(5.041.910)	4.563.470	15.209.384	(2.540.616)
Ano 6	722.185	5.800.053	(4.351.947)	1.027.470	7.427.059	(4.014.441)	3.062.310	18.271.694	521.694
Ano 7	4.929.578	10.729.630	577.630	5.250.126	12.677.186	1.235.686	7.386.709	25.658.403	7.908.403
Ano 8	796.209	11.525.839	1.373.839	1.132.785	13.809.971	2.368.471	3.376.197	29.034.600	11.284.600
Ano 9	2.798.812	14.324.651	4.172.651	3.152.217	16.962.188	5.520.688	5.507.799	34.542.399	16.792.399
Ano 10	877.820	15.202.471	5.050.471	1.248.896	18.211.083	6.769.583	3.722.257	38.264.656	20.514.656

Ao se elaborar a planilha de Payback descontado, os valores das economias acumuladas dos três cenários apresentam possibilidades de recuperação dos investimentos, em períodos de recuperação específicos para cada caso. Conforme a tabela 15, os valores destacados em amarelo indicam o último ano em que cada um dos cenários está com seus Fluxos de Caixa Acumulado com valores negativos, determinando que o ano seguinte já terá atingido o período de Payback.

Para se encontrar a melhor aproximação possível do mês do Payback, considere-se o cenário “Aquisição de URs” como exemplo, executando os seguintes passos:

- i) Divide-se o acumulado descontado do último ano negativo pelo fluxo de caixa do primeiro ano positivo  $(4,351,947 / 10.729.630) = 0,406$
- ii) O valor decimal encontrado (0,406) é a quantidade de tempo em meses após o último ano negativo. Através da Regra de três, temos:

1 está para                      365 dias

0,406 está para X dias

X = 148 dias ou 4 meses e 28 dias

- iii) Ou seja, o período de Payback descontado para este cenário será de 6 anos, 4 meses e 28 dias. Mas para efeito de comparação de métodos de análise de viabilidade, a unidade de medida de tempo é a quantidade de meses.

Abaixo, segue a tabela com os períodos de Payback em meses de cada um dos cenários.

Tabela 4-12: Payback em meses para cada um dos 3 cenários  
Do autor

Aquisição de URs		CAG Torre& Shopping + Retrofit Hotel		District Cooling	
Mês	0,41	Mês	0,32	Mês	0,14
Ano	6	Ano	6	Ano	5
84 MESES		82 MESES		64 MESES	

#### 4.6.2 Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR)

Conforme Virgínia Parente (MOREIRA, 2018), “O valor presente líquido (VPL) pode ser compreendido entre o valor presente de todos os fluxos de caixa do projeto e seu investimento inicial.”. É considerada uma técnica sofisticada de análise de investimentos e a mais utilizada ferramenta para avaliação de projetos.

O Valor Presente Líquido (VPL) é dado pela diferença entre o valor do investimento inicial e o somatório dos fluxos de caixa de cada período, divididos por uma taxa de desconto, também chamada de taxa mínima de atratividade (TMA).

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1 + TMA)^j} - \text{Investimento Inicial}$$

Equação 4-1: Cálculo do Valor Presente Líquido (VPL)

Onde:

FC = Fluxo de Caixa

TMA = Taxa mínima de atratividade

j = período de cada fluxo de caixa

Quando o VPL é maior ou igual a Zero, significa que os custos com o investimento inicial serão supridos com as entradas dos fluxos de caixa, considerados os descontos de cada período. Assim, em uma análise de viabilidade de projeto de eficiência energética, quando o VPL for não-negativo, deve-se aceitar o projeto. Caso contrário, deve ser rejeitado ou reavaliado.

Outro método de avaliação de investimentos muito utilizado em análise de projetos de eficiência energética é o cálculo da TIR, Taxa Interna de Retorno. Definida como a taxa a que um valor de investimento será recuperado por meio dos rendimentos (sejam fluxos de caixa, sejam economias), a TIR representa a taxa de desconto que iguala os fluxos de entrada com os de saída de caixa.

$$-II_0 + \left[ \frac{FC_1}{(1 + TIR)} + \frac{FC_1}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1 + TIR)^n} \right] = 0$$

Equação 4-2: Cálculo da Taxa Interna de Retorno (TIR)

Onde:

$II_0$  é o investimento inicial do projeto

$FC_1, FC_2, FC_n$  são Fluxos de Caixa

Desta maneira, é perceptível uma relação entre a TIR e o VPL. A TIR é a taxa que torna o VPL de um fluxo de caixa igual a zero, representando um limite para a variação da taxa mínima de atratividade de um projeto. Caso a TIR seja maior que a TMA, o investimento deve ser aceito. Caso seja menor, deve ser rejeitado.

### VPL e TIR (Em Milhares de R\$)

Tabela 4-13: Cálculo das TMAs e da TIR para os 3 cenários  
Do autor

Aquisição de URs		CAG Torre& Shopping + Retrofit Hotel		District Cooling	
TMA	VPL	TMA	VPL	TMA	VPL
5,00%	971.407	5,00%	1.912.912	5,00%	10.366.048
5,50%	661.193	5,50%	1.542.742	5,50%	9.585.935
6,00%	365.332	6,00%	1.189.540	6,00%	8.840.306
6,50%	83.120	6,50%	852.472	6,50%	8.127.470
6,65%	0	7,00%	530.751	6,65%	7.917.197
7,00%	- 186.107	7,50%	223.633	7,50%	6.793.880
7,50%	- 442.982	7,88%	0	7,88%	6.318.317
8,00%	- 688.099	8,00%	- 69.587	8,00%	6.170.187
8,50%	- 922.023	8,50%	- 349.576	8,50%	5.573.401
9,00%	- 1.145.290	9,00%	- 616.966	9,00%	5.002.242
9,50%	- 1.358.405	9,50%	- 872.356	9,50%	4.455.499
10,00%	- 1.561.850	10,00%	- 1.116.312	10,00%	3.932.024
10,50%	- 1.756.078	10,50%	- 1.349.372	10,50%	3.430.731
11,00%	- 1.941.521	11,00%	- 1.572.045	11,00%	2.950.588
11,50%	- 2.118.589	11,50%	- 1.784.814	11,50%	2.490.618
12,00%	- 2.287.670	12,00%	- 1.988.138	12,00%	2.049.895
12,50%	- 2.449.132	12,50%	- 2.182.452	12,50%	1.627.540
13,00%	- 2.603.325	13,00%	- 2.368.167	13,00%	1.222.720
13,50%	- 2.750.581	13,50%	- 2.545.677	13,50%	834.641
14,00%	- 2.891.215	14,00%	- 2.715.354	14,00%	462.552
14,50%	- 3.025.528	14,50%	- 2.877.550	14,50%	105.740
14,65%	- 3.065.222	14,65%	- 2.925.515	14,65%	0

Na Tabela 17 foram calculadas as possíveis TMA de cada cenário, com base no valor inicial de 5%, em função das metas de inflação estipuladas pelo governo (IPCA, 2020). De modo a apresentar uma tabela de análise de possibilidade, o valor da TMA foi acrescido linha a linha em 0,5%, para que houvesse um comparativo entre os três cenários para o mesmo valor de TMA.

Os valores destacados em amarelo são os valores limites de TMA, ou seja, equivalem à TIR para cada cenário.

## 4.7 Análise de Viabilidade

Com base nas informações obtidas nos “Resultados”, na comparação quantitativa e qualitativa dos 3 cenários, segue abaixo uma tabela resumo.

Tabela 4-14: Resumo Geral Quantitativo e Qualitativo dos 3 cenários  
Fonte: Do autor

	Aquisição de Equipamentos	CAG Shopping e Torre Unificada + Retrofit CAG Hotel	District Cooling
Prós	Baixo Impacto Operacional	Impacto Operacional para a CAG Hotel - Baixo. Obras podem levar até 30 dias.	Grande flexibilidade e manobrabilidade operacional para todo o Complexo
	Interferências no sistema - 3 dias sem água gelada	Maior Flexibilidade e Manobrabilidade para a CAG unificada Shopping + Business Tower	Plena simultaneidade de geração de água gelada torna-se plena
		Simultaneidade e disponibilidade de geração de água gelada para a CAG Unificada Shopping + Business Tower	Backup para geração de água gelada em caso de falha de uma UR
			Subestação dedicada
			Diminuição do ruído das URs de Condensação a Ar
Contras	Eficiência apenas da performance das novas URs e Bombas	CAG Unificada Shopping + Business Tower - Bastante significativo. Podem levar até 150 dias para sua execução e efetivação	Obras de grande impacto. Cronograma de obras com previsão de 8 a 10 meses.
	Permanência da Necessidade de backup para cada CAG	Na CAG do Hotel/ Convenções/ Golden a obsolescência dos demais equipamentos (que não foram não substituídos) precisará ser revista em menos de 5 anos	Obras estruturais – Para compor a CAC (Central de Água de Condensação, que ficará no pavimento superior do District Cooling) há necessidade de se fazer reforços estruturais e o prolongamento do pavimento.
	Obsolescência dos demais componentes	CAG do Hotel/ Convenções/ Golden não há backup de URs. No caso da CAG unificada Shopping/ Business Tower o problema também ocorre, mas com impacto menor em comparação à outra CAG	
	Sem possibilidade de manobra ou flexibilização	CAG Hotel/ Convenções/ Golden sem possibilidade de manobra ou flexibilização	
	Maior custo com contratos de O&M.	CAG Hotel/ Convenções/ Golden - Maior custo com contratos de O&M.	
Economia Acumulada (10 anos)	R\$ 15.202.471	R\$ 18.211.083	R\$ 38.264.656
Custos Operacionais (10 anos)	R\$ 35.658.325	R\$ 38.827.954	R\$ 33.756.548
Investimento	R\$ 10.152.000	R\$ 11.441.500	R\$ 17.750.000
Payback (meses)	84	82	64
TMA	de 5% a 6,65%	de 5% a 7,88%	de 5% a 14,6%
TIR	6,65%	7,88%	14,65%

Considerando as premissas iniciais de readequação técnica da geração de água gelada para atender às demandas de cargas térmicas das 5 unidades de negócios, os valores de investimentos e a partidas informações das ferramentas de análises de projetos apresentadas, as recomendações ao empreendedor são:

- a) O projeto mais energeticamente eficiente é o de unificação de todas as CAGs das 5 unidades de negócio, o District Cooling, e é o recomendado a ser executado;
- b) É recomendado que a contratação da execução seja feita em regime de *turnkey*, com uma empresa que gerencie todos os trabalhos e contratações (habitualmente chamada de General Contractor), desde projetos executivos até a entrega e comissionamento dos sistemas;
- c) É recomendado que as aquisições de novos equipamentos sejam faturadas diretamente com os fabricantes dos equipamentos, mediante aval técnico, logístico e financeiro do General Contractor, a fim de evitar a bitributação;
- d) É determinante que o General Contractor apresente um manual de operações após a entrega das obras e do comissionamento do sistema;
- e) Caso o aporte de investimentos para a realização das obras e aquisições de equipamentos tenha de ser financiado, para que o projeto tenha um VPL positivo, as taxas negociadas devem ser inferiores a 9,65%, já descontados os valores de previsões inflacionários médios de 5% ao ano (IPCA).

## 5. CONCLUSÕES

Apesar de se tratar de um Trabalho de Conclusão de Curso, esta monografia não tem a prerrogativa de ser um ponto final para o autor. O ano de 2020 e a pandemia causada pelo Sars-COV2 tem mostrado que mesmo o mercado imobiliário, muitas vezes rotulado como sólido, “engessado”, de lenta mobilização e flexibilização, é mandatório que exista a premissa pelo desenvolvimento de soluções em eficiência, gerando um grande incentivo para o aprofundamento destes conceitos e continuidade de pesquisa.

A busca pela eficiência energética de todos os empreendimentos imobiliários corporativos é um passo fundamental para se atingir um cenário de redução de emissão de gases do efeito estufa, tanto para empreendimentos novos quanto já existentes. Não há mais viabilidade em incorporações que não tenham esta perspectiva. Os tradeoffs (MANKIW, 2012) envolvidos nestes investimentos pendem tanto para a sustentabilidade que é possível avaliar o nível de profissionalismo de uma empresa de gestão de fundo imobiliário com base nestes índices.

As ferramentas de certificação devem funcionar como balizador para que as ações e estratégias de eficiência sejam tomadas e incentivadas. O case apresentado mostra exatamente este cenário ao identificar a oportunidade de melhoria na edificação, classificar o sistema de maior consumo, elaborar projetos de readequações e apresentá-lo aos investidores e empreendedores não apenas como uma possibilidade de economizar o consumo de seus usuários, mas também de fazer com que seu produto imobiliário seja aprimorado, tanto tecnicamente quanto comercialmente. Afinal, o simples fato de se elevar o COP de uma central de água gelada para valores acima de 3,1 aumentaria a pontuação do edifício para a obtenção da certificação LEED, e como foi visto nos capítulos 2 e 3, há uma relação direta entre a certificação e melhores chances de comercialização.

É fato que o valor do investimento de um District Cooling (ou mesmo de qualquer Retrofit que envolva um novo projeto, com nova automação para comandar Chillers e Bombas de alta performance) é bastante elevado, principalmente considerando o fato de que a responsabilidade pelo Retrofit é do proprietário enquanto que o benefício final se revela mais ao locatário e usuário final. É fato que há sempre uma incógnita sobre qual deve ser o modelo de um projeto desta magnitude e é ainda mais do que esperado que

reformas estruturais em edifícios corporativos em funcionamento (principalmente com atendimento direto a público de consumo de produtos e serviços, como Shoppings e Hotéis) podem gerar impactos negativos, para alguns clientes até definitivamente. No entanto, é necessário que se oriente os empreendedores corporativos responsáveis pela gestão de edifícios corporativos, para que eles mesmo se façam a seguinte indagação: “Projetando um período de dez anos, o que eu quero para meu produto imobiliário? A obsolescência, a sobrevivência ou a eficiência?”.

É este o grande desafio do especialista em energias renováveis e eficiência energética, transformar dados e números de performance de sistemas e de equipamentos em possibilidades reais e atrativas, com benefícios sustentáveis aos diretamente envolvidos e à sociedade como um todo. A partir da interação entre as disciplinas do curso e de depoimentos de profissionais especialistas da área, foi possível estabelecer análises quantitativas e qualitativas a partir de valores de consumo reais, de perspectivas de investimentos e de projeções de consumo (baseados em especificações de performances de equipamentos) que denotaram o fato de que um planejamento adequado de Retrofit do sistema de água gelada, neste caso transformando-o em um District Cooling, poderia ser de enorme significância não apenas financeira, mas principalmente sustentável e longa ao empreendimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABESCO – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA. Disponível em <http://www.abesco.com.br/pt/como-funciona-um-projeto-de-eficiencia-energetica/>

ABNT NBR 16401-1:2008 (Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários. Parte 1: Projetos das instalações). Disponível em:

<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=623>

ALMEIDA, RONALDO. Como definir uma CAG eficiente? (2020). Disponível em:

<http://www.engenhariae arquitetura.com.br/2020/01/como-definir-uma-cag-eficiente>

Ashrae Fundamentals Handbook. Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning, 2017.

ASHRAE. ASHRAE HVAC Applications. Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning, 2015.

ASME – American Society of Mechanical Engineers (2020). “Milam High-rise Air Conditioned Building”, Disponível em: <https://www.asme.org/about-asme/engineering-history/landmarks/155-milam-high-rise-air-conditioned-building>

CALMON, LILIAN (2005). Projac é exemplo de utilização de cogeração e veículo elétrico. Disponível em:

[https://www.cogen.com.br/content/upload/1/documentos/paper/2005/Projac\\_utiliz\\_cogera\\_a\\_veiculo\\_eletrico.pdf](https://www.cogen.com.br/content/upload/1/documentos/paper/2005/Projac_utiliz_cogera_a_veiculo_eletrico.pdf)

CARRIER. Global Chiller – Catálogo Técnico. São Paulo, Carrier, 2014. Disponível em [http://cdn.carrierdobrasil.com.br/downloads\\_docs/ca0ab-Cat--logo-T--cnico---ct30hx-gx-faseiii-f-10.12-view-.pdf](http://cdn.carrierdobrasil.com.br/downloads_docs/ca0ab-Cat--logo-T--cnico---ct30hx-gx-faseiii-f-10.12-view-.pdf)

CBCS – Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. Benchmarking de escritórios corporativos e recomendações para certificação DEO no Brasil (Autor Principal: BORGSTEIN, EDWARD)

DAIKIN-MCQUAY. Chiller centrífugo a Água. Disponível em:

<https://www.daikin.com.br/produto/chiller-centrifugo-a-agua>

GBC BRASIL. “Como a certificação LEED pode impactar o mercado de construções”. Brasil, 2020. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/como-a-certificacao-leed-pode-impactar-o-mercado-de-construcoes/>

GBC BRASIL. “Compreenda o LEED”. Brasil, 2017. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-leed/>

GHIU, DENISE DE CAMARGO. “Produção e vacância de edifícios comerciais de escritórios em São Paulo no período 1999-2003). São Paulo, 2006.

HOUAISS, A.; VILLAR, M. S. Dicionário Houaiss de Língua Portuguesa. Elaborado pelo Instituto Antônio Houaiss de Lexicografia e Banco de Dados da Língua Portuguesa S/C Ltda. Rio de Janeiro: Objetiva, 2020.

IGLECIAS, W. T. “O Estado, o Capital e a ‘nova cidade’ de São Paulo. Universidade de São Paulo. Revista de Sociologia e Política. Junho, 2002.

JUNQUEIRA, VITÓRIA. “IPTU VERDE: uma oportunidade para os municípios brasileiros”. Brasil, 2020. Disponível em <https://www.gove.digital/receitas/iptu-verde/>

LIU, ANA WANSUL. Diretrizes para Projetos de Edifícios de Escritórios – São Paulo, 2010.

MANKIWI, N. Gregory (2012). Introdução à Economia – N. Gregory Mankiw; tradução Allan Vidigal Hastings, Elisete Paes e Lima; revisão técnica Carlos Roberto Martins Passos, Manuel José Nunes Pinto. – São Paulo: Cengage Learning, 2012.

MEIO AMBIENTE, MINISTÉRIO DO. Ar Condicionado – Guia Prático sobre Sistemas de Água Gelada (Elaboração por Leonilton Tomaz Cleto), 2017. Disponível em: [http://www.protocolodemontreal.org.br/site/images/publicacoes/gerenciamento\\_chillers/Ar\\_Condicionado -  
\\_Guia\\_Pr%C3%A1tico\\_sobre\\_Sistemas\\_de\\_%C3%81guas\\_Gelada\\_PDF.pdf](http://www.protocolodemontreal.org.br/site/images/publicacoes/gerenciamento_chillers/Ar_Condicionado_-_Guia_Pr%C3%A1tico_sobre_Sistemas_de_%C3%81guas_Gelada_PDF.pdf)

MELO, CLAUDIO. Princípios de Refrigeração e Condicionamento de Ar. Disponível em [http://www.polo.ufsc.br/fmanager/polo/arquivos\\_materia/arquivo27\\_1.pdf](http://www.polo.ufsc.br/fmanager/polo/arquivos_materia/arquivo27_1.pdf)

MOREIRA, JOSÉ SIMÕES. (2018). Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética. Rio de Janeiro: LTC.

NRE – Núcleo de Real Estate do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Classificação de Edifícios de Escritórios – O Sistema de Classificação de Qualidade, disponível em:

<https://www.realestate.br/site/conteudo/pagina/1,45+O-SISTEMA-DE-CLASSIFICA%C3%87%C3%83O-DA-QUALIDADE.html>)

PORTAL WEBARCONDICIONADO, REVISTA ELETRÔNICA (2020). Conheça a história do Edifício Milam: o primeiro prédio comercial com ar condicionado do mundo. Disponível em: <https://www.webarcondicionado.com.br/conheca-a-historia-do-edificio-milam-o-primeiro-predio-comercial-com-ar-condicionado-do-mundo>.

PROCEL – Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética. Disponível em: <http://www.eletronbras.com/pci/main.asp?TeamID={921E566A-536B-4582-AEAF-7D6CD1DF1AFD}> e <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID=%7B88A19AD9-04C6-43FC-BA2E-99B27EF54632%7D>

SANTOS, ARTHUR GARUTI DOS. Metodologia para análise termoeconômica de sistemas de resfriamento distrital/ A.G. Santos – versão corr. – São Paulo, 2019.

SEVERINO, ANTÔNIO JOAQUIM (1941). Metodologia do Trabalho Científico [livro eletrônico]/ Antônio Joaquim Severino – 2. ed. – São Paulo: Cortez, 2017 4,4Mb ; ePub

TRANE, Chiller Parafuso RTAC – Importado. Disponível em:

<https://www.trane.com/commercial/latin-america/br/pt/products-systems/equipment/chillers/air-cooled-chillers/seriesr-rtac.html>

TREDINNICK and PHETTEPLACE. Advanced District Heating and Cooling (DHC) Systems (Reino Unido, 2016)

THORNTON, ROBERT P. INTERNATIONAL DISTRICT ENERGY ASSOCIATION. District Cooling Best Practice Guide. First Edition. Westborough, Massachusetts, USA, 2008.

VANZOLINI, FUNDAÇÃO Disponível em: <https://vanzolini.org.br/aqua/certificacao-aqua-hqe/>

WANG, S. K. Handbook of air conditioning and refrigeration. United States of America: McGraw-Hill, 2010. Disponível em:

<https://gmpua.com/CleanRoom/HVAC/Cooling/Handbook%20of%20Air%20Conditioning%20and%20Refrigeration.pdf>

YAMADA, EDUARDO SEIJI. Curso de Pós-Graduação em Real Estate & Construction Management, disponível em MÓDULO 3/ Desenvolvimento de Produtos para o Mercado Imobiliário/ Empreendimentos e Projetos e Obras Sustentáveis/ Professor Eduardo Yamada. FAAP – Fundação Armando Álvares Penteado (2020).