JAVIER DÍAZ VALDIVIA

**Análise computacional da automação das temperaturas de água gelada, de
água de condensação e ar de insuflação em um edifício comercial**

São Paulo

2019

JAVIER DÍAZ VALDIVIA

**Análise computacional da automação das temperaturas de água gelada, de
água de condensação e ar de insuflação em um edifício comercial**

Versão Revisada

Dissertação apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Mestre em Ciências

Área de Concentração: Energia e Fluidos

Orientador: Prof. Dr. Flávio Augusto Sanzovo
Fiorelli

São Paulo

2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, 05 de fevereiro de 2019

Assinatura do autor: Javier Díaz Valdivia

Assinatura do orientador: Flávio Augusto Amato Turilli

Catálogo-na-publicação

Díaz-Valdivia, Javier

Análise computacional da automação das temperaturas de água gelada, de água de condensação e ar de insuflação em um edifício comercial / J. Díaz Valdivia -- versão corr. -- São Paulo, 2019.

162 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecânica.

1.Climatização de edificações comerciais 2.Eficiência energética 3.Central de água gelada 4.Otimização de estratégias de controle I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Mecânica II.t.

Nome: Javier Díaz Valdivia

Título: Análise computacional da automação das temperaturas de água gelada, de água de condensação e ar de insuflação em um edifício comercial

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do título de
Mestre em Ciências

Aprovado em:

Banca Examinadora

Professor(a) Dr(a): _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Professor(a) Dr(a): _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Professor(a) Dr(a): _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Dedico este trabalho aos meus pais, Jorge e Veronica,
a minha esposa, Ariane,
a meus familiares, Christian, Ingrid e Maik, Pamela e Diego, Susana, Pablo,
e aos meus sobrinhos Kevin e Belinha

AGRADECIMENTO

Agradeço ao meu orientador, professor Dr. Flávio Augusto Sanzovo Fiorelli, pela orientação, acompanhamento e pelas inúmeras contribuições ao meu trabalho.

Agradeço também aos professores do departamento de Energia e Fluidos da mecânica pelo conhecimento que me transmitiram que foi fundamental para desenvolvimento deste trabalho e a Escola Politécnica pelo espaço e estrutura que foi fornecida.

Agradeço a minha esposa, Ariane Ferreira Nunes Alves, pelo carinho, pela gigantesca paciência e principalmente pelo incentivo que me proporcionou no desenvolvimento deste mestrado.

Por fim, agradeço aos meus familiares Christian, Ingrid, Maik, Pamela, Diego, Susana, Pablo, Kevin e Belinha, e principalmente aos meus pais, Jorge e Veronica, por todo o estímulo que me deram para que pudesse concluir os meus estudos.

RESUMO

A automação de uma central de água gelada é muito utilizada para reduzir o consumo energético de edificações comerciais ao controlar a operação dos seus componentes e consequentemente das vazões de ar e água em função da carga térmica. Considerando as estratégias de controle atualmente em uso, existe a possibilidade de melhorá-las por meio do controle das variáveis de temperatura do sistema (temperaturas de insuflação do ar, da água gelada e da água de condensação), que na maioria dos casos são mantidas fixas para as condições de dimensionamento do sistema ou alteradas apenas em função das condições externas. Estudos demonstram que o controle adequado de cada uma dessas temperaturas nas condições de operação momentâneas (condições climáticas e carga térmica), seja de forma individualizada ou integradas, pode proporcionar reduções significativas no consumo de energia do sistema de climatização. Dessa forma, o presente estudo avaliou os ganhos de uma automação isolada e integrada dessas três temperaturas em base anual para as condições climáticas brasileiras, implementando a automação em diferentes cidades representativas do zoneamento bioclimático brasileiro via simulação computacional utilizando o software EnergyPlus™ para uma edificação comercial típica. Os resultados obtidos para a automação integrada indicam reduções globais de consumo que variam com a condição climática entre 5,03% e 19,68% quando comparado com o controle de temperatura fixa, e quando comparado com um controle que varia apenas em função das condições externas as reduções variam entre 3,22% e 8,21%. Esses resultados demonstram que o controle sugerido é melhor que os modelos adotados como referência de mercado.

Palavras-Chave: Climatização de Edificações Comerciais; Eficiência energética; Central de água gelada; Otimização de estratégias de controle.

ABSTRACT

Automation of a central chilled-water plant is widely used to reduce the energy consumption of commercial buildings by controlling the operation of its components and consequently the air and water flow rates according to the thermal load. Considering the control strategies currently in use, there is a possibility to improve them by controlling the system temperature variables (air insufflation, cold and condensation water temperatures), which in most cases are fixed in system design conditions or variable only according to the external weather. Studies demonstrate that an adequate control of each of these temperatures under momentary operating conditions (climatic conditions and thermal load), whether in an individualized or integrated way, can provide significant reductions in the energy consumption of the HVAC system. Thus, the present study intends to evaluate the energy consumption gains of an individualized and integrated automation of the three variable temperatures on an annual basis for Brazilian climatic conditions, implementing automation for different cities representing the Brazilian bioclimatic zoning. Such evaluation was made by computer simulation using EnergyPlus™ software for a typical commercial building. The results obtained with the integrated automation show savings in global consumption that change with the weather between 5,03% and 19,68% when compared with a fixed control, and when compared with a control that varies according to weather conditions the savings are between 3,22% and 8,21%. These results show that the proposed control is better than both models adopted as market benchmarks.

Keywords: Office building air conditioning; Energy efficiency; Central chilled-water plant; Control strategies optimization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Sistema de climatização do tipo VRV.	24
Figura 1.2. Sistema de climatização do tipo expansão indireta com condensação a água.	25
Figura 2.1. Consumo de energia elétrica do Brasil por setor (MME, 2016).	30
Figura 2.2. Crescimento do consumo de energia elétrica no setor comercial (MME, 2016)..	31
Figura 2.3. Parcelas de consumo de cada sistema de uma edificação comercial (ELETROBRAS, 2009).	32
Figura 2.4. Consumo de potência em função das variáveis controláveis: (a) temperatura de insuflação; (b) temperatura da água gelada; (c) temperatura da água de condensação (adaptado de Ahn & Mitchell (2001)).	34
Figura 2.5. Média mensal da demanda de potência horária (adaptado de Ke & Mumma, 1997).	38
Figura 2.6. Porcentagens de economia (adaptado de Wang & Song, 2012).	39
Figura 2.7. Uso de energia do AVAC para o sistema A durante duas semanas na Suécia, uma de verão e outra de inverno para (a) edificação com envoltória pesada e (b) edificação com envoltória leve (adaptado de Gruder <i>et al.</i> , 2014).	40
Figura 2.8. Uso de energia do AVAC para o sistema B durante duas semanas na Suécia, uma de verão e outra de inverno para (a) edificação com envoltória pesada e (b) edificação com envoltória leve (adaptado de Gruder <i>et al.</i> , 2014).	41
Figura 2.9. Variação do consumo total do sistema com o tempo (adaptado de Parameshwaran <i>et al.</i> , 2008).	42
Figura 2.10. Compensação entre o consumo energético do chiller e da torre de arrefecimento (adaptado de Braun & Diderich (1990)).	43
Figura 2.11. Mapa estático para a redução da temperatura na entrada do evaporador (adaptado de Li <i>et al.</i> , 2013).	44
Figura 2.12. Mapa estático para alteração das condições externas (adaptado de Li <i>et al.</i> , 2013).	44
Figura 2.13. Comparação do potencial de economia anual para diferentes controles da temperatura de condensação. (a) Taipei (b) Kaohsiung (adaptado de Liu & Chuah, 2011).	47
Figura 3.1. Esquema do processo utilizado pelo Energy Plus para modelagem dos processos. (adaptado de DOE, 2013b).	52

Figura 3.2. Esquema do gerenciador de sistema do EnergyPlus™ (adaptado de DOE, 2013b).	53
Figura 3.3. Zoneamento bioclimático brasileiro (Extraído de Giacomelli, 2008).....	55
Figura 3.4. Planta do pavimento tipo utilizado neste estudo.....	57
Figura 3.5. Modelo 3D apresentando a geometria da edificação do estudo.....	57
Figura 3.6. Padrão de ocupação para dias úteis e sábado.....	60
Figura 3.7. Padrão de uso da iluminação e equipamentos.....	60
Figura 3.8. Disponibilidade do sistema de climatização.	61
Figura 3.9. Esquema do sistema de AVAC.....	62
Figura 3.10. <i>Setpoint</i> do controle da água gelada e limites superior e inferior da faixa de variação do setpoint.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Razão de eficiência de energia para os três algoritmos de controle da temperatura de água gelada (adaptado de Albieri <i>et al.</i> ; 2009).....	35
Tabela 2.2. Comparação do consumo de energia em um dia de verão em Taiwan (adaptado de Lee & Cheng, 2012).....	36
Tabela 2.3. Comparação do consumo de energia em um dia de inverno em Taiwan (adaptado de Lee & Cheng, 2012).	36
Tabela 2.4. Consumo elétrico anual normalizado (kWh/m ²) por área construída anual de uma planta de água gelada (adaptado de Yu & Chan, 2008).....	45
Tabela 2.5. Eficiências do sistema <i>chiller</i> -torre para cinco configurações de sistema (Liu & Chuah, 2011).....	46
Tabela 3.1. Cidades representativas de cada zona bioclimática brasileira e arquivos climáticos utilizados.	55
Tabela 3.2. Valores de transmitância térmica e fator solar para as oito cidades consideradas.	58
Tabela 3.3. Densidade de potência de iluminação para diferentes tipos de ambientes.	58
Tabela 3.4. Características do sistema de climatização segundo a ASHRAE 90.1-2010 (ASHRAE, 2010) para cargas térmicas inferiores a 300 TR.	62
Tabela 3.5. Valores de dimensionamento do sistema de climatização para as oito cidades representativas do zoneamento bioclimático brasileiro.	79
Tabela 4.1. Controles definidos pela ASHRAE 90.1-2010 (ASHRAE, 2010).	80
Tabela 4.2. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAG com os modelos de referência para a cidade de Curitiba.....	82
Tabela 4.3. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI com os modelos de referência para a cidade de Curitiba.....	83
Tabela 4.4. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC com os modelos de referência para a cidade de Curitiba.....	83
Tabela 4.5. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI+TAG com os modelos de referência para a cidade de Curitiba.....	84
Tabela 4.6. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAI com os modelos de referência para a cidade de Curitiba.....	85
Tabela 4.7. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAG com os modelos de referência para a cidade de Curitiba.....	85

Tabela 4.8. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-Integrado com os modelos de referência para a cidade de Curitiba.....	86
Tabela 4.9. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAG com os modelos de referência para a cidade de Santa Maria.	87
Tabela 4.10. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI com os modelos de referência para a cidade de Santa Maria.	87
Tabela 4.11. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC com os modelos de referência para a cidade de Santa Maria.	88
Tabela 4.12. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI+TAG com os modelos de referência para a cidade de Santa Maria.....	89
Tabela 4.13. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAI com os modelos de referência para a cidade de Santa Maria.....	89
Tabela 4.14. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAG com os modelos de referência para a cidade de Santa Maria.....	90
Tabela 4.15. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-Integrado com os modelos de referência para a cidade de Santa Maria.	91
Tabela 4.16. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAG com os modelos de referência para a cidade de São Paulo.....	92
Tabela 4.17. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI com os modelos de referência para a cidade de São Paulo.....	92
Tabela 4.18 Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC com os modelos de referência para a cidade de São Paulo.....	93
Tabela 4.19. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI+TAG com os modelos de referência para a cidade de São Paulo.	93
Tabela 4.20. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAI com os modelos de referência para a cidade de São Paulo.	94
Tabela 4.21. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAG com os modelos de referência para a cidade de São Paulo.	95
Tabela 4.22. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-Integrado com os modelos de referência para a cidade de São Paulo.....	95
Tabela 4.23. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAG com os modelos de referência para a cidade de Brasília.	96
Tabela 4.24. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI com os modelos de referência para a cidade de Brasília.	97

Tabela 4.25. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC com os modelos de referência para a cidade de Brasília.	97
Tabela 4.26. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI+TAG com os modelos de referência para a cidade de Brasília.....	98
Tabela 4.27. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAI com os modelos de referência para a cidade de Brasília.....	99
Tabela 4.28. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAG com os modelos de referência para a cidade de Brasília.....	99
Tabela 4.29. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-Integrado com os modelos de referência para a cidade de Brasília.	100
Tabela 4.30. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAG com os modelos de referência para a cidade de Macaé.	101
Tabela 4.31. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI com os modelos de referência para a cidade de Macaé.	101
Tabela 4.32. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC com os modelos de referência para a cidade de Macaé.	102
Tabela 4.33. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI+TAG com os modelos de referência para a cidade de Macaé.	102
Tabela 4.34. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAI com os modelos de referência para a cidade de Macaé.	103
Tabela 4.35. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAG com os modelos de referência para a cidade de Macaé.	104
Tabela 4.36. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-Integrado com os modelos de referência para a cidade de Macaé.	104
Tabela 4.37. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAG com os modelos de referência para a cidade de Goiânia.	105
Tabela 4.38. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI com os modelos de referência para a cidade de Goiânia.	106
Tabela 4.39. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC com os modelos de referência para a cidade de Goiânia.	106
Tabela 4.40. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI+TAG com os modelos de referência para a cidade de Goiânia.	107
Tabela 4.41. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAI com os modelos de referência para a cidade de Goiânia.	107

Tabela 4.42. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAG com os modelos de referência para a cidade de Goiânia.	108
Tabela 4.43. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-Integrado com os modelos de referência para a cidade de Goiânia.	109
Tabela 4.44. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAG com os modelos de referência para a cidade de Teresina.	110
Tabela 4.45. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI com os modelos de referência para a cidade de Teresina.	110
Tabela 4.46. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC com os modelos de referência para a cidade de Teresina.	111
Tabela 4.47. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI+TAG com os modelos de referência para a cidade de Teresina.	111
Tabela 4.48. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAI com os modelos de referência para a cidade de Teresina.	112
Tabela 4.49. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAG com os modelos de referência para a cidade de Teresina.	113
Tabela 4.50. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-Integrado com os modelos de referência para a cidade de Teresina.	113
Tabela 4.51. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAG com os modelos de referência para a cidade do Rio de Janeiro.....	114
Tabela 4.52. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI com os modelos de referência para a cidade do Rio de Janeiro.....	115
Tabela 4.53. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC com os modelos de referência para a cidade do Rio de Janeiro.....	115
Tabela 4.54. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI+TAG com os modelos de referência para a cidade do Rio de Janeiro.....	116
Tabela 4.55. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAI com os modelos de referência para a cidade do Rio de Janeiro.....	116
Tabela 4.56. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAG com os modelos de referência para a cidade do Rio de Janeiro.....	117
Tabela 4.57. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-Integrado com os modelos de referência para a cidade do Rio de Janeiro.....	118

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AHRI	Air-conditioning Heating and Refrigeration Institute
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers
BEN	Balanço Energético Nacional
COP	Coeficiente de Performance
DMLT	Diferença Média Logarítmica de Temperatura
DOE	United States Department of Energy
EER	Energy Efficiency Ratio
ESEER	European Seasonal Energy Efficient Ratio
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPLV	Integrated Part Load Value
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RTQ-C	Regulamento Técnico da Qualidade – Comercial
TR	Tonelada de Refrigeração
VAV	Volume de Ar Variável
VRV	Volume de Refrigerante Variável

LISTA DE SÍMBOLOS

$c_{p,cond}$	Calor específico da água na entrada do condensador [kJ/(m ² K)]
$c_{p,evap}$	Calor específico da água na entrada do evaporador [kJ/(m ² K)]
CapFTemp	Fator de capacidade de resfriamento em função das temperaturas de operação
$COP_{Referência}$	Coefficiente de desempenho nominal do <i>chiller</i> para as condições AHRI
CT_{antiga}	Carga térmica do dia anterior para o mesmo período do dia (W)
CT_{atual}	Carga térmica atual atendida pelo <i>fan-coil</i> (W)
CT_{chill}	Capacidade do <i>chiller</i> (W)
$CT_{máxima}$	Carga térmica máxima do dia decorrido (W)
EIRFTemp	Fator de consumo de resfriamento em função das temperaturas de operação
EIRFPLR	Fator de consumo de resfriamento em função da razão de carga parcial
FS	Fator de segurança utilizado na equação
F_{50}	Fração de tempo que a torre opera a 50% de capacidade
F_{100}	Fração de tempo que a torre opera a 100% de capacidade
$f_{parcial-vent}$	Fração da vazão máxima do ventilador do <i>fan-coil</i>
$FLP_{ventilador}$	Fração de carga do ventilador do <i>fan-coil</i>
$h_{e,ar}$	Entalpia do ar na entrada da serpentina de resfriamento do <i>fan-coil</i> (kJ/kg)
$h_{mistura,ar}$	Entalpia do ar na saída da caixa de mistura do ar de retorno com o ar de renovação (kJ/kg)
$h_{s,ar}$	Entalpia do ar na saída da serpentina de resfriamento do <i>fan-coil</i> (kJ/kg)
$\dot{m}_{ar}$	Vazão mássica de ar na serpentina de resfriamento do <i>fan-coil</i> (kg/s)
$\dot{m}_{cond}$	Vazão mássica de água na serpentina do condensador (kg/s)
$\dot{m}_{evap}$	Vazão mássica de água na serpentina do evaporador (kg/s)
$\dot{m}_{insuflação}$	Vazão mássica máxima insuflada pelo ventilador do <i>fan-coil</i> (m ³ /s)

PLR_{Bomba}	Fração de vazão mássica da bomba
$PLR_{Chiller}$	Razão de carga parcial do <i>chiller</i>
Q_{AG}	Vazão volumétrica de água gelada deslocada pela bomba (m ³ /s)
Q_{cond}	Vazão volumétrica na serpentina do condensador (m ³)
$\dot{Q}_{cond}$	Taxa de calor que a torre precisa rejeitar ao meio externo (W)
$\dot{Q}_{Dis\quadível}$	Capacidade térmica disponível no <i>chiller</i> (W)
$\dot{Q}_{evap}$	Capacidade térmica exigida da unidade resfriadora (W)
$\dot{Q}_{serp}$	Carga térmica demanda pela serpentina de resfriamento do <i>fan-coil</i> (W)
$\dot{Q}_{Referência}$	Capacidade térmica nominal do <i>chiller</i> para as condições AHRI (W)
$\dot{Q}_{Volum\quad água}$	Carga térmica do volume de água gelada do circuito primário (W)
TBU	Temperatura de bulbo úmido. (°C)
TBS	Temperatura de bulbo seco. (°C)
T_{AG}	Temperatura de água gelada (°C)
$T_{água,e}$	Temperatura da água na entrada do trocador. (°C)
$T_{água,s}$	Temperatura da água na saída do trocador. (°C)
T_{AI}	Temperatura do ar de insuflação (°C)
$T_{ar,e}$	Temperatura do ar na entrada do trocador. (°C)
$T_{ar,s}$	Temperatura do ar na saída do trocador. (°C)
T_{COND}	Temperatura da água de condensação (°C)
$T_{e,cond}$	Temperatura da água de condensação na entrada do condensador (°C)
$T_{e,evap}$	Temperatura da água gelada na entrada do evaporador (°C)
T_i	Temperatura da água gelada na saída do evaporador no momento atual de operação (°C)
T_{i-1}	Temperatura da água gelada na saída do evaporador na hora antecedente à hora de operação (°C)
$T_{limite,inferior}$	Temperatura limite inferior do controle da temperatura de água gelada (°C)

$T_{limite,superior}$	Temperatura limite superior do controle da temperatura de água gelada (°C)
T_{minima}	Temperatura mínima da água gelada do dia anterior (°C)
$T_{s,cond}$	Temperatura da água de condensação na saída do condensador (°C)
$T_{s,cond-alta}$	Temperatura de saída da água de condensação da torre de arrefecimento quando a torre opera a 100% de carga (°C)
$T_{s,cond-baixa}$	Temperatura de saída da água de condensação da torre de arrefecimento quando a torre opera a 50% de carga (°C)
$T_{s,cond-off}$	Temperatura de saída da água de condensação da torre de arrefecimento quando a torre opera em fluxo livre (°C)
$T_{s,evap}$	Temperatura da água gelada na saída do evaporador (°C)
UA_{serp}	Coeficiente de transferência de calor da serpentina do <i>fan-coil</i> (W/K)
$\dot{W}_{Chill}$	Potência consumida pelo <i>chiller</i> (W)
$\dot{W}_{nominal,bomba}$	Potência da bomba nas condições nominais de operação (W)
$\dot{W}_{nominal,ventilador}$	Potência máxima do ventilador do <i>fan-coil</i> (W)
$\dot{W}_{operacional,bomba}$	Potência de operação da bomba num dado instante (W)
$\dot{W}_{operacional,ventilador}$	Potência operacional do ventilador do <i>fan-coil</i> num dado instante (W)
$\dot{W}_{torre,alto}$	Potência consumida quando a torre opera a 100% de capacidade (W)
$\dot{W}_{torre,baixo}$	Potência consumida quando a torre opera a 50% de capacidade (W)
$\dot{W}_{torre,medio}$	Potência média consumida pelo ventilador da torre num dado intervalo de tempo, adota em 1 hora para este estudo (W)
$\dot{W}_{torre,nominal}$	Potência nominal do ventilado da torre de arrefecimento (W)

Símbolos gregos

Δp_{Bomba}	Variação de pressão que a bomba deve proporcionar ao sistema (Pa)
--------------------	---

$\Delta p_{Ventilador}$	Variação de pressão que o ventilador do <i>fan-coil</i> deve fornecer ao sistema (Pa)
ρ_{ar}	Massa específica do ar entrada do ventilador do <i>fan-coil</i> (kg/m ³)
ρ_{cond}	Massa específica da água de condensação na entrada do condensador (kg/m ³)
ρ_{serp}	Massa específica do ar entrada da serpentina de resfriamento do <i>fan-coil</i> (kg/m ³)
η_{bomba}	Eficiência total da bomba
$\eta_{bombeament}$	Eficiência de bombeamento da bomba
$\eta_{dinâmica}$	Eficiência dinâmica do ventilador do <i>fan-coil</i>
$\eta_{motor-Bomba}$	Eficiência do motor da bomba
$\eta_{motor-ventil}$	Eficiência do motor do ventilador do <i>fan-coil</i>
$\eta_{ventilado}$	Eficiência total do ventilador do <i>fan-coil</i>

Símbolos dos modelos de automação

Modelo ASHRAE	Modelo que segue a automação completa da norma ASHRAE 90.1
Modelo ASHRAE-TAG	Modelo que segue a automação da ASHRAE 90.1 apenas para o controle da temperatura da água gelada
Modelo ASHRAE-TAC	Modelo que segue a automação da ASHRAE 90.1 apenas para o controle da temperatura de água de condensação
Modelo Base	Modelo que segue o PROCEL, sem automação que controle a temperatura da água gelada, ar de insuflação e água de condensação
Modelo Ótimo-Integrado	Modelo que possui a integração do controle ótimos das três temperaturas: de água gelada, do ar de insuflação e da água de condensação
Modelo Ótimo-TAG	Modelo que possui o controle ótimo isolado da temperatura de água gelada
Modelo Ótimo-TAC	Modelo que possui o controle ótimo isolado da temperatura da água de condensação

Modelo Ótimo-TAC+TAG	Modelo que possui a integração do controle ótimo da temperatura da água de condensação com o controle ótimo da temperatura de água gelada
Modelo Ótimo-TAC+TAI	Modelo que possui a integração do controle ótimo da temperatura da água de condensação com o controle ótimo do ar de insuflação
Modelo Ótimo-TAI	Modelo que possui o controle ótimo isolado da temperatura do ar insuflação
Modelo Ótimo-TAI+TAG	Modelo que possui a integração do controle ótimo de água gelada com o controle ótimo do ar de insuflação

SUMÁRIO

Capítulo 1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	23
1.1. Os sistemas de climatização.....	23
1.2. Automação da central de água gelada.....	26
1.3. Simulação computacional	27
1.4. Justificativa e Objetivo do Trabalho	28
Capítulo 2 REVISÃO DA LITERATURA	30
2.1. Consumo energético	30
2.2. Automação da central de água gelada.....	32
2.3. Variação da temperatura de água gelada (T_{AG}).....	35
2.4. Variação da temperatura do ar de insuflação (T_{AI}).....	37
2.5. Variação da temperatura de condensação (T_{COND}).....	42
2.6. Conclusões da revisão bibliográfica	48
Capítulo 3 METODOLOGIA	50
3.1. Simulação computacional	51
3.1.1. O <i>software</i> EnergyPlus™	51
3.1.2. Arquivos climáticos	54
3.2. Zoneamento Bioclimático Brasileiro	54
3.3. Parâmetros da edificação.....	56
3.3.1. Geometria da edificação	56
3.3.2. Envoltória da edificação	58
3.3.3. Iluminação	58
3.3.4. Ocupação.....	59
3.3.5. Renovação de ar.....	59
3.3.6. Padrões de uso	59
3.3.7. Sistema de climatização	61
3.4. Avaliação dos Consumos de energia de um sistema de climatização no EnergyPlus™	63
3.4.1. Consumo do <i>Chiller</i>	63
3.4.2. Consumo da torre de arrefecimento	65
3.4.3. Consumo das bombas	66
3.4.4. Consumo do ventilador do <i>fan-coil</i>	67
3.5. Modelagem da automação	68
3.5.1. Efeito da alteração do <i>setpoint</i> da água gelada	69
3.5.2. Efeito da alteração do <i>setpoint</i> de insuflação	70
3.5.3. Efeito da alteração do <i>setpoint</i> da água de condensação	72
3.6. Implementação da modelagem no <i>software</i> de simulação	72
3.6.1 Controle da temperatura de água gelada	73

3.6.2 Controle da temperatura de insuflação do ar.....	77
3.6.3 Controle da temperatura de condensação	78
3.6.4 Implementação da integração.	78
Capítulo 4 RESULTADOS	80
4.1 Resultados para a cidade de Curitiba (PR)	82
4.1.1 Controle da temperatura de água gelada.	82
4.1.2 Controle da temperatura de insuflação do ar.....	82
4.1.3 Controle da temperatura da água de condensação.....	83
4.1.4 Controle integrado da temperatura de insuflação com a temperatura da água gelada.	84
4.1.5 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura de insuflação. ...	84
4.1.6 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura da água gelada.	85
4.1.7 Controle integrado das três temperaturas.	86
4.1.8 Conclusão para a cidade de Curitiba.....	86
4.2 Resultados para a cidade de Santa Maria (RS).....	87
4.2.1 Controle da temperatura de água gelada.	87
4.2.2 Controle da temperatura de insuflação do ar.....	87
4.2.3 Controle da temperatura da água de condensação.....	88
4.2.4 Controle integrado da temperatura de insuflação com a temperatura da água gelada.	88
4.2.5 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura de insuflação. ...	89
4.2.6 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura da água gelada.	90
4.2.7 Controle integrado das três temperaturas.	90
4.2.8 Conclusão para a cidade de Santa Maria.	91
4.3 Resultados para a cidade de São Paulo (SP).....	91
4.3.1 Controle da temperatura de água gelada.	91
4.3.2 Controle da temperatura de insuflação do ar.....	92
4.3.3 Controle da temperatura da água de condensação.....	93
4.3.4 Controle integrado da temperatura de insuflação com a temperatura da água gelada.	93
4.3.5 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura de insuflação. ...	94
4.3.6 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura da água gelada.	94
4.3.7 Controle integrado das três temperaturas.	95
4.3.8 Conclusão para a cidade de São Paulo.....	96
4.4 Resultados para a cidade de Brasília (DF)	96
4.4.1 Controle da temperatura de água gelada.	96
4.4.2 Controle da temperatura de insuflação do ar.....	97
4.4.3 Controle da temperatura da água de condensação.....	97
4.4.4 Controle integrado da temperatura de insuflação com a temperatura da água gelada.	98
4.4.5 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura de insuflação. ...	98
4.4.6 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura da água gelada.	99

4.4.7 Controle integrado das três temperaturas.	99
4.4.8 Conclusão para a cidade de Brasília.	100
4.5 Resultados para a cidade de Macaé (RJ)	100
4.5.1 Controle da temperatura de água gelada.	100
4.5.2 Controle da temperatura de insuflação do ar.....	101
4.5.3 Controle da temperatura da água de condensação.....	102
4.5.4 Controle integrado da temperatura de insuflação com a temperatura da água gelada. ..	102
4.5.5 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura de insuflação.	103
4.5.6 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura da água gelada.	103
4.5.7 Controle integrado das três temperaturas.	104
4.5.8 Conclusão para a cidade de Macaé.....	104
4.6 Resultados para a cidade de Goiânia (GO).....	105
4.6.1 Controle da temperatura de água gelada.	105
4.6.2 Controle da temperatura de insuflação do ar.....	105
4.6.3 Controle da temperatura da água de condensação.....	106
4.6.4 Controle integrado da temperatura de insuflação com a temperatura da água gelada. ..	107
4.6.5 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura de insuflação.	107
4.6.6 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura da água gelada.	108
4.6.7 Controle integrado das três temperaturas.	108
4.6.8 Conclusão para a cidade de Goiânia.	109
4.7 Resultados para a cidade de Teresina (PI)	109
4.7.1 Controle da temperatura de água gelada.	109
4.7.2 Controle da temperatura de insuflação do ar.....	110
4.7.3 Controle da temperatura da água de condensação.....	111
4.7.4 Controle integrado da temperatura de insuflação com a temperatura da água gelada. ..	111
4.7.5 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura de insuflação.	112
4.7.6 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura da água gelada.	112
4.7.7 Controle integrado das três temperaturas.	113
4.7.8 Conclusão para a cidade de Teresina.	113
4.8 Resultados para a cidade do Rio de Janeiro (RJ)	114
4.8.1 Controle da temperatura de água gelada.	114
4.8.2 Controle da temperatura de insuflação do ar.....	114
4.8.3 Controle da temperatura da água de condensação.....	115
4.8.4 Controle integrado da temperatura de insuflação com a temperatura da água gelada. ..	116
4.8.5 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura de insuflação.	116

4.8.6 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura da água gelada.	117
4.8.7 Controle integrado das três temperaturas.	117
4.8.8 Conclusão para a cidade do Rio de Janeiro.	118
Capítulo 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	119
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123
ANEXO A ARQUIVO DE SIMULAÇÃO	127

Capítulo 1

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O consumo de energia em edifícios representa 32% do consumo de energia global (Li *et al.*, 2015), sendo que esta porcentagem chega a 40% em países desenvolvidos, como o caso da Europa (Vakiloroaya *et al.*, 2014) e dos EUA (Li *et al.*, 2013), enquanto que na China este parâmetro é de 20,7% (Vakiloroaya *et al.*, 2014). Para o Brasil esta porcentagem chega a 14,4% (MME, 2016), e vem crescendo com passar dos anos.

Dentro do consumo de energia em edifícios sabe-se que o principal uso de energia é para o sistema de climatização, representando 50% do consumo do edifício nos EUA (Vakiloroaya *et al.*, 2014), 76% na Europa (Gruder *et al.*, 2014), com 50% no caso da Itália (Albieri *et al.*, 2009), 70% na Austrália, 32% na Índia, 33% em Hong Kong e 70% no Oriente Médio (Vakiloroaya *et al.*, 2014). No Brasil o sistema de climatização responde por 47% do consumo de energia dos edifícios comerciais (ELETROBRAS, 2009).

Com o intuito de reduzir esse consumo energético em edificações foi criado em 2003 o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL Edifica), cujo objetivo é incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais nas edificações, reduzindo desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente.

1.1. Os sistemas de climatização

A climatização é um processo de tratamento do ar no interior de um ambiente por meio do controle simultâneo de temperatura, umidade e movimentação, renovação e qualidade do ar, sendo que em algumas aplicações o sistema pode também controlar a pressão interna. Este processo pode ser realizado por dois grandes grupos de sistemas de refrigeração, os de expansão direta e os de expansão indireta.

Os sistemas de expansão direta possuem este nome porque o evaporador do ciclo de refrigeração está em contato direto com o ar que irá climatizar o ambiente interno. Exemplos desse tipo são os sistemas *Split*, *Multisplit* e VRV (Volume de Refrigerante Variável), sendo este último encontrado tanto em edificações comerciais de pequeno quanto de grande porte.

O sistema de climatização VRV é um sistema que varia a vazão de fluido refrigerante por meio do uso de compressores com velocidade variável e de válvulas de expansão eletrônicas localizadas em cada uma das unidades internas, conectadas ao restante do circuito de refrigeração.

O sistema de modulação da vazão de fluido refrigerante permite o uso de unidades internas de diferentes capacidades e configurações, um controle de conforto individualizado por ambiente e um alto coeficiente de performance (COP) em condições de carga parcial em comparação às de carga plena, podendo ser até 60% superior. A Figura 1.1 representa um diagrama esquemático dos componentes do circuito de refrigeração de um sistema de condicionamento de ar VRV.

Figura 1.1. Sistema de climatização do tipo VRV.

Já nos sistemas de expansão indireta o evaporador do ciclo de refrigeração climatiza o ar de insuflação indiretamente por meio de um fluido intermediário, normalmente água ou uma mistura água-etilenoglicol. Dessa forma todo o ciclo de refrigeração (condensador,

compressor, válvula de expansão e evaporador) normalmente é montado como um único conjunto chamado de unidade resfriadora (ou *chiller* em inglês). O fluido intermediário resfriado por essa unidade é bombeado para os ambientes climatizados, onde resfria o ar.

Exemplo deste tipo de sistema é a central de água gelada mostrada na Figura 1.2, composta pelos seguintes componentes: unidade resfriadora (*chiller*), bombas de água gelada e unidades de insuflação de ar nos ambientes climatizados (*fan-coil*), sendo que o *chiller* pode fazer a rejeição de calor para o meio externo diretamente (*chiller* com condensação a ar) ou por meio de um circuito de água de condensação, possuindo assim também como componentes as bombas de condensação e torres de resfriamento.

Figura 1.2. Sistema de climatização do tipo expansão indireta com condensação a água.

O sistema com condensação a água apresenta maior eficiência do sistema quando comparado a outros sistemas (MMA, 2017), por isso tende a ser mais utilizado em edificações comerciais de médio e grande porte, onde o consumo de energia por parte do sistema de climatização pode chegar a cerca de 40-50% do consumo total da edificação.

Nesse caso, uma melhor adequação da operação do sistema, particularmente nas situações de carga parcial é muito importante, já que segundo Argüello-Serrano & Vélez-Reyes (1999) nessas condições a operação deve variar com a carga térmica. Sendo assim esse tipo de sistema será o foco do estudo desenvolvido no presente trabalho.

1.2. Automação da central de água gelada

A automação tem a finalidade de controlar o sistema de climatização para que este proporcione um adequado tratamento do ar consumindo uma quantidade adequada de energia, sendo que a automação regula o funcionamento dos equipamentos do sistema de AVAC controlando 3 temperaturas e atuando em 3 parâmetros:

- para retirar a carga térmica do ambiente climatizado (normalmente mantido a 24°C), a automação faz o controle da temperatura de insuflação do ar no ambiente climatizado e atua variando a vazão do ar insuflado à medida que a carga térmica varia;
- para retirar a carga térmica do circuito de ar, no *Fan-Coil*, a automação faz o controle da temperatura da água na saída do *chiller* e atua na vazão de água gelada que chega ao *Fan-Coil* à medida que a carga demandada pelo *Fan-Coil* sofre variação;
- para retirar o calor do *chiller*, a automação faz o controle da temperatura da água na saída da torre de arrefecimento e atua variando a vazão do ar que passa pela torre de arrefecimento à medida que o calor liberado pelo *chiller* varia.

Dessa forma, a automação do sistema atua em três vazões do sistema (a vazão de ar insuflado, de água gelada e de ar na torre de resfriamento) e controla três temperaturas (a do ar de insuflação, da água gelada e da água de condensação) em função da variação da carga térmica.

A estratégia de controle mais simples para essas três temperaturas controláveis é mantê-las em valores fixos, definidos para atender à demanda de carga térmica nas condições de dimensionamento do sistema, com o que se assegura que o sistema sempre propiciará um adequado tratamento do ar já que atende ao pior caso.

O regulamento técnico de qualidade para edifícios não residenciais (RTQ-C), que foi desenvolvido pelo PROCEL Edifica, especifica os requisitos técnicos quanto à eficiência energética da edificação (ELETROBRAS, 2013). No entanto este regulamento nacional estabelece apenas condições de eficiência dos equipamentos e não define controle de automação para a operação do sistema.

Dessa forma a estratégia simples de controle descrita acima já satisfaz o regulamento técnico brasileiro existente. Contudo, esta estratégia de controle fixo das temperaturas acarreta numa ineficiência por parte do sistema de climatização (Argüello-Serrano & Vélez-Reyes, 1999), pois as condições de dimensionamento só acontecem durante cerca de 1% do tempo de

operação e, assim, o sistema opera 99% do tempo em condições que não são as mais apropriadas.

Uma estratégia de controle melhor e mais sofisticada (mas ainda não ótima) é fazer o controle das três variáveis controláveis a partir das condições climáticas externas, como definido pela norma ASHRAE 90.1-2010 (ASHRAE, 2010) em seu Apêndice G, o qual estabelece um método de avaliação do desempenho energético de edificações. Esta estratégia ainda não é otimizada pois não considera a variação da carga térmica da edificação, considerada um parâmetro importante do sistema de climatização por Argüello-Serrano & Vélez-Reyes (1999).

Diversos estudos na literatura apresentam ganhos significativos na redução do consumo energético do sistema de climatização ao analisar estratégias de controle otimizado para cada uma das temperaturas controláveis separadamente, e em alguns casos de duas delas de maneira integrada, em função das condições de operação da edificação e das condições climáticas onde o edifício se encontra inserido, normalmente em climas temperados ou subtropicais.

1.3. Simulação computacional

As ferramentas de simulação computacional de edificações começaram a ser desenvolvidos e difundidos a partir da década de 70, pois segundo Li *et al.* (2015) as simulações computacionais permitem investigar potenciais oportunidades de melhoria da eficiência energética, identificando estratégias ótimas para a etapa de desenvolvimento de projeto ou para a operação diária da edificação, ou ainda definindo planos de reforma adequados para cada edificação existente, uma vez que permitem a análise de diversos tipos de estratégias em um curto espaço de tempo e de forma barata, já que não demandam a construção de protótipos ou intervenções na edificação.

Assim, o presente estudo faz uso dessas ferramentas de simulação computacional para analisar o impacto de estratégias de controle ótimo das temperaturas controláveis numa central de água gelada, permitindo efetuar correções ou modificações na automação de forma rápida.

Outro motivo pelo qual se adota a simulação computacional é que o presente trabalho analisa o impacto da automação otimizada para todo o território nacional, analisando as estratégias propostas para um conjunto de cidades que representem a maior parte do clima brasileiro. O uso das ferramentas de simulação computacional para tanto é extremamente útil,

pois permite alterar os dados de condições climáticas para as diversas localidades de interesse de forma rápida.

1.4. Justificativa e Objetivo do Trabalho

Como já mencionado, o impacto do consumo energético em edifícios comerciais no consumo total dos diversos países e regiões vem aumentando ano a ano. Assim, é importante o estudo de soluções para racionalização e redução desse consumo, particularmente nos sistemas de climatização (normalmente o maior consumidor dentro das edificações).

Em função do exposto, este trabalho foca a sua atenção nestes sistemas, especificamente nas estratégias de automação das instalações, para as condições climáticas brasileiras.

Outro aspecto que ressalta a necessidade e importância desse trabalho é o fato de que um controle adequado e otimizado das três temperaturas controláveis do sistema (temperaturas do ar de insuflação, da água gelada e da água de condensação) ainda não é uma realidade no mercado brasileiro.

Assim, o objetivo geral deste trabalho é demonstrar a importância de fazer um controle adequado dessas temperaturas em função da carga térmica e das condições externas como meio de reduzir os consumos de energia em edifícios comerciais, apresentados o potencial de economias ao se realizar um adequado controle. Essa análise é feita em três etapas:

- para cada temperatura de forma individualizada;
- para as temperaturas integradas duas a duas;
- para as três temperaturas integradas, algo ainda inédito na literatura

As diversas estratégias de automação propostas são testadas via EnergyPlus™ em uma edificação comercial típica definida pela norma ASHRAE 90.1-2010 (ASHRAE, 2010), sendo a implementação do controle das três temperaturas controláveis (temperaturas do ar de insuflação, da água gelada e da água de condensação) feita por meio da ferramenta Energy Management System (EMS), a qual permite introduzir e customizar rotinas no EnergyPlus™. O impacto de cada uma dessas estratégias é analisado a partir dos resultados das simulações energéticas realizadas, indicando a redução do consumo do sistema de climatização que pode ser obtida.

O Capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura relacionada aos objetivos do trabalho, e o Cap. 3 detalha metodologia utilizada, incluindo a modelagem do sistema de climatização e

das estratégias de automação. Na sequência, o Cap. 4 apresenta os resultados obtidos e as conclusões para cada zona bioclimática, apresentando primeiro os ganhos separados de cada controle e, posteriormente, os ganhos integrados para cada uma das cidades estudadas. Por último o Cap. 5 apresenta as conclusões finais e recomendações de trabalhos futuros.

Capítulo 2

REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Consumo energético

O consumo de energia elétrica sempre foi uma preocupação da sociedade, que vem buscando soluções para minimizá-lo a partir de políticas públicas, seja reduzindo as suas perdas ou melhorando o seu uso, sem afetar a economia nacional.

Dentro do consumo total de eletricidade, a parcela consumida por edificações comerciais vem aumentando com o tempo (MME, 2016). Segundo o balanço energético nacional de 2016 (MME, 2016) esse setor foi responsável por 17,5% do consumo total de eletricidade do Brasil, como pode ser observado na Figura 2.1.

Figura 2.1. Consumo de energia elétrica do Brasil por setor (MME, 2016).

Já a Figura 2.2 mostra o crescimento desse consumo das edificações comerciais, podendo-se observar que o consumo anual do setor teve um crescimento de 65,5% no período de 2006 a 2015. Também se pode observar o aumento da porcentagem deste setor frente ao consumo total de eletricidade do país, que era de 14,16% em 2006 e chegou a 17,5% em 2015.

Figura 2.2. Crescimento do consumo de energia elétrica no setor comercial (MME, 2016).

Como já mencionado no Capítulo 1, dentro do consumo de energia elétrica nas edificações comerciais a principal parcela é aquela devida ao sistema de ar condicionado, que segundo a ELETROBRAS (2009) é responsável por 47% do consumo total da edificação, como poder ser observado na Figura 2.3.

Figura 2.3. Parcelas de consumo de cada sistema de uma edificação comercial (ELETROBRAS, 2009).

Com o intuito de reduzir o consumo das edificações, principalmente as comerciais, várias medidas de conservação de energia estão sendo propostas para aumentar a eficiência energética nas edificações. Muitas delas são voltadas para a automação da central de água gelada, onde diversas variáveis podem ser controladas para minimizar o consumo energético da edificação (Ahn & Mitchell; 2001).

2.2. Automação da central de água gelada

O uso da automação para aumento da eficiência energética em uma edificação permite a redução do consumo ao otimizar o uso das instalações e auxiliar no funcionamento correto dos equipamentos, além de agilizar as ações de manutenção o que reduz o tempo de paradas por falhas e melhorar o estado de conservação dos equipamentos (WIECZOREK, 2018).

O sistema de climatização com central de água gelada, tipo de sistema centralizado mais comum e que é o foco desse trabalho, é formado por uma unidade de produção de água gelada (*chiller*), por uma ou mais torres de arrefecimento (ou resfriamento), por conjuntos de bombas de água gelada e de água de condensação e por unidades de tratamento de ar nos ambientes climatizados (*fan-coils*).

A automação do sistema de climatização por água gelada controla a velocidade dos ventiladores de insuflação e da(s) torre(s) de arrefecimento, as vazões de água nas bombas de água gelada e de condensação por meio de três variáveis controláveis e três variáveis não controláveis:

- variáveis controláveis:
 - temperatura de insuflação do ar;
 - temperatura de água gelada na saída do evaporador;
 - temperatura de água de condensação na entrada do condensador;
- variáveis não controláveis:
 - carga térmica;
 - Condições climáticas externas;
 - razão de calor sensível¹.

Ahn & Mitchell (2001) levantaram os impactos dessas três variáveis controláveis, via simulação, no consumo da central de água gelada e os comparou a metodologia desenvolvida por Braun (1988), a qual estima que o consumo total do sistema de climatização pode ser obtido através de funções quadráticas dessas variáveis controladas e não controladas, e obtiveram a variação do consumo de cada componente do sistema com a alteração de cada uma das variáveis controláveis separadamente, mantendo as outras duas variáveis fixas.

Os autores consideraram as três variáveis não controláveis como sendo constantes em: carga térmica de 300TR, temperatura de bulbo úmido externo em 18°C e a relação de calor sensível em 80%. Já as variáveis controláveis foram mantidas inicialmente fixas em 11°C para a temperatura de insuflação, em 7°C para a temperatura de água gelada e em 26°C para a temperatura de água de condensação. Posteriormente os autores variaram a temperatura de insuflação (Figura 2.4a), depois a temperatura de água gelada (Figura 2.4b) e por último a temperatura de água de condensação (Figura 2.4c). A partir dos resultados, Ahn & Mitchell (2001) obtiveram um valor ótimo de cada variável para o dimensionamento do sistema.

No entanto, segundo Argüello-Serrano & Vélez-Reyes (1999) um importante fator que afeta a eficiência dos sistemas de climatização é que a maioria dos sistemas são controlados para operar nas condições de dimensionamento de projeto, enquanto a carga térmica real e as condições climáticas externas variam com o tempo. Portanto existe um valor ótimo para as variáveis controláveis a cada condição de operação, e dessa forma o controle precisa variar com o tempo e se adaptar a cada condição.

Nas seções subsequentes será apresentado como cada uma das variáveis controláveis afeta o consumo do sistema de climatização para estudos de edificações em condições de operação.

1 A razão de calor sensível é a relação entre o calor sensível e o calor total (sensível + latente)

(a)

(b)

(c)

Legenda: $P_{tot,sim}$: Potência total simulada do sistema; $P_{tot,pred}$: Potência total predita pela metodologia de Braun (1988); $P_{chiller}$: Potência do chiller; $P_{fan,ct}$: Potência do ventilador da torre de arrefecimento; $P_{pump,mw}$: Potência da bomba secundária; $P_{fan,s}$: Potência do ventilador do fan-coil.

Figura 2.4. Consumo de potência em função das variáveis controláveis: (a) temperatura de insuflação; (b) temperatura da água gelada; (c) temperatura da água de condensação (adaptado de Ahn & Mitchell (2001)).

2.3. Variação da temperatura de água gelada (T_{AG}).

Albieri *et al.* (2009) realizaram uma simulação computacional no Matlab para um sistema de climatização no qual analisaram um *chiller* com condensação a ar, com o objetivo de desenvolver um algoritmo de controle adaptativo da temperatura da água gelada na saída do evaporador do *chiller* ($T_{AG,s}$). Este controle tinha por objetivo aumentar a eficiência do *chiller* variando a T_{AG} em função da variação da carga térmica. Após finalizar o algoritmo os autores testaram três algoritmos de controle em um *chiller* comercial, o primeiro foi o controle fixo da $T_{AG,s}$ em 7°C (modelo de referência), o segundo controle foi o controle fixo da T_{AG} na entrada do evaporador ($T_{AG,e}$) em 12°C e por fim o último foi o algoritmo de controle variável da $T_{AG,s}$, demonstrando que esse último algoritmo traz o maior aumento no desempenho sazonal do *chiller* (ESEER) em comparação ao controle tradicional da $T_{AG,s}$ fixa em 7°C, sendo que os resultados obtidos apresentam ganhos para as quatro condições indicada na metodologia do calculo do ESEER do desempenho do *chiller* (EER), como pode ser observado na Tabela 2.1 abaixo.

Tabela 2.1. Razão de eficiência de energia para os três algoritmos de controle da temperatura de água gelada (adaptado de Albieri *et al.*; 2009).

		EER				ESEER	Variação do ESEER em relação ao caso 1 [%]
Razão de carga parcial	[%]	25	50	75	100		
Temperatura externa	[°C]	20	25	30	35		
Peso do coeficiente	[%]	23	41	33	3		
Algoritmos de controle da temperatura de água gelada:							
Temperatura fixa na saída do evaporador (Caso 1)		2,94	2,79	2,54	2,23	2,72	-
Temperatura fixa na entrada do evaporador		3,06	2,88	2,57	2,23	2,80	2,8%
Temperatura flutuante na saída do evaporador		3,28	3,09	2,69	2,23	2,97	9,1%

Pode-se observar que para a primeira condição (EER a 25% de carga) o ganho na eficiência com a temperatura flutuante foi de 11,5%, já para segunda condição (EER a 50% de carga) o ganho foi de 10,7%, para a terceira condição (EER a 75% de carga) foi de 5,91% e

no pico de carga (quarta condição) a eficiência não apresenta ganhos, justamente porque nesse ponto de operação ambos os algoritmos operam nas condições de dimensionamento. Com esses ganhos parciais o método de controle da $T_{AG,s}$ proporciona uma economia sazonal (ESEER) de 9,1% quando comparado à condição padrão de operação.

Já Lee & Cheng (2012) combinaram um programa de simulação com um algoritmo de otimização para identificar as melhores temperaturas de operação, com o intuito de minimizar o consumo de energia de uma central de água gelada em uma edificação de escritórios em Taiwan em um dia típico de verão e um dia típico de inverno. As temperaturas combinadas pelos autores foram as temperaturas de água gelada e a temperatura de condensação, para as quais foram realizados dois tipos de otimização: no primeiro se obtinha uma constante ótima para cada temperatura por dia, e no segundo era obtida uma T_{AG} ótima para cada hora do dia. De forma diferente de Albieri *et al.* (2009), Lee & Cheng (2012) obtiveram o ponto ótimo de operação pensando no sistema de climatização como um todo e não apenas no *chiller* (maior consumidor de energia). Os autores obtiveram ganhos de 9,4% para todo o sistema num dia típico de verão e ganhos de 11,1% para um dia típico de inverno, conforme apresentado nas Tabelas 2.2 e 2.3.

Tabela 2.2. Comparação do consumo de energia em um dia de verão em Taiwan (adaptado de Lee & Cheng, 2012).

Caso	Consumo [kWh]				Variação			
	Chiller	Bombas	Torre	Total do sistema	Chiller	Bombas	Torre	Total do sistema
Base	8342,7	2666,5	308,3	11317,5	-	-	-	-
Otimização 1	7000,3	2756,8	537,1	10294,2	-16,1%	3,4%	74,2%	-9,0%
Otimização 2	6948,5	2771,9	537,1	10257,5	-16,7%	4,0%	74,2%	-9,4%

Tabela 2.3. Comparação do consumo de energia em um dia de inverno em Taiwan (adaptado de Lee & Cheng, 2012).

Caso	Consumo [kWh]				Variação			
	Chiller	Bombas	Torre	Total do sistema	Chiller	Bombas	Torre	Total do sistema
Base	3914,8	1415,3	155,9	5486,0	-	-	-	-
Otimização 1	3138,5	1462,2	275,6	4876,3	-19,8%	3,3%	76,8%	-11,1%
Otimização 2	3148,2	1451,4	276,3	4875,9	-19,6%	2,6%	77,2%	-11,1%

Como se pode observar, os processos de otimização das temperaturas buscam reduzir o consumo do *chiller* à custa de uma penalização controlada no consumo dos demais componentes do sistema (bombas e torre de arrefecimento), de forma a se obter o máximo ganho global para todo o sistema de água gelada.

2.4. Variação da temperatura do ar de insuflação (T_{AI}).

Ke & Mumma (1997) levantaram os benefícios de um controle da temperatura do ar de insuflação (T_{AI}) no sistema de climatização, mostrando que o aumento da T_{AI} permite aumentar a temperatura de saída do evaporador do *chiller*, o que por sua vez aumenta eficiência do componente do sistema em aproximadamente 1% para cada 1,1°C de aumento da T_{AI} . No entanto o aumento da T_{AI} vem acompanhado do aumento do consumo de energia dos ventiladores para sistemas com VAV (volume de ar variável), nos quais um aumento de 10% no fluxo de ar insuflado pode causar o aumento da ordem de 33% na energia consumida pelo componente.

Ke & Mumma (1997) também mostraram que o aumento da T_{AI} reduz a capacidade que a serpentina possui de desumidificar o ar, portanto o aumento da temperatura deve ser limitado pela máxima umidade permitida no ambiente, sendo que em dias mais secos há uma maior possibilidade de aumento de T_{AI} .

Os autores obtiveram ainda que os principais ganhos do controle da T_{AI} se dão em condições de clima ameno (para o caso da Pensilvânia, EUA, nos meses de abril e outubro), como pode ser observado na Figura 2.5, que compara os casos do controle ótimo (T_{AI} ótimo) e da máxima temperatura possível ar de insuflação (T_{AI} máximo) com um valor fixo dessa variável (T_{AI} fixo).

A Figura 2.5 mostra que nos meses de verão no hemisfério norte (junho, julho e agosto) os consumos são praticamente os mesmos nos três casos, devido à grande carga de resfriamento necessária. Já para o restante do ano é possível observar uma redução da demanda de potência para o controle ótimo, enquanto se observa um aumento da demanda para o controle de máxima T_{AI} , o que ressalta a necessidade de se analisar o controle ótimo. Ke & Mumma (1997) obtiveram um ganho anual de 6,2% para o controle ótimo da T_{AI} .

Figura 2.5. Média mensal da demanda de potência horária (adaptado de Ke & Mumma, 1997).

Segundo Wang & Song (2012) a temperatura de insuflação é normalmente fixada em 13°C para atender às condições de dimensionamento, no entanto para os autores esta temperatura não precisa ser limitada aos 13°C para condições de carga parcial e dias secos, pois assim como também mostrado por Ke & Mumma (1997) em dias secos não há uma grande necessidade de desumidificação. Portanto o aumento da T_{AI} , apesar de aumentar o consumo dos ventiladores, pode reduzir ou eliminar a carga de resfriamento e de reaquecimento para controle de umidade.

Os resultados obtidos por Wang & Song (2012) para a T_{AI} ótima em função das condições externas e da carga parcial do ambiente são apresentadas na Figura 2.6, onde se tem as economias obtidas para dois tipos de ventiladores, um com relação quadrática (linha pontilhada) e outro com função cúbica da potência de ventilação em função do fluxo volumétrico (linha contínua). Esses resultados foram obtidos por meio de uma modelagem matemática que estabeleceu o ponto ótimo ao minimizar o consumo do resfriamento mecânico e do motor do ventilador.

É possível observar na Figura 2.6 que os ganhos são maiores para temperaturas mais frias, quando praticamente é possível desligar o compressor da unidade resfriadora, já que a baixa temperatura do ar externo atende parcialmente à carga térmica do ambiente climatizado. É possível também observar que quanto menor a carga parcial, maiores são as economias. Portanto os maiores ganhos se deram em condições de clima frio e com baixa carga térmica, situação referente ao começo e final do dia do outono e durante boa parte do inverno.

Figura 2.6. Porcentagens de economia (adaptado de Wang & Song, 2012).

Gruder *et al.* (2014) apresentaram cinco estratégias de controle de T_{AI} , para um pavimento tipo com 11 salas comerciais de 10 m², por meio de simulação durante uma semana de verão e uma semana de inverno na Suécia. As cinco estratégias analisadas pelos autores foram primeiramente o controle da T_{AI} em função da temperatura externa (OATS), considerada como referência pelos autores, a segunda foi o controle da T_{AI} em função da ocupação (TOS), a terceira tinha como parâmetro de controle da T_{AI} a potência de aquecimento da serpentina da unidade (OLSS), a quarta estratégia tinha como parâmetro a média da temperatura das zonas atendidas pelo *fan-coil* (RATS), e a última estratégia era um controle ótimo em função da carga interna e da temperatura externa. Todas as estratégias foram testadas em dois sistemas diferentes, sendo o sistema A um sistema de climatização com distribuição de ar central (*fan-coil* único) e serpentina de reaquecimento em cada zona, e o sistema B um sistema em que cada zona possui um *fan-coil* com ar de recirculação e controle da tomada de ar externo por sensor de concentração interna de CO₂.

Os consumos obtidos por Gruder *et al.* (2014) para ambos os sistemas são apresentados nas Figuras 2.7 e 2.8 para os sistemas A e B respectivamente. Segundo o autor o controle ótimo da T_{AI} para o sistema A chega a proporcionar economias, no consumo energético do sistema de AVAC de 31% e 39% em relação ao sistema OATS, respectivamente para a

edificação pesada e leve. Já para o sistema B essas economias foram respectivamente de 12% e 18% para a edificação pesada e leve.

(a)

(b)

Figura 2.7. Uso de energia do AVAC para o sistema A durante duas semanas na Suécia, uma de verão e outra de inverno para (a) edificação com envoltória pesada e (b) edificação com envoltória leve (adaptado de Gruder *et al.*, 2014).

(a)

(b)

Figura 2.8. Uso de energia do AVAC para o sistema B durante duas semanas na Suécia, uma de verão e outra de inverno para (a) edificação com envoltória pesada e (b) edificação com envoltória leve (adaptado de Gruder *et al.*, 2014).

Parameshwaran *et al.* (2008) realizaram um estudo de otimização utilizando algoritmos genéticos com o objetivo de reduzir o consumo de um sistema de climatização do tipo volume de ar variável (VAV) com capacidade de 30TR, em uma escritório de 280 m² na Índia operando 24h em um dia. O autor utilizou na sua otimização a integração da temperatura de

água gelada com a temperatura de insuflação e, além dessas duas variáveis, ele adicionou o controle da perda de pressão da VAV e a variação da temperatura interna dos ambientes.

Os resultados obtidos são apresentados na Figura 2.9, que mostra que há uma economia de 7,9% no consumo do controle AG (algoritmo genético) ótimo em relação ao sistema com VAV, e que essa economia é ainda maior quando se compara esse controle com um sistema de climatização do tipo volume de ar constante (CAV), sendo que os ganhos foram maiores para os períodos noturnos, quando as temperaturas externas são mais baixas.

Figura 2.9. Variação do consumo total do sistema com o tempo (adaptado de Parameshwaran *et al.*, 2008).

2.5. Variação da temperatura de condensação (T_{COND}).

Braun & Diderrich (1990) mostraram que o consumo do *chiller* e da torre de arrefecimento tem um comportamento inverso em relação à alteração do fluxo de ar pela torre, portanto à medida que o fluxo de ar aumenta há uma redução da temperatura de condensação (que reduz o consumo do *chiller*), mas em contra partida há também o aumento do consumo da torre de arrefecimento, como pode ser observado na Figura 2.10.

Figura 2.10. Compensação entre o consumo energético do chiller e da torre de arrefecimento (adaptado de Braun & Diderrich (1990)).

A partir dos resultados obtidos por Braun & Diderrich (1990), Li *et al.* (2013) desenvolveram um algoritmo de controle da T_{COND} para melhorar a eficiência de um conjunto *chiller-torre*, o qual foi testado em duas situações típicas: a primeira quando há uma alteração de carga térmica, que foi modelada como uma redução da temperatura na entrada do evaporador de 12°C para 10°C (Figura 2.11), e a segunda quando há uma alteração das condições externas, que foi modelada como a alteração climática de 37°C de TBS e 20% de UR para 35°C de TBS para 80% de UR (Figura 2.12).

Figura 2.11. Mapa estático para a redução da temperatura na entrada do evaporador (adaptado de Li *et al.*, 2013).

Figura 2.12. Mapa estático para alteração das condições externas (adaptado de Li *et al.*, 2013).

Como se pode observar nas figuras, as alterações das condições parciais de operação e as condições externas afetam o ponto ótimo de operação da torre de arrefecimento, a qual controla a T_{COND} . Dessa forma, quando há uma redução da carga térmica da edificação (mudança da condição 1 para a condição 2 da Figura 2.11), a operação da torre precisa ser ajustada para a nova situação (condição 3), o que nas condições da Figura 2.11 representou uma economia de 5,7% no consumo do sistema *chiller*-torre.

Por sua vez, quando há alterações das condições externas (mudança da condição 1 para a condição 2 da Figura 2.12) também se deve ajustar a operação da torre (condição 3 da Figura 2.12), o que representou uma economia 0,32% para o sistema *chiller*-torre.

Os resultados de Li *et al.* (2013) demonstram a necessidade de se fazer ajustes na operação da torre, variando a T_{COND} quando as condições de operação, carga térmica instantânea e condições externas são alteradas.

Yu & Chan (2008) também desenvolveram um estudo para investigar o desempenho de um conjunto *chiller*-torre de arrefecimento numa edificação comercial na cidade de Hong Kong. Os resultados obtidos pelos autores são apresentados na Tabela 2.4 para quatro diferentes esquemas de controle da temperatura de condensação.

Tabela 2.4. Consumo elétrico anual normalizado (kWh/m^2) por área construída anual de uma planta de água gelada (adaptado de Yu & Chan, 2008).

Cenários:	1(base)	2	3	4	
	$T_{COND} = 29,4^{\circ}\text{C}$	$T_{COND} = 18,3^{\circ}\text{C}$	$T_{COND} = T_{BU_{ext}} + 4^{\circ}\text{C}$	Controle ótimo	Variação em relação ao Caso 1
Chiller	30.6	29	30.1	29.9	-2.3%
Bombas de água gelada	6.6	6.6	6.6	6.6	0.0%
Bombas de condensação	3.1	3.1	3.1	3.1	0.0%
Ventilador da torre	1.8	3.1	2	2.1	16.7%
Total	42	41.8	41.7	41.7	-0.7%

O cenário 1 (caso base) possui *setpoint* constante a $29,4^{\circ}\text{C}$, já o cenário 2 possui um *setpoint* constante a $18,3^{\circ}\text{C}$, o cenário 3 possui um controle dependente da TBU externa, sendo que o *setpoint* da T_{COND} é mantido a 4°C acima da TBU externa, por fim o cenário 4 possui um controle ótimo para maximizar o COP do sistema. Como pode se observar o controle ótimo é o que possui melhores resultados, obtendo economias de 1,23% no conjunto

chiller-torre equivalente a 0,7% quando considerado o sistema com um todo (*chiller*-torre-bombas).

Liu & Chuah (2011) fizeram uma análise para quatro tipos de controle de temperatura de condensação, sendo os dois primeiros um controle fixo da T_{COND} em 29,4°C e em 18,3°C, que serviam como referências de um controle fixo com T_{COND} alta ou baixa. O terceiro tipo foi um controle da T_{COND} em função da TBU ambiente (FAT). Por fim o último tipo de controle (OAT), melhorado em relação ao terceiro, considerou não só a TBU ambiente, mas também a carga parcial do *chiller* e as eficiências momentâneas do *chiller* e da torre de arrefecimento como parâmetros. Os resultados obtidos pelo autor são para um consumo anual do sistema e podem ser vistos na Figura 2.13 para cinco diferentes sistemas (descritos na Tabela 2.5) e duas diferentes localidades de Taiwan.

Tabela 2.5. Eficiências do sistema *chiller*-torre para cinco configurações de sistema (Liu & Chuah, 2011).

Casos	Eficiência do ventilador da torre (kW/kW de rejeição de calor)	COP do <i>Chiller</i>	CTF¹
Caso A	0,00835	4,45	1,047
Caso B	0,00835	5,50	1,058
Caso C	0,01670	4,90	1,103
Caso D	0,02510	4,45	1,141
Caso E	0,02510	5,50	1,174

¹ CTF: Fator de resfriamento da torre de arrefecimento

(a)

(b)

Figura 2.13. Comparação do potencial de economia anual para diferentes controles da temperatura de condensação. (a)Taipei (b) Kaohsiung (adaptado de Liu & Chuah, 2011).

Os resultados indicam economias no consumo de energia para o conjunto *chiller*-torre entre 4,61% a 5,86% para Taipé e entre 4,1% e 4,8% para Kaohsiung, sendo que os ganhos são maiores para Taipé por esta cidade possuir uma variação anual da TBU maior que Kaohsiung. Portanto os ganhos são mais significativos em regiões com maior variação sazonal da temperatura de bulbo úmido.

2.6. Conclusões da revisão bibliográfica

Conforme apresentado por Ahn & Mitchell (2001), uma central de água gelada possui um ponto ótimo de operação que reduz o seu consumo ao menor nível, porém o autor não analisou como este ponto ótimo varia à medida que as variáveis não controláveis forem se alterando.

O estudo que controlou a temperatura de água gelada, Albieri *et al.* (2009), demonstrou que este controle aumentou a eficiência sazonal do *chiller* em 9,1%. Como o *chiller* é responsável por 70% do consumo do sistema de climatização, seria possível uma redução de aproximadamente 6%.

Já o estudo de Wang & Song (2012) apresentou que o controle da temperatura de insuflação apresenta economias superiores à medida que a temperatura externa é menor. Os mesmos resultados foram obtidos em simulações de uma edificação em três estudos: o estudo de Gruder *et al.* (2014) controlou a mesma temperatura e obteve ganhos que variaram de 12% a 39% para uma edificação na Suécia para um consumo semanal no inverno e no verão; o estudo de Ke & Mumma (1997) obteve ganhos anuais de 6,2% na pensilvânia, onde os ganhos foram maiores nas estações da primavera e outono, que possuem temperaturas amenas (frias para o padrão brasileiro); e o estudo de Parameshwaran *et al.* (2008) obteve ganhos de 7,9% para uma análise diária na Índia, onde os ganhos foram obtidos principalmente no período noturno (condições climáticas de menor temperatura). Portanto, todos os estudos apresentam que o controle da temperatura de insuflamento apresenta ganhos atrelados às condições climáticas externas.

Para o controle da temperatura de condensação Braun & Diderrich (1990) demonstraram que existe um ponto ótimo entre o consumo do *chiller* e da torre de arrefecimento. Adicionalmente o estudo de Li *et al.* (2013) demonstrou que esse ponto ótimo varia com a alteração da carga térmica e das condições climáticas externas e precisa ser reajustado com finalidade de reduzir o consumo energético. Por exemplo, os estudos de Yu & Chan (2008) e Liu & Chuah (2011) demonstraram ganhos anuais de 0,7% a 5,9% para o sistema *chiller*-

torre, sendo estas economias afetadas pela condição climática da cidade e pela eficiência da torre e do *chiller*.

O estudo de Lee & Cheng (2012) integrou o controle da temperatura de condensação como da água gelada e obteve ganhos de 9,4% numa semana no verão e 11,1% para uma semana de inverno, obtendo ganhos superiores aos modelos com os controles isolados de temperatura de condensação e água gelada.

Os estudos apresentados nesta revisão bibliográfica demonstram os ganhos que um controle otimizado das três variáveis controláveis (temperatura de água gelada, de insuflação e de condensação) propicia. Contudo, os estudos recuperados abrem a possibilidade de aprofundá-los por meio da integração dos três controles conjuntamente numa mesma edificação comercial, além da possibilidade de analisar os ganhos que essa automação integrada traria para condições climáticas tropicais, uma vez que todos os estudos foram desenvolvidos para climas temperados ou subtropicais, condições climáticas que não representam a realidade da maior parte do território brasileiro.

Capítulo 3

METODOLOGIA

O presente estudo busca otimizar o controle das três temperaturas controláveis (água gelada, ar de insuflação e água de condensação) de forma a integrá-los para reduzir o consumo do sistema de climatização, além de analisar os ganhos para as diferentes condições climáticas brasileiras.

Para a resolução do problema utilizou-se a simulação computacional, pois esta é uma ferramenta que possibilita avaliar o impacto de inúmeras estratégias numa edificação num curto espaço de tempo e de forma barata. Para o estudo em questão optou-se por utilizar o programa de simulação EnergyPlus™ (descrito na seção 3.1 deste capítulo), o qual possui capacidade de modelar e simular uma edificação comercial considerando todos os seus componentes (envoltória, cargas internas, padrões de uso, sistemas de climatização e controles de automação).

Para a análise dos ganhos em diferentes condições climáticas foi adotado o zoneamento da norma ABNT NBR 15220-3:2003 (ABNT, 2003), que divide o território nacional em 8 zonas bioclimáticas que apresentam condições climáticas similares. Assim será adotada uma cidade representativa de cada zona como forma de extrapolar os resultados para todo o território, como descrito na seção 3.2 deste capítulo.

Após a definição de se adotar a simulação computacional como ferramenta, iniciou-se a modelagem computacional de uma edificação típica no EnergyPlus™. Esta modelagem adotou valores definidos pela norma ASHRAE 90.1-2010 (ASHRAE, 2010) para definição da envoltória, cargas internas (ocupação, iluminação e equipamentos de tomada) e definiu o tipo de sistema de climatização. A caracterização dos parâmetros do edifício é apresentada na seção 3.3 deste capítulo.

Com a caracterização do sistema de climatização iniciou-se a modelagem da automação do controle das três temperaturas controláveis. Essa modelagem matemática foi dividida em duas partes:

- a primeira está associada ao equacionamento dos consumos de energia elétrica de cada componente do sistema de climatização (*chiller*, bombas, *fan-coils* e torre de arrefecimento), modelagem definida na seção 3.4 deste capítulo;
- a segunda parte é o equacionamento da otimização da automação (seção 3.5 deste capítulo), apresentando primeiro a otimização do controle da temperatura de água gelada, posteriormente a otimização do controle da temperatura de insuflação e por último a otimização do controle da temperatura de água de condensação.

Após a conclusão do equacionamento da otimização, iniciou-se a implementação dos controles de temperatura no programa de simulação, conforme descrito na seção 3.6 deste capítulo. Inicialmente, a implementação foi feita para a cidade de São Paulo, e foi posteriormente replicada para as outras sete cidades representativas do zoneamento bioclimático brasileiro descrito na seção 3.2.

3.1. Simulação computacional

Os modelos computacionais para cálculo do consumo de energia em edifícios são muito utilizados tanto para edificações a serem construídas quanto para as já existentes. Para o primeiro caso, os modelos computacionais reduzem os custos de construção de modelos físicos e ainda permitem testar inúmeras estratégias em pouco tempo, obtendo as economias de cada estratégia separadamente ou integradas (Li *et al.*, 2015), proporcionando à equipe de projeto informações relevantes para a tomada de decisões de projeto. Já para o segundo caso, os modelos computacionais permitem testar modificações complexas sem afetar a operação do edifício, além de também avaliar substituições de equipamentos.

O estudo em questão fez uso de um modelo computacional para uma edificação padrão e testou estratégias de otimização do controle das temperaturas de insuflação, água gelada e água de condensação, avaliando os ganhos de cada estratégia para identificar a melhor estratégia de controle para um sistema de climatização com central de água gelada.

3.1.1. O software EnergyPlus™

O EnergyPlus™, retirados do site do DOE (2015), foi desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE) para simulação de carga térmica e análise energética de edificações e seus sistemas. As principais características do software são:

- solução integrada e simultânea de condições térmicas;
- realização do balanço de calor por radiação e convecção em superfícies;
- avaliação da transferência de calor e massa entre zonas térmicas;
- passos de tempo das interações definidos pelo usuário;
- cálculos de iluminância;
- dimensionamento de componentes de sistemas de climatização e avaliação de seu consumo de energia;
- possibilidade de implementação de diversas estratégias de controle para sistemas de climatização e iluminação;
- interface para importação e exportação de co-simulação;
- emissão de relatórios detalhados dos dados de entrada e saída da simulação.

A transferência de calor, necessária para a definição de carga térmica e dimensionamento dos consumos do sistema de climatização, é dividida pelo programa em três gerenciadores, conforme apresentado na Figura 3.1. O primeiro gerenciador é o responsável pelo balanço de calor das superfícies, o segundo gerenciador é o responsável pela simulação dos componentes do sistema de climatização da edificação, e por fim o terceiro gerenciador é o responsável por fazer o balanço de calor entre os sistemas de climatização e a carga térmica das zonas térmicas, fechando o balanço térmico global.

Figura 3.1. Esquema do processo utilizado pelo Energy Plus para modelagem dos processos. (adaptado de DOE, 2013b).

Dentro do gerenciador responsável pela simulação do sistema de climatização, o EnergyPlus™ divide esse sistema em três circuitos: o circuito de condensação, composto por todos os equipamentos voltados para circulação da água de condensação a partir do condensador; o circuito de resfriamento, onde se encontram o circuito frigorífico, as serpentinas de resfriamento e os equipamentos de distribuição a partir da unidade resfriadora até a transferência de calor para o ar; e por último o circuito de distribuição do ar que condiciona os ambientes climatizados (conexão com o terceiro gerenciador), que engloba os ventiladores e caixas de distribuição do ar, como apresentado na Figura 3.2.

Figura 3.2. Esquema do gerenciador de sistema do EnergyPlus™ (adaptado de DOE, 2013b).

Para a correta simulação termo-energética é preciso fazer a modelagem dos componentes do sistema de climatização, descrevendo-os para cada um dos três circuitos e modelando a conexão entre eles, definindo quem está demandando ou fornecendo a energia, e a conexão do circuito de ar com as respectivas zonas térmicas.

Também é necessário descrever os componentes do gerenciador de balanço de calor das superfícies definindo as áreas das superfícies, componentes da envoltória (paredes, coberturas e vidros) e condições climáticas na qual a edificação está inserida. As condições climáticas são definidas a partir de arquivos climáticos.

3.1.2. Arquivos climáticos

Os arquivos climáticos devem possuir as informações necessárias para determinação das condições climáticas locais para as 8760 horas de um ano típico, ou seja, informações horárias de pressão atmosférica, temperaturas de bulbo seco e de ponto de orvalho, umidade relativa (demais parâmetros de temperatura e umidade são obtidas a partir do levantamento da carta psicrométrica), velocidade e direção dos ventos, radiação solar (global, direta, difusa e infravermelha), iluminância (global, direta e do zênite), cobertura de nuvens total do céu, visibilidade e precipitação.

Estas informações permitem ao programa de simulação realizar o balanço de energia entre a edificação e o meio externo, bem como determinar as propriedades psicrométricas do ar de renovação e as condições para rejeição de calor do sistema de climatização para o meio externo (circuito de condensação).

Segundo Roriz (2012), o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) disponibiliza informações de várias estações meteorológicas instaladas em várias partes do Brasil, e estas informações são a base para elaboração dos arquivos climáticos brasileiros. No entanto, essas estações têm a intuito de gerar dados para o planejamento agrícola e não para uso em simulação de edificações, e assim muitas vezes não dispõem de informações sobre radiação solar, além de apresentar lacunas nas informações coletadas. Por isso é importante fazer o tratamento desses dados, ajustando possíveis lacunas e utilizando modelos para representação de dados não medidos.

Para a análise dos dados utiliza-se o registro de vários anos disponíveis no INMET, onde as médias extremas (altas ou baixas) de cada mês são excluídas, obtendo-se um mês de dados médios (Roriz, 2012). Dessa forma o arquivo climático não representa um ano real, mas sim um ano climático representativo (em inglês *Test Reference Year* - TRY).

3.2. Zoneamento Bioclimático Brasileiro

O zoneamento bioclimático brasileiro, estabelecido pela norma ABNT NBR 15220-3:2003 (ABNT, 2003), foi elaborado com o intuito de fornecer orientações e diretrizes construtivas para o território brasileiro, a fim de proporcionar conforto nas edificações. Este zoneamento, apresentado na Figura 3.3, divide o território nacional em oito diferentes zonas bioclimáticas que apresentam comportamentos climáticos similares, juntamente com a proporção territorial de cada zona frente ao território nacional.

Figura 3.3. Zoneamento bioclimático brasileiro (Extraído de Giacomelli, 2008).

Como a condição climática da cidade impacta diretamente na carga térmica da edificação e nas temperaturas que podem ser utilizadas pelo circuito de condensação, será feita uma análise com pelo menos uma cidade de cada zona bioclimática brasileira. Dessa forma serão obtidos resultados que podem ser extrapolados para todo o território nacional. A Tabela 3.1 apresenta as cidades representativas analisadas neste estudo e os respectivos arquivos climáticos utilizados, retirados do site do EnergyPlus™ (DOE, 2018).

Tabela 3.1. Cidades representativas de cada zona bioclimática brasileira e arquivos climáticos utilizados.

Zona Bioclimática	Cidade	Arquivo climático (DOE, 2018)
1	Curitiba – PR	BRA_PR_Curitiba.838420_INMET.epw
2	Santa Maria - RS	BRA_RS_Santa.Maria.839360_INMET.epw
3	São Paulo - SP	BRA_SP_Sao.Paulo.837810_INMET.epw
4	Brasília – DF	BRA_DF_Brasilia.867150_INMET.epw
5	Macaé – RJ	BRA_RJ_Macae.868910_INMET.epw
6	Goiânia – GO	BRA_GO_Goiania.834230_INMET.epw
7	Teresina - PI	BRA_PI_Teresina.818320_INMET.epw
8	Rio de Janeiro - RJ	BRA_RJ_Rio.de.Janeiro-Vila.Militar.868790_INMET.epw

A cidade de São Paulo foi escolhida para iniciar o estudo e, posteriormente, a metodologia foi replicada para as demais cidades ajustando-se os parâmetros referentes às condições climáticas locais.

3.3. Parâmetros da edificação

Esta seção tem como objetivo descrever a edificação típica utilizada no estudo, apresentando sua geometria, características de envoltória, iluminação, ocupação, cargas do edifício e padrões de uso e, por último, o sistema de climatização da edificação. Essa edificação e seus parâmetros foram definidos a partir das normas ASHRAE 90.1-2010 (ASHRAE, 2010), utilizada pela versão mais recente do LEED (LEEDv4), e ABNT NBR 16401-1:2008 (ABNT, 2008a).

3.3.1. Geometria da edificação

A grande maioria das edificações brasileiras possui uma planta quadrada ou retangular, e para o presente estudo optou-se por adotar uma planta quadrada a fim de minimizar os efeitos de orientação do edifício uma vez que esse não é o foco do estudo. Na parte central do pavimento fica o *core* e o hall de elevadores (áreas não climatizadas), enquanto que a área de escritórios (climatizada em 24°C) fica no entorno dessa parte central, conforme Figura 3.4.

Para efeito de simulação, o pavimento tipo é dividido em zonas térmicas, sendo que por definição da norma ASHRAE 90.1-2010 (ASHRAE, 2010) a área próxima à fachada (até 5 metros) deve ser separada da parte mais interna (região com mais de 5 metros da fachada), além de ser dividido também pelas diferentes orientações (orientações com diferença de mais de 45° de azimuth), buscando separar o impacto da radiação solar. Essa divisão de zonas térmicas resultou nas zonas representadas na Figura 3.4.

A edificação adotada neste estudo é composta por 10 andares, o qual foi modelado com um pavimento típico e utilizou-se o multiplicador 10. O pavimento típico possui 35x35 metros na fachada e a parte central possui 15,7x15,7 metros (ocupando assim 20% da área total do pavimento). O pavimento típico possui 2,8 metros de pé-direito e um *plenum* de 1,15 metros de altura, de forma que o pavimento possui uma altura piso-piso de 3,95 metros. A geometria da edificação é mostrada na Figura 3.5.

Figura 3.4. Planta do pavimento tipo utilizado neste estudo.

Figura 3.5. Modelo 3D apresentando a geometria da edificação do estudo.

3.3.2. Envoltória da edificação

As características da envoltória da edificação são definidas pela norma ASHRAE 90.1-2010 (ASHRAE, 2010) por meio dos valores de transmitância das superfícies expostas ao ambiente externo, como paredes, coberturas e vidros, em função da condição climática externa. Também é definido pela referida norma os valores de fator solar dos vidros e que a área de vão luz seja de no máximo 40% da área da fachada. Os valores dos parâmetros definidos pela norma para as oito cidades brasileiras são apresentados na Tabela 3.2. Os parâmetros não definidos pela norma, como materiais construtivos internos, densidade das paredes e cores, entre outros, podem ser verificados no arquivo de simulação no Anexo A.

Tabela 3.2. Valores de transmitância térmica e fator solar para as oito cidades consideradas.

Parâmetro		Cidades		
		Rio de Janeiro Macaé Goiânia Teresina	São Paulo Brasília	Curitiba Santa Maria
Transmitância [W/m ² K]	Paredes	0,750	0,750	0,479
	Cobertura	0,360	0,273	0,273
	Vidro	6,810	3,970	3,410
Fator solar	Vidro	0,25	0,25	0,25

3.3.3. Iluminação

Com base na norma ASHRAE 90.1-2010 (ASHRAE, 2010) adotou-se os valores de densidade de potência listados na Tabela 3.3 em função do uso dos diversos ambientes.

Tabela 3.3. Densidade de potência de iluminação para diferentes tipos de ambientes.

Ambiente	Densidade de potência [W/m ²]
Escritório	10,50
Banheiro	10,50
Escada	7,42
Hall elevador	7,10
Área técnica	10,20

No *core*, baseado em projetos e edificação comerciais para locação, foi assumida uma distribuição de ambientes que é composta por 30% de banheiros, 20% de áreas técnicas de equipamentos, 30% de área de escada e 20% de *shafts* e poços de elevador, resultando em uma potência ponderada de iluminação para o *core* central de $7,42 \text{ W/m}^2$.

3.3.4. Ocupação

Adotou-se a partir da norma ABNT NBR 16401-1:2008 (ABNT, 2008a) uma densidade de ocupação média/alta, que considera um posto de trabalho a cada 9,3 metros quadrados. A densidade de potência de equipamentos está diretamente atrelada ao nível de ocupação, visto que a quantidade de postos de trabalho define o número de computadores num ambiente de escritório. Assim, para o nível de ocupação considerado a norma estabelece uma potência média de equipamentos de $16,2 \text{ W/m}^2$.

Para a taxa de liberação de calor por pessoa, utilizou-se o valor estabelecido pela norma ABNT NBR 16401-1:2008 (ABNT, 2008a). A norma define dois níveis de atividade para escritório, o trabalho leve ou a atividade moderada. Para este estudo adotou-se o valor de atividade moderada por representar um pior caso para o dimensionamento de sistemas de climatização. A atividade moderada define uma taxa de 130 W/pessoa , dos quais 75 W/pessoas correspondem a calor sensível e 55 W/pessoa a calor latente.

3.3.5. Renovação de ar

Para definição da taxa de renovação de ar foram verificadas a norma internacional ASHRAE 62.1 (ASHRAE, 2007), a norma brasileira ABNT NBR 16401-3:2008 (ABNT, 2008b) e a resolução n.176 da ANVISA (ANVISA, 2000). O presente estudo considera uma densidade de ocupação média/alta, para a qual a resolução n.176 da ANVISA (ANVISA, 2000), com uma renovação de $27\text{m}^3/\text{pessoa/hora}$, mostrou-se mais exigente, sendo assim adotada para atender às demais normas citadas.

3.3.6. Padrões de uso

Os padrões utilizados são os definidos para edifícios comerciais pelo manual da norma ASHRAE 90.1 (ASHRAE, 2007), apresentados nas Figuras 3.6 a 3.8, para os dias úteis e para o dia sábado. Considerou-se que aos domingos a edificação não opera, seguindo assim os mesmos padrões de uso do período da madrugada nos demais dias.

Figura 3.6. Padrão de ocupação para dias úteis e sábado.

Figura 3.7. Padrão de uso da iluminação e equipamentos.

Figura 3.8. Disponibilidade do sistema de climatização.

3.3.7. Sistema de climatização

Para edificações comerciais com mais de 5(cinco) pavimentos, como é o caso da maioria dos edifícios comerciais e também da edificação em estudo, a norma ASHRAE 90.1-2010 (ASHRAE, 2010) estabelece como sistema típico de climatização uma central de água gelada, com uma eficiência mínima dos equipamentos de resfriamento definida a partir da carga térmica da edificação, que no presente estudo é inferior a 300 TR para climatizar os ambientes em 24°C, sendo a umidade interna indiretamente controlada pela temperatura de insuflação, que ao resfriar o ar o desumidifica.

Segundo a norma esta central de água gelada deve ser composta por *chiller(s)* elétrico com compressor(es) parafuso e condensação a água, torre(s) de resfriamento com ventilador axial de duas velocidades, circuito de água primário com vazão constante e circuito secundário com vazão variável, bombas de água gelada e condensação intertravadas para cada *chiller*, e distribuição de ar por meio de caixas VAV nos diversos ambientes. As temperaturas de água gelada, do ar insuflado e a temperatura da água de condensação devem ser controladas em função das condições externas. A Figura 3.9 apresenta um esquema do sistema de climatização, destacando as potências a serem fornecidas para cada componente, assim como a posição dos controles das temperaturas.

Figura 3.9. Esquema do sistema de AVAC.

As eficiências de cada equipamento (*chiller*, bombas, torres de arrefecimento e *fan-coils*) definidas pela norma ASHRAE 90.1-2010 (ASHRAE, 2010) e utilizadas na edificação modelo deste estudo são apresentados na Tabela 3.4.

Tabela 3.4. Características do sistema de climatização segundo a ASHRAE 90.1-2010 (ASHRAE, 2010) para cargas térmicas inferiores a 300 TR.

Equipamento	Características
<i>Chiller</i>	COP = 5,172 W/W; IPLV=6,063W/W (ARI 550/590)
Bombas de água gelada	Vazão de 349 kW / 1000 L/s; circuito primário com vazão constante e secundário com vazão variável; Termostato regulado para $T_{\text{água gelada, saída}} = 6,7^{\circ}\text{C}$ com $\Delta T_{\text{evap}} = 6,3^{\circ}\text{C}$.
Bombas de condensação	Vazão de 349 kW / 1000 L/s; sistema dimensionado para $T_{\text{cond}} = 29,4^{\circ}\text{C}$, com $\Delta T_{\text{cond}} = 5,6^{\circ}\text{C}$.
Torre de arrefecimento	Vazão de ar $\geq 3,23 \text{ (L/s).kW}$; ventilador axial, de duas velocidades.
<i>Fan-coil</i>	Serpentina de resfriamento de água gelada, serpentina elétrica de aquecimento e ventilador com variador de frequência. Controle da temperatura de insuflação dimensionado para trabalhar com ΔT de 11°C entre a $T_{\text{insuflação}}$ e T_{zona} .

3.4. Avaliação dos Consumos de energia de um sistema de climatização no EnergyPlus™

Conforme descrito na seção 3.2.7 o consumo de energia de um sistema de climatização é composto pelo consumo do(s) *chiller*(s), bombas (primárias, secundárias e de condensação), ventiladores dos *fan-coils* (pavimento tipo e da cobertura) e da(s) torre(s) de arrefecimento. As seções subsequentes apresentam o equacionamento para avaliação do consumo de cada componente, segundo a documentação do EnergyPlus™ (DOE, 2013b).

3.4.1. Consumo do *Chiller*

O consumo de um *chiller* depende da capacidade de resfriamento exigida do equipamento e da sua eficiência, definida pelo Coeficiente de Performance (COP) do *chiller*.

A capacidade de resfriamento disponível num dado instante é avaliada a partir da capacidade de resfriamento em condições nominais (capacidade de catálogo do equipamento), e das condições no momento da operação, sendo definida pela Eq. (3.1).

$$\dot{Q}_{Disponível} = \dot{Q}_{Referência} * CapFTemp \quad (3.1)$$

onde $\dot{Q}_{Disponível}$ representa a capacidade disponível do chiller para dadas condições de operação momentâneas, $\dot{Q}_{Referência}$ representa a capacidade nominal definida em catálogo para as condições padrões da norma AHRI 550/590:2003, e $CapFTemp$ é o fator da capacidade de resfriamento, determinado pela Eq. (3.2), sendo igual a 1,0 para as condições nominais de operação (AHRI, 2003).

$$\begin{aligned} CapFTemp &= a_1 + b_1 T_{s,evap} + c_1 T_{s,evap}^2 + d_1 T_{e,cond} + e_1 T_{e,cond}^2 \\ &+ f_1 T_{s,evap} T_{e,cond} \end{aligned} \quad (3.2)$$

onde $T_{s,evap}$ é a temperatura da água gelada na saída do evaporador, $T_{e,cond}$ é a temperatura da água de condensação na entrada do condensador, e $a_1, b_1, c_1, d_1, e_1, f_1$ são os coeficientes da equação, específicos de cada equipamento.

Já a capacidade térmica exigida do equipamento de resfriamento ($\dot{Q}_{evap}$) é dada pela Eq. (3.3):

$$\dot{Q}_{evap} = \dot{m}_{evap} c_{p,evap} (T_{e,evap} - T_{s,evap}) \quad (3.3)$$

onde $\dot{m}_{evap}$ é vazão mássica de água que passa pelo evaporador, $c_{p,evap}$ é calor específico da água na entrada do evaporador, $T_{e,evap}$ é a temperatura na entrada do evaporador, e $T_{s,evap}$ é a temperatura da água gelada na saída do evaporador.

A relação entre a capacidade exigida e a capacidade disponível no *chiller* num dado instante é definida como a Razão de Carga Parcial $PLR_{Chiller}$ (do inglês *partial load ratio*), Eq. (3.4). A PLR de um *chiller* é limitada a um valor mínimo (tipicamente de 20%) definido pelo fabricante para evitar um resfriamento excessivo da serpentina do evaporador.

$$PLR_{Chiller} = \frac{\dot{Q}_{evap}}{\dot{Q}_{Disponível}} \quad (3.4)$$

Por fim a potência consumida pelo *chiller* é dada por:

$$\dot{W}_{Chiller} = \frac{\dot{Q}_{Disponível}}{COP_{Referência}} EIRFTemp EIRFPLR \quad (3.5)$$

onde $\dot{Q}_{Disponível}$ é dado pela Eq. (3.1), $EIRFTemp$ é um fator do consumo em função das temperaturas de operação do equipamento e $EIRFPLR$ é um fator do consumo em função da razão da carga parcial (PLR), dados respectivamente pelas Eqs. (3.6) e (3.7).

$$\begin{aligned} EIRFTemp & \quad (3.6) \\ &= a_2 + b_2 T_{s,evap} + c_2 T_{s,evap}^2 + d_2 T_{e,cond} + e_2 T_{e,cond}^2 \\ &+ f_2 T_{s,evap} T_{e,cond} \end{aligned}$$

e

$$EIRFPLR = a_3 + b_3 PLR_{Chiller} + c_3 PLR_{Chiller}^2 \quad (3.7)$$

onde $T_{s,evap}$ e $T_{e,cond}$ são as mesmas temperaturas da Eq. (3.2), PLR_{Chill} é dado pela Eq. (3.4), e $a_2, b_2, c_2, d_2, e_2, f_2, a_3, b_3, c_3$ são os coeficientes das equações, específicos para cada equipamento.

Por fim, substituindo a Equação (3.6) na equação (3.5) obtém-se:

$$\dot{W}_{Chiller} = \frac{\dot{Q}_{Referência}}{COP_{Referência}} CapFTemp EIRFTemp EIRFPLR \quad (3.8)$$

3.4.2. Consumo da torre de arrefecimento

O consumo da torre de arrefecimento depende da temperatura de bulbo úmido do ambiente exterior e da temperatura da água de resfriamento na saída do condensador do *chiller*, a qual por sua vez vai depender da taxa de calor que a torre precisa rejeitar ao meio externo ($\dot{Q}_{cond}$). Essa taxa de calor rejeitado corresponde ao calor que foi retirado pelo *chiller* da água gelada mais o calor gerado pelas ineficiências pelo próprio equipamento, como pode ser aproximada pela Eq. (3.9).

$$\dot{Q}_{cond} = \dot{Q}_{evap} + \dot{W}_{chiller} \quad (3.9)$$

A temperatura na saída do condensador pode ser obtida a partir da Eq. (3.10):

$$T_{s,cond} = T_{e,cond} + \frac{\dot{Q}_{cond}}{\dot{m}_{cond} c_{p,cond}} \quad (3.10)$$

onde $T_{e,cond}$ é a temperatura na entrada do condensador, $\dot{m}_{cond}$ é a vazão mássica de água que passa pela serpentina do condensador, e $c_{p,cond}$ é o calor específico na entrada do condensador.

A potência nominal do ventilador da torre de arrefecimento é dada pela Eq. (3.11):

$$\begin{aligned} \dot{W}_{torre,nominal} &= c_{p,cond} \rho_{cond} Q_{cond} \Delta T_{cond} \\ &= c_{p,cond} \rho_{cond} Q_{cond} (T_{s,cond} - T_{e,cond}) \end{aligned} \quad (3.11)$$

onde $\dot{W}_{torre,nominal}$ é a potência nominal do ventilador da torre de arrefecimento, $c_{p,cond}$ é o calor específico na entrada do condensador, ρ_{cond} é a massa específica na entrada do condensador, Q_{cond} é a vazão volumétrica na serpentina do condensador, e $\Delta T_{cond} = (T_{s,cond} - T_{e,cond})$ representa a variação de temperatura da água de resfriamento obtida na torre.

Como a torre definida por norma deve possuir duas velocidades, ela irá operar parte do tempo com sua velocidade máxima (100% da sua capacidade), parte do tempo com uma velocidade menor (50% da sua capacidade), e há ainda uma parcela do tempo que a torre pode

operar em fluxo livre, com os ventiladores desligados e a água de condensação passando livremente pela torre. Nesse último modo de operação, a capacidade de resfriamento normalmente adotada pelos programas de simulação (incluindo o EnergyPlus™), é de 10% da capacidade total da torre.

O consumo da torre quando esta opera entre 50% e 100% de sua capacidade é obtido pela proporção de tempo que a torre opera com o ventilador na vazão máxima (potência alta) ou com o ventilador na metade da vazão (potência baixa), conforme descrito na Eq. (3.12a). O consumo para uma operação entre 10% e 50% da capacidade é obtido pela parcela do tempo em que opera com o ventilador na metade da vazão (potência baixa), conforme Eq. 3.12b. Para o último caso, quando a torre opera abaixo de 10%, como nenhum dos ventiladores opera o consumo será nulo, conforme Eq. 3.12c.

$$\dot{W}_{torre,medio} = \begin{cases} F_{100} * \dot{W}_{torre,alto} + (1 - F_{100}) * \dot{W}_{torre,baixo} & (a) \\ F_{50} * \dot{W}_{torre,baixo} & (b) \\ 0 & (c) \end{cases} \quad (3.12)$$

onde $\dot{W}_{torre,medio}$ representa a potência média consumida pelos ventiladores da torre num dado intervalo de tempo da simulação, $\dot{W}_{torre,alto}$ é a potência consumida quando a torre opera a 100% de carga (potência alta), ou seja, potência nominal do equipamento, e $\dot{W}_{torre,baixo}$ é a potência consumida quando a torre opera a 50% de carga (potência baixa), ou seja, metade da potência nominal do equipamento. Os fatores F_{100} e F_{50} indicam respectivamente a fração do tempo em que a torre opera a 100% de carga (quando a mesma se encontra na situação de operação entre 50% e 100% de carga), e a fração do tempo em que a torre opera a 50% de carga (quando ela opera entre 10% e 50% de carga).

3.4.3. Consumo das bombas

O consumo total das bombas é dado pelo consumo das bombas dos circuitos primário e secundário e das bombas da água de condensação. Como as bombas do circuito primário e as de condensação operam numa condição de vazão constante, possuindo um consumo fixo independente da condição de operação do sistema de climatização, somente as bombas do circuito secundário terão seu consumo dependente das variações na condição de operação do sistema de climatização e serão, portanto, elas o objeto de atenção na modelagem do sistema.

A potência consumida por uma bomba é dependente a vazão volumétrica de água, da variação de pressão por ela proporcionada e da sua eficiência operacional, conforme descrito pela equação 3.13.

$$\dot{W}_{nominal,bomba} = \frac{\Delta p_{Bomba} * Q_{AG}}{\eta_{bomba}} \quad (3.13)$$

onde $\dot{W}_{nominal,bomba}$ é a potência da bomba nas condições nominais de operação, Δp_{Bomba} é a variação de pressão que a bomba deve proporcionar ao sistema, Q_{AG} é a vazão volumétrica de água gelada deslocada pela bomba e η_{bomba} é a eficiência da bomba, dada pelo produto das eficiências de bombeamento $\eta_{bombeamento}$ e do motor $\eta_{motor-Bomba}$:

$$\eta_{bomba} = \eta_{motor-Bomba} \eta_{bombeamento} \quad (3.14)$$

Como já destacado anteriormente, a potência nominal será sempre constante para as bombas dos circuitos primário e de condensação, enquanto que a bomba do circuito secundário terá sua potência variando em função da parcela da vazão volumétrica de acordo com a Eq. (3.15):

$$\dot{W}_{operacional,bomba} = \dot{W}_{nominal,bomba} \cdot F(PLR_{Bomba}) \quad (3.15)$$

onde $\dot{W}_{operacional,bomba}$ é a potência de operação num dado instante, e $F(PLR_{Bomba})$ é a fração da vazão máxima da bomba, calculada pela Eq. (3.16):

$$F(PLR_{Bomba}) = B_1 + B_2 PLR_{Bomba} + B_3 PLR_{Bomba}^2 + B_4 PLR_{Bomba}^3 \quad (3.16)$$

onde B_1, B_2, B_3, B_4 são os coeficientes da equação, específicos para cada equipamento.

3.4.4. Consumo do ventilador do *fan-coil*

O consumo do ventilador é separado entre o consumo dos *fan-coils* de cada pavimento, que no presente estudo são os *fan-coils* do pavimento tipo e os *fan-coils* da cobertura.

A potência de um ventilador depende da vazão volumétrica de ar, da perda de pressão vencida e da eficiência do ventilador, conforme descrito pela equação 3.17.

$$\dot{W}_{nominal,ventilador} = \frac{\Delta p_{ventilador} * \dot{m}_{insuflação}}{\eta_{ventilador} * \rho_{ar}} \quad (3.17)$$

onde $\dot{W}_{nominal,ventilador}$ é a potência máxima do ventilador, $\Delta p_{ventilador}$ é a variação de pressão que o ventilador tem que fornecer ao sistema, $\dot{m}_{insuflação}$ é a vazão mássica que o ventilador deve insuflar na zona térmica e $\eta_{ventilador}$ é a eficiência de operação do ventilador, definida pelo produto das eficiências dinâmica $\eta_{dinâmica}$ e do motor do ventilador $\eta_{motor-ventilador}$:

$$\eta_{ventilador} = \eta_{motor-ventilador} \eta_{dinâmica} \quad (3.18)$$

A potência de operação do ventilador *dos fan-coils* é obtida em função da fração de vazão que o ventilador está insuflando num dado momento, já que a carga térmica varia com o tempo e os *fan-coils* adaptam-se à carga térmica variando a vazão de ar insuflada, e, portanto, obtém-se:

$$\dot{W}_{operacional,ventilador} = \dot{W}_{nominal,ventilador} \cdot FLP_{ventilador} \quad (3.19)$$

onde $\dot{W}_{operacional,ventilador}$ é a potência de operação do ventilador num dado instante e $FLP_{ventilador}$ é a fração de carga parcial do ventilador, calculada pela Eq. (3.20):

$$\begin{aligned} FLP_{ventilador} &= F_1 + F_2 f_{parcial-vent} + F_3 f_{parcial-vent}^2 \\ &+ F_4 f_{parcial-vent}^3 + F_5 f_{parcial-vent}^4 \end{aligned} \quad (3.20)$$

onde $f_{parcial-vent}$ representa a fração da vazão máxima do ventilador e F_1, F_2, F_3, F_4, F_5 são os coeficientes da equação, específicos para cada equipamento.

É importante destacar que a fração de fluxo mássico possui uma limitação física de operação, sendo que o valor mínimo de $f_{parcial-vent}$ para a maioria dos ventiladores fica na faixa de 20% a 30% da sua vazão nominal. Para o estudo em questão será considerado o valor mínimo de 20%.

3.5 Modelagem da automação

O objetivo do presente estudo é encontrar o conjunto das temperaturas de operação do sistema de climatização que levam ao menor consumo de energia em cada timestep: a

temperatura de insuflação do ar nos ambientes, a temperatura da água gelada e a temperatura da água de condensação.

Os valores de *setpoint* para essas três temperaturas são definidos pelo apêndice G da norma AHSRAE 90.1 (ASHRAE, 2010), para o modelo de referência, para as condições de dimensionamento do sistema, que corresponde à pior condição de operação. Contudo, esta situação de máxima carga acontece em cerca de 1% do tempo de operação do sistema e, portanto, para o restante do tempo o sistema estará operando em condições de carga parcial para as quais se pode obter *setpoints* mais apropriados.

Além das condições de máxima carga da edificação acontecerem com uma frequência baixa, o sistema de climatização é superdimensionado em 15% conforme ASHRAE 90.1-2010 (ASHRAE, 2010), o que na verdade faz com que o sistema de climatização sempre opere em condições de carga parcial.

Dentre os três *setpoints* de temperatura de operação do sistema, primeiramente será detalhado o efeito da alteração do *setpoint* de temperatura de saída da água gelada nos demais parâmetros operacionais do sistema. Posteriormente será detalhado o efeito da alteração do *setpoint* de temperatura de insuflação e por último o efeito da alteração do *setpoint* da temperatura de condensação do *chiller*.

3.5.1. Efeito da alteração do *setpoint* da água gelada

O aumento da temperatura de água gelada saindo do evaporador do *chiller* implica em uma redução na potência de compressão do *chiller*, no entanto também implica em uma maior vazão de água gelada, o que aumenta o consumo de bombeamento.

O impacto da alteração da temperatura de saída da água gelada no consumo do *chiller* se reflete na modificação dos valores obtidos pelas funções *CapFTemp* (Eq. 3.2) e *EIRFTemp* (Eq. 3.6). A alteração do *CapFTemp* altera a variável $PLR_{Chiller}$ (Eq. 3.4), alterando o valor da função *EIRFPLR* (Eq.3.7). Por fim a alteração dessas três funções altera a potência do *chiller* (Eq.3.8).

Já o impacto no consumo da bomba se reflete na alteração da vazão na bomba, que pode ser obtida pela Eq. (3.21):

$$Q_{AG} = \frac{\dot{Q}_{serp}}{\rho_{serp} * C_{p,serp} * (T_{e,evap} - T_{s,evap})} \quad (3.21)$$

onde $\dot{Q}_{serp}$ é a carga térmica demandada pela serpentina de resfriamento do *fan-coil*, ρ_{serp} é a massa específica da água gelada na serpentina de resfriamento do *fan-coil* e $c_{p,serp}$ é o calor específico da água gelada na serpentina de resfriamento do *fan-coil*.

Um aumento da temperatura de saída do evaporador irá aumentar a vazão da bomba secundária, aumentando assim a fração parcial da bomba calculada pela Eq. (3.16). Com a alteração desse valor a potência de bombeamento calculada pela Eq. (3.15) também irá aumentar.

Portanto o ponto ótimo da temperatura da água na saída do evaporador será função das curvas de operação do chiller $CapFTemp$, $EIRFTemp$ e $EIRFPLR$, da curva de operação da bomba $F(PLR_{bomba})$ e dos parâmetros de operação instantâneos como a carga térmica e temperatura da água de condensação.

3.5.2. Efeito da alteração do *setpoint* de insuflação

O aumento da temperatura de insuflação implica em uma maior vazão de ar insuflado a fim de continuar retirando a mesma quantidade de carga térmica. Isso aumenta a potência consumida pelo ventilador do *fan-coil*. Porém, com o aumento da temperatura de insuflação surge a possibilidade de aumentar a temperatura da água gelada que chega ao *fan-coil*, reduzindo assim o consumo de potência no *chiller*.

A alteração na temperatura de insuflação no consumo do *fan-coil* se reflete na alteração da entalpia do ar na saída da serpentina de resfriamento do *fan-coil*, que por sua vez alterará a vazão mássica de ar ($\dot{m}_{ar}$) necessária para retirar a carga térmica instantânea, conforme a Eq. 3.22.

$$\dot{m}_{ar} = \frac{\dot{Q}_{serp}}{h_{e,ar} - h_{s,ar}} \quad (3.22)$$

onde $h_{e,ar}$ e $h_{s,ar}$ são as entalpias do ar na entrada e saída da serpentina de resfriamento do *fan-coil* respectivamente. A entalpia do ar na entrada é dada pela Eq. (3.23):

$$h_{e,ar} = h_{mistura,ar} + \frac{W_{operacional,ventilador}}{\dot{m}_{ar}} \quad (3.23)$$

onde $h_{mistura,ar}$ é a entalpia do ar de saída da caixa de mistura, $\dot{W}_{operacional,ventilador}$ é a potência do ventilador calculada pela Eq. (3.19) e $\dot{m}_{ar}$ é a vazão mássica calculada pela Eq. (3.22).

A potência do ventilador do *fan-coil* é afetada pela alteração da vazão mássica (Eq. 3.22), pois isso alterará o valor da fração de carga parcial da Eq. (3.20). No entanto a alteração da potência do ventilador afetará a entalpia na entrada da serpentina (Eq. 3.23), que por sua vez também afetará a Eq. (3.22). Dessa forma a resolução do equacionamento será feita de forma iterativa.

O impacto no circuito de água está ligado à possibilidade de aumentar a temperatura da água gelada na entrada da serpentina, que pode ser obtida a partir de um equacionamento do trocador de calor utilizando a diferença média logarítmica de temperatura (*DMLT*):

$$\dot{Q}_{serp} = UA_{serp}DMLT \quad (3.24)$$

onde $\dot{Q}_{serp}$ é taxa de transferência de calor na serpentina e UA_{serp} é o coeficiente de transferência de calor da serpentina do *fan-coil*. A *DMLT* é dada por:

$$DMLT = \frac{(T_{ar,e} - T_{\acute{a}gua,e}) - (T_{ar,s} - T_{\acute{a}gua,s})}{\log\left(\frac{T_{ar,e} - T_{\acute{a}gua,e}}{T_{ar,s} - T_{\acute{a}gua,s}}\right)} \quad (3.25)$$

onde $T_{ar,e}$ e $T_{ar,s}$ são as temperaturas do ar na entrada e na saída do trocador e $T_{\acute{a}gua,e}$ e $T_{\acute{a}gua,s}$ são as temperaturas da água na entrada e na saída do trocador.

É importante destacar que normalmente os trocadores de calor são do tipo em contrafluxo (padrão dos programas de simulação), portanto a entrada do fluxo de ar está junto à saída do fluxo de água, e a entrada do fluxo de água junto à saída do fluxo de ar.

Com as Equações (3.21) (vazão de água gelada), (3.22) (fluxo mássico de ar) e (3.24) (taxa de transferência de calor no trocador) se pode obter iterativamente as temperaturas de água gelada na entrada e saída do evaporador e a vazão mássica de água gelada. A partir desses novos parâmetros se pode recalcular os consumos de potência da bomba do circuito secundário e do *chiller* até se obter o ponto ótimo em função de uma dada temperatura de insuflação definida como *setpoint*.

3.5.3 Efeito da alteração do *setpoint* da água de condensação

A redução da temperatura de condensação implica em uma redução na potência de compressão do *chiller*, porém também implica em uma maior potência para o ventilador da torre de resfriamento.

O impacto dessa alteração no consumo do *chiller* se reflete na alteração do valor da curva *EIRFTemp* (Eq. 3.6), assim como no valor da curva *CapFTemp* (Eq. 3.2), a qual afeta indiretamente o valor da curva *EIRFPLR* (Eq. 3.7).

Já o impacto no consumo da torre de arrefecimento se reflete na alteração dos fatores F_{100} e F_{50} das Eqs. (3.26) e (3.27):

$$F_{100} = \frac{T_{e,cond} + T_{s,cond-baixa}}{T_{s,cond-alta} + T_{s,cond-baixa}} \quad (3.26)$$

e

$$F_{50} = \frac{T_{e,cond} + T_{s,cond-off}}{T_{s,cond-baixa} + T_{s,cond-off}} \quad (3.27)$$

onde $T_{s,cond-alta}$ é a temperatura na saída da torre quando o ventilador da torre opera com velocidade dupla (100% de carga), $T_{s,cond-baixa}$ é a temperatura na saída da torre quando o ventilador opera com apenas uma velocidade (50% de carga) e $T_{s,cond-off}$ é a temperatura na saída da torre quando a torre opera em fluxo livre, ou seja, com o ventilador desligado.

Com as Equações (3.26) e (3.27) pode-se calcular a potência média da torre em função da temperatura de condensação.

A potência do *chiller* é afetada por esta temperatura de condensação nos valores das curvas de desempenho do equipamento. No entanto, ao se alterar o consumo de potência do *chiller*, tem-se que a taxa de calor rejeitado na torre ($\dot{Q}_{cond}$) será afetada (Eq. 3.9), a qual por sua vez afetará a potência do ventilador, e portanto será novamente necessário resolver o problema de forma iterativa.

3.6 Implementação da modelagem no *software* de simulação

A implementação da modelagem para obtenção dos valores ótimos para cada uma das temperaturas controláveis (obtida a partir do equacionamento descrito na seção 3.5) no

programa de simulação, EnergyPlus™, será feito através da ferramenta Energy Management System (EMS). O EMS é uma ferramenta avançada que faz parte do pacote do EnergyPlus™ e permite desenvolver controles customizados ou introduzir rotinas customizadas no *software* (DOE, 2013a).

O EMS permite escrever sub-rotinas chamadas *Erl* (EnergyPlus *Runtimes Language*), com as quais é possível introduzir um algoritmo de controle. Os controles contidos nessas sub-rotinas são considerados pelo *software* como de prioridade superior, ou seja, eles prevalecem em relação a qualquer outro controle que possa existir dentro do EnergyPlus™ (DOE, 2013a). Devido à introdução de um algoritmo próprio de controle, surge a necessidade de se indicar a localização dos sensores que serão utilizados pelo *software* e dos controles nos quais a sub-rotina irá atuar.

As rotinas implementadas podem ser acionadas em várias etapas da simulação, como por exemplo, no início ou no final de um dado *timestep*, ou então antes ou depois do cálculo iterativo do sistema de AVAC. Independente do momento em que são acionadas, por uma característica do EnergyPlus™ elas fazem a leitura dos sensores ou atuam nos controles apenas uma vez por *timestep*. Isso faz com que a programação desenvolvida atue sempre um *timestep* defasado, pois se as rotinas forem acionadas no início do *timestep* ou cálculo iterativo do AVAC as leituras/valores dos sensores serão as do *timestep* anterior, visto que os novos valores ainda não estão disponíveis. Já para o caso de acionamento no final do *timestep* ou cálculo iterativo do AVAC os atuadores irão atuar apenas no próximo *timestep*, visto que o processo iterativo já foi finalizado. Este estudo utiliza um *timestep* de 10 minutos, e assim este será o intervalo de defasagem entre a leitura dos sensores e a atuação dos controles propostos.

A modelagem descrita na secção 3.5 foi implementada no EMS, e após isso se iniciou as simulações de cada controle de temperatura separadamente. Cada simulação levantou algumas modificações necessárias para que os controles funcionassem corretamente, modificações estas descritas nas secções subsequentes.

3.6.1 Controle da temperatura de água gelada

O equacionamento do controle da temperatura de água gelada descrita na secção 3.5.1 foi implementada no EMS. Este equacionamento calcula o valor do consumo do sistema de AVAC para uma faixa de temperaturas de água gelada, onde temperatura atual do *timestep* varia de 0,1°C em 0,1°C até o limite de $\pm 0,5^\circ\text{C}$, calculando-se o consumo para 11

temperaturas ($T_{AG}-0,5^{\circ}\text{C}$, $T_{AG}-0,4^{\circ}\text{C}$, $T_{AG}-0,3^{\circ}\text{C}$, $T_{AG}-0,2^{\circ}\text{C}$, $T_{AG}-0,1^{\circ}\text{C}$, $T_{AG}+0,1^{\circ}\text{C}$, $T_{AG}+0,2^{\circ}\text{C}$, $T_{AG}+0,3^{\circ}\text{C}$, $T_{AG}+0,4^{\circ}\text{C}$ e $T_{AG}+0,5^{\circ}\text{C}$), onde a faixa de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ foi estabelecida para evitar variações bruscas em um único *timestep*. Posteriormente adota-se a temperatura que apresenta o menor consumo calculado para o sistema de AVAC.

Ao se analisar os resultados preliminares, percebeu-se que em alguns momentos havia picos de consumo no *chiller*, os quais aconteciam quando havia uma queda acentuada na temperatura da água gelada. Esses picos de consumos se deviam às alterações na carga térmica do *chiller* em função da inércia térmica do circuito de água gelada.

Quando há o aumento da temperatura de água gelada há também uma redução na carga térmica do *chiller*, em parte porque o *chiller* tem que atender uma amplitude de temperatura menor e em parte porque parte da água presente nas tubulações do circuito demora um tempo para se aquecer e durante esse tempo essa massa de água combate uma parcela da carga térmica da edificação. Portanto para o sistema é normalmente vantajoso o aumento da temperatura ótima de água gelada, já que além de fazer o *chiller* trabalhar em condições menos rigorosas também reduz a carga térmica que chega ao *chiller*.

No entanto, à medida que a carga térmica da edificação se torna maior, há a necessidade de reduzir a temperatura da água gelada. Nesse momento, além de atender à carga térmica da edificação, o *chiller* precisa também retirar a carga térmica da massa de água gelada da tubulação do circuito (que se encontra numa temperatura superior à nova temperatura ótima), o que aumenta o consumo do *chiller*. Portanto, a redução da carga térmica proporciona inicialmente (quando a carga térmica é mais baixa) um ganho momentâneo irreal, já que essa carga térmica será atendida num momento posterior quando a carga térmica é maior, aumentando o impacto no consumo do *chiller*, pois o *chiller* apresenta eficiências maiores quando opera em carga parcial do que quando opera em cargas próximas da plena.

Para evitar essas reduções indevidas na temperatura de água gelada, introduziu-se uma limitação na variação da temperatura ótima da água gelada determinada em função da carga térmica atual, da carga térmica do dia anterior no mesmo período do dia, e da temperatura mínima da água gelada obtida no dia anterior (que aconteceu no pico de carga térmica do dia anterior). Essa limitação só é imposta até o momento em que se atinge o pico de carga térmica do dia em questão, e após esse período a limitação da temperatura é determinada em função unicamente dos dados do próprio dia.

Como a carga térmica varia a cada *timestep*, para evitar que haja um efeito de oscilação indesejado nessa temperatura, primeiramente calcula-se os limites superiores e inferiores da faixa na qual esta temperatura pode variar a partir das Eqs. (3.28) e (3.29).

O limite superior representa a temperatura mínima que seria atendida no dia em questão se a carga térmica tivesse a mesma variação que houve no dia anterior, no entanto não é possível prever que a variação será a mesma, dessa forma o limite inferior apresenta no seu calculo um fator de segurança para o caso da carga térmica ter uma amplitude maior. Este fator de segurança tem a finalidade de evitar oscilações para baixo na temperatura de água gelada.

$$T_{limite,superior} = 6,7 + (T_{minima} - 6,7) * \frac{CT_{chiller} + CT_{atual}}{CT_{chiller} + CT_{antiga}} \quad (3.28)$$

e

$$T_{limite,inferior} = 6,7 + (T_{minima} - 6,7) * \frac{CT_{chiller} + FS * CT_{atual}}{CT_{chiller} + CT_{antiga}} \quad (3.29)$$

onde $T_{limite,superior}$ e $T_{limite,inferior}$ são as temperaturas limites superiores e inferiores, T_{mini} é a temperatura mínima a água gelada do dia anterior (para a carga máxima do dia anterior), $CT_{chiller}$ é a capacidade do chiller (máxima carga térmica que ele pode atender), CT_{atual} é a carga térmica atendida pelo *fan-coil*, CT_{antiga} é a carga térmica do dia anterior para o mesmo período do dia e FS é um fator de segurança.

Se o *setpoint* do *timestep* anterior se encontra dentro da faixa para o novo *timestep*, ele é mantido, evitando-se assim que ele fique oscilando. Quando o *setpoint* estiver fora da faixa limitante ele é alterado para o valor limite que foi extrapolado, seja o superior ou o inferior.

Para a primeira hora de operação do sistema de AVAC o *setpoint* é sempre igual à temperatura inferior, e dessa forma, à medida que o dia avança este tende sempre a ficar mais próximo do limite inferior da faixa (método mais restritivo). Com o passar do dia o fator de segurança é reduzido, pois a probabilidade de haver uma grande variação na carga térmica é menor, e a temperatura limitante inferior vai aumentando, o que permite ao *setpoint* ir aumentando também. Os valores do fator de segurança foram estimados a partir dos resultados preliminares, de forma a se evitar as reduções de temperatura da água gelada. Assim o fator de segurança é reduzido ao longo do dia da seguinte forma:

- Antes das 8 horas: Fator de segurança igual a 1,5;
- Entre 8 horas e 11 horas: Fator de segurança igual a 1,3;
- A partir das 11h e até às 18h (ou até o pico de carga térmica): Fator de segurança é igual a 1,2.

Após o pico de carga térmica o *setpoint* é dado pela temperatura mínima calculada pelo equacionamento da seção 3.5.1. até o horário do final de expediente (18 horas).

Após o final do expediente, como a temperatura do circuito de água gelada está no valor mínimo em que aconteceu o pico de carga térmica e a carga térmica se reduz consideravelmente, seria possível que cálculo da temperatura ótima indicasse o desligamento do sistema em alguns momentos, pois a inércia da massa de água seria suficiente para atender a carga térmica do *fan-coil*, e posteriormente indicasse o seu religamento dado que a temperatura do circuito de água gelada iria aumentar com o passar do tempo. Para que este desliga-e-liga não ocorra, a temperatura após as 18h é limitada pela relação da carga térmica atual com o pico de carga térmica do dia, também com uma faixa de operação admissível para evitar qualquer redução indevida que possa vir a ocorrer com a variação de carga térmica. Os limites superior e inferior dessa faixa são dados pelas Eqs. (3.30) e (3.31).

$$T_{limite,superior} = 6,7 + (T_{minima} - 6,7) * \frac{CT_{chil} + CT_{atual}}{CT_{chill} + CT_{máxima}} \quad (3.30)$$

e

$$T_{limite,inferior} = 6,7 + (T_{minima} - 6,7) * \frac{CT_{chiller} + 1,1 * CT_{atual}}{CT_{chill} + CT_{máxima}} \quad (3.31)$$

onde $CT_{máxima}$ é a carga térmica máxima do dia decorrido.

Da mesma forma que no resto do dia, se o *setpoint* do momento anterior se encontra dentro dessa faixa, este é mantido, e se estiver fora da faixa ele é alterado para ficar igual ao limite que extrapolou (seja o superior ou o inferior). Como após o final do expediente a carga térmica tende a diminuir e a temperatura de *setpoint* da água gelada a subir, normalmente este tende a seguir a temperatura limite inferior. Deve-se destacar que a temperatura de água gelada não pode ultrapassar 10°C, mesmo que a faixa de variação assim o indique, a fim de evitar que a temperatura do ar na saída do *fan-coil* (12,8°C) seja comprometida.

Com estes limites impostos evita-se a redução excessiva da temperatura de água gelada ao longo do dia, permitindo apenas o seu aumento à medida que o fator de segurança é reduzido, como pode ser observado no gráfico da Figura 3.10, onde o *setpoint* (em vermelho) não sofre reduções ao longo de um dia no mês de janeiro da simulação anual do arquivo climático.

Figura 3.10. Setpoint do controle da água gelada e limites superior e inferior da faixa de variação do setpoint.

3.6.2 Controle da temperatura de insuflação do ar

O equacionamento do controle da temperatura de insuflação descrita na secção 3.5.2 foi implementada no EMS, com o efeito no aumento da temperatura de água gelada atrelado à temperatura de insuflação pela Eq. (3.28)

$$T_{s,evap} = 6,7 + (T_{ar,s} - 12,8) \quad (3.32)$$

O limite máximo para a temperatura de insuflação foi estabelecido em 15°C para evitar que a umidade relativa dentro dos ambientes climatizados ficasse muito alta. Segundo as normas ASHRAE 55-2017 (ASHRAE, 2017) e a resolução n.176 da ANVISA (ANVISA, 2000), o limite máximo dentro da região de conforto a que a umidade relativa pode chegar, considerando uma temperatura de 24°C, é de 65% e um valor de $T_{ar,e}$ igual a 15°C permite que a umidade relativa resultante no ambiente seja de aproximadamente 60%, abaixo desse limite máximo.

A modelagem calcula o valor do consumo do sistema de AVAC para uma faixa de temperaturas de insuflação, onde temperatura atual do *timestep* varia de 0,1°C em 0,1°C até o limite de $\pm 0,5^\circ\text{C}$, calculando-se o consumo para 11 temperaturas ($T_{AI}-0,5^\circ\text{C}$, $T_{AI}-0,4^\circ\text{C}$, $T_{AI}-0,3^\circ\text{C}$, $T_{AI}-0,2^\circ\text{C}$, $T_{AI}-0,1^\circ\text{C}$, $T_{AI}+0,1^\circ\text{C}$, $T_{AI}+0,2^\circ\text{C}$, $T_{AI}+0,3^\circ\text{C}$, $T_{AI}+0,4^\circ\text{C}$ e $T_{AI}+0,5^\circ\text{C}$), onde

a faixa de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ foi estabelecida para evitar variações bruscas em um único *timestep*. Posteriormente adota-se a temperatura que apresenta o menor consumo calculado para o sistema de AVAC.

3.6.3 Controle da temperatura de condensação

O equacionamento do controle da temperatura da água de condensação descrita na secção 3.5.3 foi implementada no EMS. Este equacionamento calcula o valor do consumo do sistema de AVAC para uma faixa de temperaturas da água de condensação, onde temperatura atual do *timestep* varia de $0,1^{\circ}\text{C}$ em $0,1^{\circ}\text{C}$ até o limite de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, calculando-se o consumo para 11 temperaturas ($T_{AC}-0,5^{\circ}\text{C}$, $T_{AC}-0,4^{\circ}\text{C}$, $T_{AC}-0,3^{\circ}\text{C}$, $T_{AC}-0,2^{\circ}\text{C}$, $T_{AC}-0,1^{\circ}\text{C}$, $T_{AC}+0,1^{\circ}\text{C}$, $T_{AC}+0,2^{\circ}\text{C}$, $T_{AC}+0,3^{\circ}\text{C}$, $T_{AC}+0,4^{\circ}\text{C}$ e $T_{AC}+0,5^{\circ}\text{C}$), com a faixa de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ estabelecida para evitar variações bruscas em um único *timestep*. Posteriormente adota-se a temperatura que apresenta o menor consumo calculado para o sistema de AVAC.

No caso da temperatura de condensação, a inércia do circuito tem um impacto muito menor do que para a água gelada (circuitos primário e secundário), pois o circuito de água de condensação é um circuito único. Além disso, enquanto o modelo do circuito de água gelada afeta diretamente o consumo do *chiller* (maior consumidor de energia), o modelo do circuito da água de condensação afeta mais diretamente a torre de arrefecimento, e posteriormente (após se somar com a inércia do circuito de condensação) é que afeta o *chiller*, dessa forma o impacto da alteração da temperatura é mais suave.

3.6.4 Implementação da integração.

A integração de dois ou mais controles foi feita da seguinte forma: primeiramente é realizado o cálculo do modelo de controle da água gelada, posteriormente numa segunda etapa é realizado o cálculo do modelo de controle da temperatura de insuflação para a temperatura ótima de água gelada calculada na etapa anterior e por último é realizado o cálculo do modelo de controle da temperatura da água de condensação para as temperaturas ótimas de água gelada e insuflação calculadas nas duas etapas anteriores.

Finalizada a modelagem e implementação das rotinas no EnergyPlus™, realizou-se o dimensionamento do sistema de climatização para o dia típico de cada cidade representativa do zoneamento bioclimático brasileiro. Os valores de dimensionamento da capacidade do

chiller, das vazões de águas nas bombas de água gelada e condensação, da vazão de ar do *fan-coil* e da potência e vazão de ar na torre de arrefecimento são apresentados na Tabela 3.5.

Tabela 3.5. Valores de dimensionamento do sistema de climatização para as oito cidades representativas do zoneamento bioclimático brasileiro.

Cidade	Carga térmica [TR]	Vazão de água gelada [m3/s]	Vazão de água de condensação [m3/s]	Vazão de ar no fan-coil [m3/s]	Vazão de ar na torre de arrefecimento [m3/s]	Potência da torre de arrefecimento [W]
Curitiba	213,1	0,028	0,038	38,67	27,61	9391,6
Santa Maria	236,4	0,031	0,042	38,19	27,72	10416,2
São Paulo	225,9	0,030	0,041	40,97	28,80	9953,1
Brasília	200,0	0,027	0,036	40,85	26,66	8811,9
Macaé	275,2	0,037	0,049	42,86	32,03	12127,1
Goiânia	240,8	0,032	0,043	44,79	30,62	10610,2
Teresina	287,9	0,038	0,052	44,56	33,68	12688,3
Rio de Janeiro	293,6	0,039	0,053	43,30	34,23	12936,7

Capítulo 4

RESULTADOS

Com o intuito de analisar os possíveis ganhos com a introdução da lógica de automação desenvolvida neste trabalho, foram adotados dois modelos de referência, um de acordo com a normativa brasileira do PROCEL Edifica (ELETROBRAS, 2013), e o segundo seguindo a normativa internacional ASHRAE 90.1-2010 (ASHRAE, 2010), descritos a seguir:

- Modelo PROCEL Edifica: A normativa do PROCEL Edifica (ELETROBRAS, 2013) define as eficiências que os equipamentos (AVAC, Iluminação, etc.) devem possuir. Contudo, esta normativa não estabelece nenhum tipo de automação para o sistema de climatização, o que faz com que este modelo não possua nenhum controle sobre as temperaturas estudadas neste trabalho, que permanecem fixas ao longo do ano todo. Este modelo foi chamado de “Modelo Base” nas comparações.
- Modelo ASHRAE: A normativa ASHRAE 90.1-2010 (ASHRAE, 2010) estabelece uma automação para as temperaturas de água gelada e de condensação em função das condições climáticas externas, conforme descrito na Tabela 4.1. Este modelo foi chamado de “Modelo ASHRAE” nas comparações.

Tabela 4.1. Controles definidos pela ASHRAE 90.1-2010 (ASHRAE, 2010).

	Valor de Projeto	Controle
Temperatura da água gelada	6,7 °C	<p>A temperatura de água gelada deve ser controlada de acordo com a temperatura externa:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 6,7°C quando a TBS externa for superior a 22°C; • 12°C quando a TBS for inferior a 15°C; • seguir uma rampa linear entre os valores de 6,7°C e 12°C quando a TBS externa estiver entre 22°C e 15°C.
Temperatura da água de condensação	29,4 °C	<p>A temperatura de condensação deve ser 29,4°C ou 5,6°C superior a TBU externa, o que for menor. O controle deve manter uma temperatura mínima de 21°C, quando as condições externas o permitirem.</p>

Os resultados obtidos para as oito cidades representativas do zoneamento bioclimático brasileiro são apresentados nas seções subsequentes. Os resultados são apresentados seguindo a seguinte estrutura:

- **Controle da temperatura da água gelada:** como a ASHRAE 90.1 apresenta uma sugestão de controle para a temperatura de saída da água gelada, os resultados obtidos para a lógica de automação proposta serão comparados tanto com o Modelo Base como com o modelo de controle definido pela ASHRAE 90.1 para a temperatura da água gelada, chamado de “Modelo ASHRAE-TAG”.
- **Controle da temperatura de insuflação:** a ASHRAE 90.1 não apresenta uma sugestão de controle para esta variável, e assim os resultados obtidos serão comparados apenas com o Modelo Base.
- **Controle da temperatura da água de condensação:** como a ASHRAE 90.1 apresenta uma sugestão de controle para a temperatura na saída da água de condensação, os resultados obtidos serão comparados tanto com o Modelo Base como com o Modelo definido pela ASHRAE 90.1 para a temperatura da água de condensação, chamado de “Modelo ASHRAE-TAC”.
- **Controle integrado da temperatura de insuflação com a temperatura da água gelada:** neste tópico serão integrados o controle da temperatura de insuflação com o controle da temperatura da água gelada. O modelo será comparado tanto com o Modelo Base como com o modelo de controle de água gelada definido na ASHRAE 90.1 (modelo ASHRAE-TAG).
- **Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura de insuflação:** neste tópico serão integrados o controle da temperatura da água de condensação com o controle da temperatura de insuflação. O modelo será comparado tanto com o Modelo Base como com o modelo de controle da água de condensação definido pela ASHRAE 90.1 (modelo ASHRAE-TAC).
- **Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura da água gelada:** neste tópico serão integrados o controle da temperatura da água de condensação com o controle da temperatura da água gelada. O modelo será comparado tanto com o Modelo Base como com o modelo de controle da água de condensação e da água gelada (automação integral) definido pela ASHRAE 90.1 (modelo ASHRAE).
- **Controle integrado das três temperaturas:** neste tópico serão integrados os três controles descritos anteriormente (controle da água gelada, da temperatura de

insuflação e da água de condensação), e o modelo proposto será comparado tanto com o Modelo Base como com o modelo de automação integral definida pela ASHRAE-90.1 (modelo ASHRAE).

4.1 Resultados para a cidade de Curitiba (PR)

4.1.1 Controle da temperatura de água gelada.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Curitiba (chamado de “Modelo Ótimo-TAG”) são apresentados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAG com os modelos de referência para a cidade de Curitiba.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAG	Ótimo-TAG	Base	ASHRAE-TAG
• Aquecimento	0.7	0.7	0.7	-	-
• Resfriamento - Chiller	244.2	231.4	223.1	-8.65%	-3.61%
• Ventiladores do Fan-coil	43.7	43.7	43.7	0.00%	0.00%
• Bombas	63.2	63.7	63.6	0.57%	-0.22%
• Torre de arrefecimento	1.1	1.1	1.0	-9.06%	-4.44%
Consumo total AVAC	352.2	339.9	331.3	-5.93%	-2.52%

O controle ótimo da temperatura da água gelada na saída do *chiller* proporciona uma redução no consumo do *chiller* e um aumento no consumo das bombas, resultando numa redução no consumo no sistema de AVAC como um todo de 5,93% e 2,52% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE-TAG. Quanto observado apenas o conjunto *chiller*-bombas essa redução sobe para 6,76% e 2,88% respectivamente.

4.1.2 Controle da temperatura de insuflação do ar.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Curitiba (chamado de “Modelo Ótimo-TAI”) são apresentados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI com os modelos de referência para a cidade de Curitiba.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:		Variação em relação ao Modelo Base
	BASE	Ótimo-TAI	
• Aquecimento	0.7	0.7	-
• Resfriamento - Chiller	244.2	226.7	-7.16%
• Ventiladores do Fan-coil	43.7	44.1	0.97%
• Bombas	63.2	58.2	-7.89%
• Torre de arrefecimento	1.1	1.1	0.48%
Consumo total AVAC	352.2	330.1	-6.26%

O controle ótimo da temperatura de insuflação do ar proporciona uma redução no consumo do *chiller* e bombas e aumento do consumo dos ventiladores, resultando numa redução no consumo no sistema de AVAC como um todo de 6,26% quando comparado com o Modelo Base, que é um valor praticamente igual aos ganhos do controle proposto para a temperatura de água gelada.

4.1.3 Controle da temperatura da água de condensação.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Curitiba (chamado de “Modelo Ótimo-TAC”) são apresentados na Tabela 4.4.

Tabela 4.4. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC com os modelos de referência para a cidade de Curitiba.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAC	Ótimo-TAC	Base	ASHRAE-TAC
• Aquecimento	0.7	0.7	0.7	-	-
• Resfriamento - Chiller	244.2	207.8	198.5	-18.71%	-4.47%
• Ventiladores do Fan-coil	43.7	43.7	43.7	-	-
• Bombas	63.2	63.2	63.2	-	-
• Torre de arrefecimento	1.1	4.5	6.0	438.43%	34.83%
Consumo total AVAC	352.2	319.1	311.4	-11.58%	-2.42%

O controle ótimo da temperatura da água de condensação proporciona uma redução no consumo do *chiller* e um aumento no consumo da torre de arrefecimento, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 11,58% e 2,42% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE-TAC. Quanto observado apenas o conjunto *chiller*-torre essa redução sobe para 16,62% e 3,64% respectivamente.

4.1.4 Controle integrado da temperatura de insuflação com a temperatura da água gelada.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Curitiba (chamado de “Modelo Ótimo-TAI+TAG”) são apresentados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI+TAG com os modelos de referência para a cidade de Curitiba.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAG	Ótimo-TAI+TAG	Base	ASHRAE-TAG
• Aquecimento	0.7	0.7	0.7	-	-
• Resfriamento - Chiller	244.2	231.4	211.8	-13.26%	-8.48%
• Ventiladores do Fan-coil	43.7	43.7	44.2	1.06%	1.07%
• Bombas	63.2	63.7	60.0	-5.10%	-5.85%
• Torre de arrefecimento	1.1	1.1	1.0	-8.82%	-4.19%
Consumo total AVAC	352.2	339.9	317.0	-10.01%	-6.74%

O controle ótimo integrado da temperatura de insuflação e da temperatura da água gelada proporcionam uma redução no consumo do *chiller* e das bombas e um aumento no consumo dos ventiladores, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 10,01 % e 6,74% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE-TAG.

Destaca-se que as reduções obtidas não são a soma das reduções obtidas separadamente, pois como já se esperava os modelos de controle acabam se sobrepondo, por exemplo, a limitação da temperatura máxima de água gelada pelo modelo de controle da água gelada limita os ganhos que seriam obtidos com o aumento desta temperatura em função do aumento da temperatura de insuflação.

4.1.5 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura de insuflação.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Curitiba (chamado de “Modelo Ótimo-TAC+TAI”) são apresentados na Tabela 4.6.

Tabela 4.6. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAI com os modelos de referência para a cidade de Curitiba.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAC	Ótimo-TAC+TAI	Base	ASHRAE-TAC
• Aquecimento	0.7	0.7	0.7	-	-
• Resfriamento - Chiller	244.2	207.8	184.8	-24.32%	-11.06%
• Ventiladores do Fan-coil	43.7	43.7	44.1	0.97%	0.97%
• Bombas	63.2	63.2	58.0	-8.22%	-8.22%
• Torre de arrefecimento	1.1	4.5	5.9	424.00%	31.22%
Consumo total AVAC	352.2	319.1	292.8	-16.87%	-8.26%

O controle ótimo integrado da temperatura de insuflação e da temperatura da água de condensação proporciona uma redução no consumo do *chiller* e da bomba e um aumento no consumo dos ventiladores e da torre de arrefecimento, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 16,87% e 8,26% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE-TAC.

4.1.6 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura da água gelada.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Curitiba (chamado de “Modelo Ótimo-TAC+TAG) são apresentados na Tabela 4.7.

Tabela 4.7. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAG com os modelos de referência para a cidade de Curitiba.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE	Ótimo-TAC+TAG	Base	ASHRAE
• Aquecimento	0.7	0.7	0.7	-	-
• Resfriamento - Chiller	244.2	196.5	182.0	-25.47%	-7.40%
• Ventiladores do Fan-coil	43.7	43.7	43.7	0.00%	0.00%
• Bombas	63.2	63.7	63.6	0.57%	-0.22%
• Torre de arrefecimento	1.1	4.3	5.4	385.07%	27.16%
Consumo total AVAC	352.2	308.2	294.7	-16.33%	-4.39%

O controle ótimo integrado da temperatura da água gelada e da temperatura da água de condensação proporciona uma redução no consumo do *chiller* e um aumento no consumo das bombas e da torre de arrefecimento, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 16,33% e 4,39% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE.

4.1.7 Controle integrado das três temperaturas.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Curitiba (chamado de “Modelo Ótimo-Integrado”) são apresentados na Tabela 4.8.

Tabela 4.8. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-Integrado com os modelos de referência para a cidade de Curitiba.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE	Ótimo-Integrado	Base	ASHRAE
• Aquecimento	0.7	0.7	0.7	-	-
• Resfriamento - Chiller	244.2	196.5	173.5	-28.96%	-11.73%
• Ventiladores do Fan-coil	43.7	43.7	44.2	1.08%	1.08%
• Bombas	63.2	63.7	60.0	-5.10%	-5.85%
• Torre de arrefecimento	1.1	4.3	5.3	372.77%	23.94%
Consumo total AVAC	352.2	308.2	282.9	-19.68%	-8.21%

O controle ótimo integrado das três temperaturas proporciona uma redução no consumo do *chiller* e bombas e um aumento no consumo dos ventiladores e da torre de arrefecimento, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 19,68% e 8,21% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE.

4.1.8 Conclusão para a cidade de Curitiba.

Analisando os controles isoladamente, o que apresentou uma maior redução em relação ao modelo base (modelo PROCEL) foi o controle da temperatura de condensação com uma redução de 11,58%, já quando comparamos em relação aos controles isolados da ASHRAE 90.1 o controle que apresentou maiores ganhos foi o controle da temperatura de insuflação do ar com uma redução de 6,28%, destacando dessa forma a importância deste controle que não é observado pela requerida norma.

Ao analisar o modelo integrado, a redução em relação ao modelo da ASHRAE 90.1 alcança o valor de 8,21%, e dessa forma o modelo proposto apresenta ganhos em relação ao modelo adotado como referência de mercado, demonstrando que a análise do comportamento da carga térmica no sistema de AVAC apresenta melhores resultados do que o controle em função unicamente das condições externas.

4.2 Resultados para a cidade de Santa Maria (RS)

4.2.1 Controle da temperatura de água gelada.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Santa Maria (chamado de “Modelo Ótimo-TAG”) são apresentados na Tabela 4.9.

Tabela 4.9. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAG com os modelos de referência para a cidade de Santa Maria.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAG	Ótimo-TAG	Base	ASHRAE-TAG
• Aquecimento	2.4	2.4	2.4	-	-
• Resfriamento - Chiller	301.2	289.7	277.1	-8.01%	-4.35%
• Ventiladores do Fan-coil	52.4	52.4	52.4	0.01%	0.01%
• Bombas	70.3	71.0	72.2	2.78%	1.72%
• Torre de arrefecimento	3.7	3.7	3.5	-7.47%	-5.92%
Consumo total AVAC	427.7	416.8	405.2	-5.25%	-2.78%

O controle ótimo da temperatura da água gelada na saída do *chiller* proporciona uma redução no consumo do *chiller* e um aumento no consumo das bombas, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 5,25% e 2,78% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE-TAG. Quanto observado apenas o conjunto *chiller*-bombas essa redução sobe para 5,97% e 3,16% respectivamente.

4.2.2 Controle da temperatura de insuflação do ar.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Santa Maria (chamado de “Modelo Ótimo-TAI”) são apresentados na Tabela 4.10.

Tabela 4.10. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI com os modelos de referência para a cidade de Santa Maria.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:		Variação em relação ao Modelo Base
	BASE	Ótimo-TAI	
• Aquecimento	2.4	2.4	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	301.2	284.6	-5.52%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	52.4	52.7	0.46%
• Bombas	70.3	65.4	-6.96%
• Torre de arrefecimento	3.7	3.7	0.14%
Consumo total AVAC	427.7	406.4	-4.97%

O controle ótimo da temperatura de insuflação do ar proporciona uma redução no consumo do *chiller* e bombas e um aumento no consumo dos ventiladores, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 4,97%, quando comparado com o Modelo Base.

4.2.3 Controle da temperatura da água de condensação.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Santa Maria (chamado de “Modelo Ótimo-TAC”) são apresentados na Tabela 4.11.

Tabela 4.11. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC com os modelos de referência para a cidade de Santa Maria.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAC	Ótimo-TAC	Base	ASHRAE-TAC
• Aquecimento	2.4	2.4	2.4	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	301.2	269.3	256.9	-14.71%	-4.60%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	52.4	52.4	52.4	-	-
• Bombas	70.3	70.3	70.3	0.00%	0.00%
• Torre de arrefecimento	3.7	7.3	12.9	246.94%	76.96%
Consumo total AVAC	427.7	399.3	392.6	-8.21%	-1.69%

O controle ótimo da temperatura da água de condensação proporciona uma redução no consumo do *chiller* e um aumento no consumo da torre de arrefecimento, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 8,21% e 1,69% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE-TAC. Quanto observado apenas o conjunto *chiller*-torre essa redução sobe para 11,51% e 2,44% respectivamente.

4.2.4 Controle integrado da temperatura de insuflação com a temperatura da água gelada.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Santa Maria (chamado de “Modelo Ótimo-TAI+TAG”) são apresentados na Tabela 4.12.

Tabela 4.12. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI+TAG com os modelos de referência para a cidade de Santa Maria.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAG	Ótimo-TAI+TAG	Base	ASHRAE-TAG
• Aquecimento	2.4	2.4	2.4	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	301.2	289.7	264.9	-12.04%	-8.54%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	52.4	52.4	53.1	1.26%	1.26%
• Bombas	70.3	71.0	68.3	-2.88%	-3.88%
• Torre de arrefecimento	3.7	3.7	3.4	-7.81%	-6.28%
Consumo total AVAC	427.7	416.8	389.7	-8.87%	-6.49%

O controle ótimo integrado da temperatura de insuflação e da temperatura da água gelada proporcionam uma redução no consumo do *chiller* e das bombas e um aumento no consumo dos ventiladores, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 8,87% e 6,49% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE-TAG.

Destaca-se que as reduções obtidas não são a soma das reduções obtidas separadamente, pois como já se esperava os modelos de controle acabam se sobrepondo, por exemplo, a limitação da temperatura máxima de água gelada pelo modelo de controle da água gelada limita os ganhos que seriam obtidos com o aumento desta temperatura em função do aumento da temperatura de insuflação.

4.2.5 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura de insuflação.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Santa Maria (chamado de “Modelo Ótimo-TAC+TAI”) são apresentados na Tabela 4.13.

Tabela 4.13. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAI com os modelos de referência para a cidade de Santa Maria.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAC	Ótimo-TAC+TAI	Base	ASHRAE-TAC
• Aquecimento	2.4	2.4	2.4	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	301.2	269.3	244.2	-18.93%	-9.32%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	52.4	52.4	52.7	0.45%	0.45%
• Bombas	70.3	70.3	65.3	-7.09%	-7.09%
• Torre de arrefecimento	3.7	7.3	13.0	249.02%	78.02%
Consumo total AVAC	427.7	399.3	375.2	-12.27%	-6.05%

O controle ótimo integrado da temperatura de insuflação e da temperatura da água de condensação proporciona uma redução no consumo do *chiller* e da bomba e um aumento no consumo dos ventiladores e da torre de arrefecimento, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 12,27% e 6,05% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE-TAC.

4.2.6 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura da água gelada.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Santa Maria (chamado de “Modelo Ótimo-TAC+TAG”) são apresentados na Tabela 4.14.

Tabela 4.14. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAG com os modelos de referência para a cidade de Santa Maria.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE	Ótimo-TAC+TAG	Base	ASHRAE
• Aquecimento	2.4	2.4	2.4	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	301.2	258.9	237.9	-21.02%	-8.13%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	52.4	52.4	52.4	0.01%	0.01%
• Bombas	70.3	71.0	72.2	2.70%	1.64%
• Torre de arrefecimento	3.7	7.1	11.6	212.24%	63.60%
Consumo total AVAC	427.7	389.5	374.1	-12.51%	-3.94%

O controle ótimo integrado da temperatura de água gelada e da temperatura da água de condensação proporciona uma redução no consumo do *chiller* e um aumento no consumo das bombas e da torre de arrefecimento, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 12,51% e 3,94% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE.

4.2.7 Controle integrado das três temperaturas.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Santa Maria (chamado de “Modelo Ótimo-Integrado”) são apresentados na Tabela 4.15.

Tabela 4.15. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-Integrado com os modelos de referência para a cidade de Santa Maria.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE	Ótimo-Integrado	Base	ASHRAE
• Aquecimento	2.4	2.4	2.4	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	301.2	258.9	228.5	-24.15%	-11.76%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	52.4	52.4	53.1	1.18%	1.18%
• Bombas	70.3	71.0	68.2	-2.91%	-3.91%
• Torre de arrefecimento	3.7	7.1	11.7	213.68%	64.36%
Consumo total AVAC	427.7	389.5	361.5	-15.48%	-7.19%

O controle ótimo integrado das três temperaturas proporciona uma redução no consumo do *chiller* e bombas e um aumento no consumo dos ventiladores e da torre de arrefecimento, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 15,48% e 7,19% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE.

4.2.8 Conclusão para a cidade de Santa Maria.

Analisando os controles isoladamente, o que apresentou uma maior redução em relação ao modelo base (modelo PROCEL) foi o controle da temperatura de condensação com uma redução de 11,51%. Já quando comparamos em relação aos controles isolados da ASHRAE 90.1, o controle que apresentou maiores ganhos foi o controle da temperatura de insuflação do ar com uma redução de 4,97%, destacando dessa forma a importância deste controle que não é observado pela requerida norma.

Ao analisar o modelo integrado, a redução em relação ao modelo da ASHRAE 90.1 alcançou o valor de 7,19%, e dessa forma o modelo proposto apresenta ganhos em relação ao modelo adotado como referência de mercado, demonstrando que a análise do comportamento da carga térmica no sistema de AVAC apresenta melhores resultados do que o controle em função unicamente das condições externas.

4.3 Resultados para a cidade de São Paulo (SP)

4.3.1 Controle da temperatura de água gelada.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de São Paulo (chamado de “Modelo Ótimo-TAG”) são apresentados na Tabela 4.16.

Tabela 4.16. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAG com os modelos de referência para a cidade de São Paulo.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAG	Ótimo-TAG	Base	ASHRAE-TAG
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	292.5	279.2	268.2	-8.34%	-3.95%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	54.0	54.0	54.0	-0.01%	0.00%
• Bombas	71.5	72.2	73.5	2.74%	1.68%
• Torre de arrefecimento	1.8	1.7	1.6	-8.46%	-4.75%
Consumo total AVAC	419.8	407.1	397.3	-5.38%	-2.43%

O controle ótimo da temperatura da água gelada na saída do *chiller* proporciona uma redução no consumo do *chiller* e um aumento no consumo das bombas, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 5,94% e 2,67% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE-TAG. Quanto observado apenas o conjunto *chiller*-bombas essa redução sobe para 6,16% e 2,79% respectivamente.

4.3.2 Controle da temperatura de insuflação do ar.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de São Paulo (chamado de “Modelo Ótimo-TAI”) são apresentados na Tabela 4.17.

Tabela 4.17. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI com os modelos de referência para a cidade de São Paulo.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:		Variação em relação ao Modelo Base
	BASE	Ótimo-TAI	
• Aquecimento	0	0	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	292.5	285.8	-2.32%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	54	54.2	0.30%
• Bombas	71.5	69.6	-2.69%
• Torre de arrefecimento	1.8	1.8	0.19%
Consumo total AVAC	419.8	411.3	-2.04%

O controle ótimo da temperatura de insuflação do ar proporciona uma redução no consumo do *chiller* e bombas e um aumento no consumo dos ventiladores, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 2,04%, quando comparado com o Modelo Base.

4.3.3 Controle da temperatura da água de condensação.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de São Paulo (chamado de “Modelo Ótimo-TAC”) são apresentados na Tabela 4.18.

Tabela 4.18 Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC com os modelos de referência para a cidade de São Paulo.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAC	Ótimo-TAC	Base	ASHRAE-TAC
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	292.5	250.8	242.7	-17.03%	-3.21%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	54.0	54.0	54.0	-	-
• Bombas	71.5	71.5	71.5	-	-
• Torre de arrefecimento	1.8	6.7	7.9	341.24%	17.49%
Consumo total AVAC	419.8	383.0	376.1	-10.41%	-1.80%

O controle ótimo da temperatura da água de condensação proporciona uma redução no consumo do *chiller* e um aumento no consumo da torre de arrefecimento, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 10,41% e 1,80% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE-TAC. Quanto observado apenas o conjunto *chiller*-torre essa redução sobe para 14,85% e 2,67 respectivamente.

4.3.4 Controle integrado da temperatura de insuflação com a temperatura da água gelada.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de São Paulo (chamado de “Modelo Ótimo-TAI+TAG”) são apresentados na Tabela 4.19.

Tabela 4.19. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI+TAG com os modelos de referência para a cidade de São Paulo.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAG	Ótimo-TAI+TAG	Base	ASHRAE-TAG
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	292.5	279.2	264.6	-9.55%	-5.21%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	54.0	54.0	54.2	0.33%	0.33%
• Bombas	71.5	72.2	72.3	1.17%	0.13%
• Torre de arrefecimento	1.8	1.7	1.6	-8.38%	-4.67%
Consumo total AVAC	419.8	407.1	392.8	-6.45%	-3.53%

O controle ótimo integrado da temperatura de insuflação e da temperatura da água gelada proporcionam uma redução no consumo do *chiller* e das bombas e um aumento no consumo dos ventiladores, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 6,45% e 3,53% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE-TAG.

Destaca-se que as reduções obtidas não são a soma das reduções obtidas separadamente, pois como já se esperava os modelos de controle acabam se sobrepondo, por exemplo, a limitação da temperatura máxima de água gelada pelo modelo de controle da água gelada limita os ganhos que seriam obtidos com o aumento desta temperatura em função do aumento da temperatura de insuflação.

4.3.5 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura de insuflação.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de São Paulo (chamado de “Modelo Ótimo-TAC+TAI”) são apresentados na Tabela 4.20.

Tabela 4.20. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAI com os modelos de referência para a cidade de São Paulo.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAC	Ótimo-TAC+TAI	Base	ASHRAE-TAC
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	292.5	250.8	237.5	-18.82%	-5.30%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	54.0	54.0	54.2	0.30%	0.30%
• Bombas	71.5	71.5	69.5	-2.76%	-2.76%
• Torre de arrefecimento	1.8	6.7	7.9	338.21%	16.68%
Consumo total AVAC	419.8	383.0	369.0	-12.10%	-3.65%

O controle ótimo integrado da temperatura de insuflação e da temperatura da água de condensação proporciona uma redução no consumo do *chiller* e da bomba e um aumento no consumo dos ventiladores e da torre de arrefecimento, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 12,10% e 3,65% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE-TAC.

4.3.6 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura da água gelada.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de São Paulo (chamado de “Modelo Ótimo-TAC+TAG”) são apresentados na Tabela 4.21.

Tabela 4.21. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAG com os modelos de referência para a cidade de São Paulo.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE	Ótimo-TAC+TAG	Base	ASHRAE
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	292.5	239.1	223.4	-23.64%	-6.57%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	54.0	54.0	54.0	-0.01%	0.00%
• Bombas	71.5	72.2	73.5	2.74%	1.69%
• Torre de arrefecimento	1.8	6.5	6.8	279.37%	5.21%
Consumo total AVAC	419.8	371.8	357.6	-14.82%	-3.81%

O controle ótimo integrado da temperatura da água gelada e da temperatura da água de condensação proporciona uma redução no consumo do *chiller* e um aumento no consumo das bombas e da torre de arrefecimento, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 14,82% e 3,81% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE.

4.3.7 Controle integrado das três temperaturas.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de São Paulo (chamado de “Modelo Ótimo-Integrado”) são apresentados na Tabela 4.22.

Tabela 4.22. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-Integrado com os modelos de referência para a cidade de São Paulo.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE	Ótimo-Integrado	Base	ASHRAE
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	292.5	239.1	220.7	-24.56%	-7.69%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	54.0	54.0	54.2	0.33%	0.34%
• Bombas	71.5	72.2	72.3	1.17%	0.14%
• Torre de arrefecimento	1.8	6.5	6.8	277.72%	4.75%
Consumo total AVAC	419.8	371.8	354.0	-15.68%	-4.79%

O controle ótimo integrado das três temperaturas proporciona uma redução no consumo do *chiller* e bombas e um aumento no consumo dos ventiladores e da torre de arrefecimento, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 15,68% e 4,79% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE.

4.3.8 Conclusão para a cidade de São Paulo.

Analizando os controles isoladamente, o que apresentou a maior redução em relação ao modelo base (modelo PROCEL) foi o controle da temperatura de condensação, com uma redução de 10,41%. Já quando comparamos em relação aos controles isolados da ASHRAE 90.1, o controle que apresentou maiores ganhos foi o controle da temperatura de água gelada, com uma redução de 2,43%.

Ao analisar o modelo integrado, a redução em relação ao modelo da ASHRAE 90.1 alcançou o valor de 4,79%, e dessa forma o modelo proposto apresenta ganhos em relação ao modelo adotado como referência de mercado, demonstrando que a análise do comportamento da carga térmica no sistema de AVAC apresenta melhores resultados do que o controle em função unicamente das condições externas.

4.4 Resultados para a cidade de Brasília (DF)

4.4.1 Controle da temperatura de água gelada.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Brasília (chamado de “Modelo Ótimo-TAG”) são apresentados na Tabela 4.23.

Tabela 4.23. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAG com os modelos de referência para a cidade de Brasília.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAG	Ótimo-TAG	Base	ASHRAE-TAG
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	298.0	284.7	269.9	-9.40%	-5.20%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	69.0	69.0	69.0	-0.01%	-0.01%
• Bombas	65.0	66.0	69.0	6.20%	4.44%
• Torre de arrefecimento	2.4	2.3	2.2	-9.12%	-5.39%
Consumo total AVAC	434.4	422.1	410.1	-5.58%	-2.84%

O controle ótimo da temperatura da água gelada na saída do *chiller* proporciona uma redução no consumo do *chiller* e um aumento no consumo das bombas, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 5,58% e 2,84% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE-TAG. Quanto observado apenas o conjunto *chiller*-bombas essa redução sobe para 6,61% e 3,38% respectivamente.

4.4.2 Controle da temperatura de insuflação do ar.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Brasília (chamado de “Modelo Ótimo-TAI”) são apresentados na Tabela 4.24.

Tabela 4.24. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI com os modelos de referência para a cidade de Brasília.

Sistema de AVAC Valores em MWh	BASE	Modelos: Ótimo-TAI	Variação em relação ao Modelo Base
• Aquecimento	0	0	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	298	297.7	-0.09%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	69	69.1	0.04%
• Bombas	65	64.9	-0.11%
• Torre de arrefecimento	2.4	2.4	0.04%
Consumo total AVAC	434.4	434	-0.07%

O controle ótimo da temperatura de insuflação do ar não proporcionou uma redução considerável, visto que os ganhos são inferiores a 0,1%, portanto o modelo ótimo, que analisa o comportamento da carga térmica no sistema de AVAC não apresenta resultados positivos para o controle da temperatura de insuflação.

4.4.3 Controle da temperatura da água de condensação.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Brasília (chamado de “Modelo Ótimo-TAC”) são apresentados na Tabela 4.25.

Tabela 4.25. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC com os modelos de referência para a cidade de Brasília.

Sistema de AVAC Valores em MWh	BASE	Modelos: ASHRAE-TAC	Ótimo-TAC	Variação em relação ao modelo:	
				Base	ASHRAE-TAC
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	298.0	253.8	251.2	-15.69%	-1.01%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	69.0	69.0	69.0	-	-
• Bombas	65.0	65.0	65.0	-	-
• Torre de arrefecimento	2.4	10.5	9.6	299.53%	-8.37%
Consumo total AVAC	434.4	398.2	394.8	-9.11%	-0.86%

O controle ótimo da temperatura da água de condensação proporciona uma redução no consumo do *chiller* e um aumento no consumo da torre de arrefecimento, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 9,11% e 0,86% quando

comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE-TAC. Quanto observado apenas o conjunto *chiller-torre* essa redução sobe para 13,17% e 1,30% respectivamente.

4.4.4 Controle integrado da temperatura de insuflação com a temperatura da água gelada.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Brasília (chamado de “Modelo Ótimo-TAI+TAG”) são apresentados na Tabela 4.26.

Tabela 4.26. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI+TAG com os modelos de referência para a cidade de Brasília.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAG	Ótimo-TAI+TAG	Base	ASHRAE-TAG
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	298.0	284.7	269.7	-9.47%	-5.27%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	69.0	69.0	69.1	0.06%	0.06%
• Bombas	65.0	66.0	68.9	6.12%	4.36%
• Torre de arrefecimento	2.4	2.3	2.2	-9.12%	-5.40%
Consumo total AVAC	434.4	422.1	409.9	-5.62%	-2.89%

O controle ótimo integrado da temperatura de insuflação e da temperatura da água gelada proporciona uma redução muito próxima do controle da temperatura de água gelada isolado, visto que o controle da temperatura de insuflação nesta condição climática não apresentou ganhos consideráveis, inferior a 0,1%.

4.4.5 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura de insuflação.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Brasília (chamado de “Modelo Ótimo-TAC+TAI”) são apresentados na Tabela 4.27.

O controle ótimo integrado da temperatura de insuflação e da temperatura da água de condensação proporciona uma redução muito próxima do controle da temperatura de água de condensação isolado, visto que o controle da temperatura de insuflação nesta condição climática não apresentou ganhos consideráveis, inferior a 0,1%.

Tabela 4.27. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAI com os modelos de referência para a cidade de Brasília.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAC	Ótimo-TAC+TAI	Base	ASHRAE-TAC
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	298.0	253.8	251.0	-15.77%	-1.10%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	69.0	69.0	69.1	0.04%	0.04%
• Bombas	65.0	65.0	64.9	-0.13%	-0.13%
• Torre de arrefecimento	2.4	10.5	9.6	299.26%	-8.43%
Consumo total AVAC	434.4	398.2	394.5	-9.18%	-0.94%

4.4.6 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura da água gelada.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Brasília (chamado de “Modelo Ótimo-TAC+TAG”) são apresentados na Tabela 4.28.

Tabela 4.28. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAG com os modelos de referência para a cidade de Brasília.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE	Ótimo-TAC+TAG	Base	ASHRAE
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	298.0	242.7	229.1	-23.11%	-5.61%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	69.0	69.0	69.0	-0.01%	-0.01%
• Bombas	65.0	66.0	69.0	6.21%	4.45%
• Torre de arrefecimento	2.4	10.0	7.6	216.98%	-24.16%
Consumo total AVAC	434.4	387.8	374.7	-13.73%	-3.38%

O controle ótimo integrado da temperatura da água gelada e da temperatura da água de condensação proporciona uma redução no consumo do *chiller* e um aumento no consumo das bombas e da torre de arrefecimento, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 13,73% e 3,38% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE.

4.4.7 Controle integrado das três temperaturas.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Brasília (chamado de “Modelo Ótimo-Integrado”) são apresentados na Tabela 4.29.

Tabela 4.29. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-Integrado com os modelos de referência para a cidade de Brasília.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE	Ótimo-Integrado	Base	ASHRAE
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	298.0	242.7	228.9	-23.16%	-5.67%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	69.0	69.0	69.1	0.06%	0.07%
• Bombas	65.0	66.0	68.9	6.11%	4.35%
• Torre de arrefecimento	2.4	10.0	7.6	216.91%	-24.17%
Consumo total AVAC	434.4	387.8	374.6	-13.77%	-3.42%

O controle ótimo integrado das três temperaturas proporciona uma redução no consumo do *chiller* e bombas e um aumento no consumo dos ventiladores e da torre de arrefecimento, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 13,77% e 3,42% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE.

4.4.8 Conclusão para a cidade de Brasília.

Analisando os controles isoladamente, o que apresentou a maior redução em relação ao modelo base (modelo PROCEL) foi o controle da temperatura de condensação, com uma redução de 13,17%. Já quando comparamos em relação aos controles isolados da ASHRAE 90.1, o controle que apresentou maiores ganhos foi o controle da temperatura de água gelada com uma redução de 3,38%. Destaca-se que o controle da temperatura de insuflação teve um impacto desprezível no consumo, apresentando variações inferiores a 0,1%.

Ao analisar o modelo integrado, a redução em relação ao modelo da ASHRAE 90.1 alcançou o valor de 3,42%, e dessa forma o modelo proposto apresenta ganhos em relação ao modelo adotado como referência de mercado, demonstrando que a análise do comportamento da carga térmica no sistema de AVAC apresenta melhores resultados do que o controle em função unicamente das condições externas.

4.5 Resultados para a cidade de Macaé (RJ)

4.5.1 Controle da temperatura de água gelada.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Macaé (chamado de “Modelo Ótimo-TAG”) são apresentados na Tabela 4.30.

Tabela 4.30. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAG com os modelos de referência para a cidade de Macaé.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAG	Ótimo-TAG	Base	ASHRAE-TAG
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	472.9	461.2	438.0	-7.38%	-5.04%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	82.0	82.0	82.0	0.03%	0.03%
• Bombas	93.2	94.3	100.0	7.33%	6.06%
• Torre de arrefecimento	12.1	12.0	11.3	-6.48%	-5.59%
Consumo total AVAC	660.2	649.5	631.4	-4.36%	-2.80%

O controle ótimo da temperatura da água gelada na saída do *chiller* proporciona uma redução no consumo do *chiller* e um aumento no consumo das bombas, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 4,36% e 2,80% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE-TAG. Quanto observado apenas o conjunto *chiller*-bombas essa redução sobe para 4,96% e 3,15% respectivamente.

4.5.2 Controle da temperatura de insuflação do ar.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Macaé (chamado de “Modelo Ótimo-TAI”) são apresentados na Tabela 4.31.

Tabela 4.31. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI com os modelos de referência para a cidade de Macaé.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:		Variação em relação ao Modelo Base
	BASE	Ótimo-TAI	
• Aquecimento	0	0	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	472.9	472.9	0.00%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	82	82	0.00%
• Bombas	93.2	93.2	-0.01%
• Torre de arrefecimento	12.1	12.1	0.00%
Consumo total AVAC	660.2	660.1	0.00%

O controle ótimo da temperatura de insuflação do ar não proporcionou reduções consideráveis, visto que os ganhos são inferiores a 0,1%, portanto o modelo ótimo, que analisa o comportamento da carga térmica no sistema de AVAC não apresenta resultados positivos para o controle da temperatura de insuflação.

4.5.3 Controle da temperatura da água de condensação.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Macaé (chamado de “Modelo Ótimo-TAC”) são apresentados na Tabela 4.32.

Tabela 4.32. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC com os modelos de referência para a cidade de Macaé.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAC	Ótimo-TAC	Base	ASHRAE-TAC
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	472.9	451.5	437.1	-7.57%	-3.20%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	82.0	82.0	82.0	0.00%	0.00%
• Bombas	93.2	93.2	93.2	0.00%	0.00%
• Torre de arrefecimento	12.1	15.7	26.7	120.12%	69.25%
Consumo total AVAC	660.2	642.4	638.9	-3.22%	-0.55%

O controle ótimo da temperatura da água de condensação proporciona uma redução no consumo do *chiller* e um aumento no consumo da torre de arrefecimento, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 3,22% e 0,55% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE-TAC. Quanto observado apenas o conjunto *chiller*-torre essa redução sobe para 4,39% e 0,76% respectivamente.

4.5.4 Controle integrado da temperatura de insuflação com a temperatura da água gelada.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Macaé (chamado de “Modelo Ótimo-TAI+TAG”) são apresentados na Tabela 4.33.

Tabela 4.33. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI+TAG com os modelos de referência para a cidade de Macaé.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAG	Ótimo-TAI+TAG	Base	ASHRAE-TAG
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	472.9	461.2	435.2	-7.98%	-5.66%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	82.0	82.0	84.5	3.07%	3.07%
• Bombas	93.2	94.3	99.5	6.79%	5.53%
• Torre de arrefecimento	12.1	12.0	11.2	-7.30%	-6.42%
Consumo total AVAC	660.2	649.5	630.4	-4.51%	-2.95%

O controle ótimo integrado da temperatura de insuflação e da temperatura da água gelada proporciona uma redução muito próxima do controle da temperatura de água gelada isolado, visto que o controle da temperatura de insuflação nesta condição climática não apresentou ganhos consideráveis, inferior a 0,1%.

4.5.5 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura de insuflação.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Macaé (chamado de “Modelo Ótimo-TAC+TAI”) são apresentados na Tabela 4.34.

Tabela 4.34. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAI com os modelos de referência para a cidade de Macaé.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAC	Ótimo-TAC+TAI	Base	ASHRAE-TAC
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	472.9	451.5	437.1	-7.58%	-3.21%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	82.0	82.0	82.0	0.00%	0.00%
• Bombas	93.2	93.2	93.2	-0.01%	-0.01%
• Torre de arrefecimento	12.1	15.7	26.7	120.12%	69.25%
Consumo total AVAC	660.2	642.4	638.9	-3.23%	-0.56%

O controle ótimo integrado da temperatura de insuflação e da temperatura da água de condensação proporciona uma redução muito próxima do controle da temperatura de água de condensação isolado, visto que o controle da temperatura de insuflação nesta condição climática não apresentou ganhos consideráveis, inferior a 0,1%.

4.5.6 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura da água gelada.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Macaé (chamado de “Modelo Ótimo-TAC+TAG”) são apresentados na Tabela 4.35.

O controle ótimo integrado da temperatura da água gelada e da temperatura da água de condensação proporciona uma redução no consumo do *chiller* e um aumento no consumo das bombas e da torre de arrefecimento, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 7,29% e 3,22% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE.

Tabela 4.35. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAG com os modelos de referência para a cidade de Macaé.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE	Ótimo-TAC+TAG	Base	ASHRAE
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	472.9	440.7	406.8	-13.97%	-7.68%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	82.0	82.0	82.0	0.03%	0.03%
• Bombas	93.2	94.3	100.0	7.30%	6.03%
• Torre de arrefecimento	12.1	15.4	23.2	91.63%	50.33%
Consumo total AVAC	660.2	632.4	612.0	-7.29%	-3.22%

4.5.7 Controle integrado das três temperaturas.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Macaé (chamado de “Modelo Ótimo-Integrado”) são apresentados na Tabela 4.36.

Tabela 4.36. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-Integrado com os modelos de referência para a cidade de Macaé.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE	Ótimo-Integrado	Base	ASHRAE
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	472.9	440.7	404.5	-14.47%	-8.22%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	82.0	82.0	84.3	2.79%	2.79%
• Bombas	93.2	94.3	99.5	6.77%	5.50%
• Torre de arrefecimento	12.1	15.4	22.7	87.70%	47.24%
Consumo total AVAC	660.2	632.4	610.9	-7.46%	-3.39%

O controle ótimo integrado das três temperaturas proporciona uma redução no consumo do *chiller* e bombas e um aumento no consumo dos ventiladores e da torre de arrefecimento, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 7,46% e 3,39% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE.

4.5.8 Conclusão para a cidade de Macaé.

Analisando os controles isoladamente, o que apresentou a maior redução em relação ao modelo base (modelo PROCEL) foi o controle da temperatura da água gelada, com uma redução de 4,36%. Já quando comparamos em relação aos controles isolados da ASHRAE 90.1, o controle que apresentou maiores ganhos também foi o controle da temperatura da água gelada com uma redução de 2,80%. Destaca-se que o controle da temperatura de insuflação teve um impacto desprezível no consumo, apresentando variações inferiores a 0,1%.

Ao analisar o modelo integrado, a redução em relação ao modelo da ASHRAE 90.1 alcançou o valor de 3,39%, e dessa forma o modelo proposto apresenta ganhos em relação ao modelo adotado como referência de mercado, demonstrando que a análise do comportamento da carga térmica no sistema de AVAC apresenta melhores resultados do que o controle em função unicamente das condições externas.

4.6 Resultados para a cidade de Goiânia (GO)

4.6.1 Controle da temperatura de água gelada.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Goiânia (chamado de “Modelo Ótimo-TAG”) são apresentados na Tabela 4.37.

Tabela 4.37. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAG com os modelos de referência para a cidade de Goiânia.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAG	Ótimo-TAG	Base	ASHRAE-TAG
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	397.8	388.9	362.3	-8.93%	-6.84%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	90.4	90.4	90.3	-0.01%	-0.01%
• Bombas	79.6	80.0	85.5	7.50%	6.86%
• Torre de arrefecimento	5.3	5.3	4.7	-10.58%	-9.72%
Consumo total AVAC	573.0	564.5	542.9	-5.26%	-3.83%

O controle ótimo da temperatura da água gelada na saída do *chiller* proporciona uma redução no consumo do *chiller* e um aumento no consumo das bombas, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 5,26% e 3,83% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE-TAG. Quanto observado apenas o conjunto *chiller*-bombas essa redução sobe para 6,19% e 4,51% respectivamente.

4.6.2 Controle da temperatura de insuflação do ar.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Goiânia (chamado de “Modelo Ótimo-TAI”) são apresentados na Tabela 4.38.

Tabela 4.38. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI com os modelos de referência para a cidade de Goiânia.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:		Variação em relação ao Modelo Base
	BASE	Ótimo-TAI	
• Aquecimento	0	0	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	397.8	397	-0.20%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	90.4	90.4	0.07%
• Bombas	79.6	79.3	-0.28%
• Torre de arrefecimento	5.3	5.3	0.05%
Consumo total AVAC	573	572	-0.17%

O controle ótimo da temperatura de insuflação do ar proporciona uma redução no consumo do *chiller* e bombas e um aumento no consumo dos ventiladores, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 0,17%, quando comparado ao modelo base. O controle ótimo da temperatura de insuflação do ar proporcionou reduções no consumo do sistema de AVAC muito pequenas.

4.6.3 Controle da temperatura da água de condensação.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Goiânia (chamado de “Modelo Ótimo-TAC”) são apresentados na Tabela 4.39.

Tabela 4.39. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC com os modelos de referência para a cidade de Goiânia.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAC	Ótimo-TAC	Base	ASHRAE-TAC
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	397.8	356.5	346.0	-13.02%	-2.93%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	90.4	90.4	90.4	-	-
• Bombas	79.6	79.6	79.6	-	-
• Torre de arrefecimento	5.3	14.3	22.2	317.86%	55.23%
Consumo total AVAC	573.0	540.6	538.1	-6.09%	-0.47%

O controle ótimo da temperatura da água de condensação proporciona uma redução no consumo do *chiller* e um aumento no consumo da torre de arrefecimento, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 6,09% e 0,47% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE-TAC. Quanto observado apenas o conjunto *chiller*-torre essa redução sobe para 8,66% e 0,69% respectivamente.

4.6.4 Controle integrado da temperatura de insuflação com a temperatura da água gelada.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Goiânia (chamado de “Modelo Ótimo-TAI+TAG”) são apresentados na Tabela 4.40.

Tabela 4.40. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI+TAG com os modelos de referência para a cidade de Goiânia.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAG	Ótimo-TAI+TAG	Base	ASHRAE-TAG
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	397.8	388.9	361.5	-9.12%	-7.04%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	90.4	90.4	90.7	0.40%	0.40%
• Bombas	79.6	80.0	85.3	7.27%	6.63%
• Torre de arrefecimento	5.3	5.3	4.7	-10.75%	-9.90%
Consumo total AVAC	573.0	564.5	542.3	-5.36%	-3.94%

O controle ótimo integrado da temperatura de insuflação e da temperatura da água gelada proporciona uma redução muito próxima do controle da temperatura de água gelada isolado, visto que o controle da temperatura de insuflação nesta condição climática apresentou ganhos pequenos, apenas 0,17%.

4.6.5 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura de insuflação.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Goiânia (chamado de “Modelo Ótimo-TAC+TAI”) são apresentados na Tabela 4.41.

Tabela 4.41. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAI com os modelos de referência para a cidade de Goiânia.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAC	Ótimo-TAC+TAI	Base	ASHRAE-TAC
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	397.8	356.5	345.2	-13.22%	-3.15%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	90.4	90.4	90.4	0.08%	0.08%
• Bombas	79.6	79.6	79.3	-0.35%	-0.35%
• Torre de arrefecimento	5.3	14.3	22.3	319.90%	55.99%
Consumo total AVAC	573.0	540.6	537.2	-6.25%	-0.64%

O controle ótimo integrado da temperatura de insuflação e da temperatura da água de condensação proporciona uma redução muito próxima do controle da temperatura de água de

condensação isolado, visto que o controle da temperatura de insuflação nesta condição climática apresentou ganhos pequenos, apenas a 0,17%.

4.6.6 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura da água gelada.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Goiânia (chamado de “Modelo Ótimo-TAC+TAG”) são apresentados na Tabela 4.42.

Tabela 4.42. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAG com os modelos de referência para a cidade de Goiânia.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE	Ótimo-TAC+TAG	Base	ASHRAE
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	397.8	348.6	320.0	-19.54%	-8.18%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	90.4	90.4	90.3	-0.01%	-0.01%
• Bombas	79.6	80.0	85.5	7.49%	6.85%
• Torre de arrefecimento	5.3	14.1	16.1	203.71%	13.96%
Consumo total AVAC	573.0	533.1	512.0	-10.64%	-3.95%

O controle ótimo integrado da temperatura da água gelada e da temperatura da água de condensação proporciona uma redução no consumo do *chiller* e um aumento no consumo das bombas e da torre de arrefecimento, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 10,64% e 3,95% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE.

4.6.7 Controle integrado das três temperaturas.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Goiânia (chamado de “Modelo Ótimo-Integrado”) são apresentados na Tabela 4.43.

O controle ótimo integrado das três temperaturas proporciona uma redução no consumo do *chiller* e bombas e um aumento no consumo dos ventiladores e da torre de arrefecimento, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 10,72% e 4,04% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE.

Tabela 4.43. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-Integrado com os modelos de referência para a cidade de Goiânia.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE	Ótimo-Integrado	Base	ASHRAE
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	397.8	348.6	319.5	-19.69%	-8.35%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	90.4	90.4	90.7	0.37%	0.37%
• Bombas	79.6	80.0	85.3	7.21%	6.57%
• Torre de arrefecimento	5.3	14.1	16.1	203.85%	14.02%
Consumo total AVAC	573.0	533.1	511.6	-10.72%	-4.04%

4.6.8 Conclusão para a cidade de Goiânia.

Analizando os controles isoladamente, o que apresentou a maior redução em relação ao modelo base (modelo PROCEL) foi o controle da temperatura de condensação, com uma redução de 6,09%. Já quando comparamos em relação aos controles isolados da ASHRAE 90.1 o controle que apresentou maiores ganhos foi o controle da temperatura da água gelada com uma redução de 3,83%. Destaca-se que o controle da temperatura de insuflação teve um impacto pequeno no consumo, apenas de 0,17%.

Ao analisar o modelo integrado a redução em relação ao modelo da ASHRAE 90.1 alcançou o valor de 4,04%, dessa forma o modelo sugerido apresenta ganhos em relação ao modelo adotado como referência de mercado, demonstrando que a análise do comportamento da carga térmica no sistema de AVAC apresenta melhores resultados do que o controle em função unicamente das condições externas.

4.7 Resultados para a cidade de Teresina (PI)

4.7.1 Controle da temperatura de água gelada.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Teresina (chamado de “Modelo Ótimo-TAG”) são apresentados na Tabela 4.44.

Tabela 4.44. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAG com os modelos de referência para a cidade de Teresina.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAG	Ótimo-TAG	Base	ASHRAE-TAG
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	579.6	576.6	540.3	-6.79%	-6.29%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	138.0	138.0	138.2	0.10%	0.10%
• Bombas	101.5	101.8	111.8	10.14%	9.82%
• Torre de arrefecimento	18.8	18.8	17.7	-6.25%	-6.06%
Consumo total AVAC	838.0	835.2	807.9	-3.59%	-3.27%

O controle ótimo da temperatura da água gelada na saída do *chiller* proporciona uma redução no consumo do *chiller* e um aumento no consumo das bombas, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 3,59% e 3,27% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE-TAG. Quanto observado apenas o conjunto *chiller*-bombas essa redução sobe para 4,27% e 3,88% respectivamente.

4.7.2 Controle da temperatura de insuflação do ar.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Teresina (chamado de “Modelo Ótimo-TAI”) são apresentados na Tabela 4.45.

Tabela 4.45. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI com os modelos de referência para a cidade de Teresina.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:		Variação em relação ao Modelo Base
	BASE	Ótimo-TAI	
• Aquecimento	0	0	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	579.6	579.6	-0.01%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	138	138.1	0.04%
• Bombas	101.5	101.5	0.00%
• Torre de arrefecimento	18.8	18.8	-0.01%
Consumo total AVAC	838	838	0.00%

O controle ótimo da temperatura de insuflação do ar não proporcionou reduções consideráveis, visto que os ganhos são inferiores a 0,1%, portanto o modelo ótimo, que analisa o comportamento da carga térmica no sistema de AVAC não apresenta resultados positivos para o controle da temperatura de insuflação.

4.7.3 Controle da temperatura da água de condensação.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Teresina (chamado de “Modelo Ótimo-TAC”) são apresentados na Tabela 4.46.

Tabela 4.46. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC com os modelos de referência para a cidade de Teresina.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAC	Ótimo-TAC	Base	ASHRAE-TAC
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	579.6	560.6	543.3	-6.27%	-3.08%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	138.0	138.0	138.0	-	-
• Bombas	101.5	101.5	101.5	0.00%	0.00%
• Torre de arrefecimento	18.8	25.0	40.3	114.04%	61.59%
Consumo total AVAC	838.0	825.1	823.1	-1.77%	-0.23%

O controle ótimo da temperatura da água de condensação proporciona uma redução no consumo do *chiller* e um aumento no consumo da torre de arrefecimento, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 1,77% e 0,23% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE-TAC. Quanto observado apenas o conjunto *chiller*-torre essa redução sobe para 2,48% e 0,33% respectivamente.

4.7.4 Controle integrado da temperatura de insuflação com a temperatura da água gelada.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Teresina (chamado de “Modelo Ótimo-TAI+TAG”) são apresentados na Tabela 4.47.

Tabela 4.47. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI+TAG com os modelos de referência para a cidade de Teresina.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAG	Ótimo-TAI+TAG	Base	ASHRAE-TAG
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	579.6	576.6	536.6	-7.43%	-6.94%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	138.0	138.0	143.4	3.92%	3.92%
• Bombas	101.5	101.8	110.5	8.87%	8.55%
• Torre de arrefecimento	18.8	18.8	17.5	-7.06%	-6.87%
Consumo total AVAC	838.0	835.2	808.0	-3.58%	-3.25%

O controle ótimo integrado da temperatura de insuflação e da temperatura da água gelada proporciona uma redução muito próxima do controle da temperatura de água gelada isolado, visto que o controle da temperatura de insuflação nesta condição climática não apresentou ganhos consideráveis, inferior a 0,1%.

4.7.5 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura de insuflação.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Teresina (chamado de “Modelo Ótimo-TAC+TAI”) são apresentados na Tabela 4.48.

Tabela 4.48. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAI com os modelos de referência para a cidade de Teresina.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAC	Ótimo-TAC	Base	ASHRAE-TAC
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	579.6	560.6	543.3	-6.27%	-3.08%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	138.0	138.0	138.0	-	-
• Bombas	101.5	101.5	101.5	0.00%	0.00%
• Torre de arrefecimento	18.8	25.0	40.3	114.04%	61.59%
Consumo total AVAC	838.0	825.1	823.1	-1.77%	-0.23%

O controle ótimo integrado da temperatura de insuflação e da temperatura da água de condensação proporciona uma redução muito próxima do controle da temperatura de água de condensação isolado, visto que o controle da temperatura de insuflação nesta condição climática não apresentou ganhos consideráveis, inferior a 0,1%.

4.7.6 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura da água gelada.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Teresina (chamado de “Modelo Ótimo-TAC+TAG”) são apresentados na Tabela 4.49.

O controle ótimo integrado da temperatura da água gelada e da temperatura da água de condensação proporciona uma redução no consumo do *chiller* e um aumento no consumo das bombas e da torre de arrefecimento, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 5,05% e 3,24% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE.

Tabela 4.49. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAG com os modelos de referência para a cidade de Teresina.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE	Ótimo-TAC+TAG	Base	ASHRAE
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	579.6	557.6	511.2	-11.80%	-8.32%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	138.0	138.0	138.2	0.10%	0.10%
• Bombas	101.5	101.8	111.8	10.12%	9.80%
• Torre de arrefecimento	18.8	24.8	34.5	83.26%	38.95%
Consumo total AVAC	838.0	822.3	795.7	-5.05%	-3.24%

4.7.7 Controle integrado das três temperaturas.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade de Teresina (chamado de “Modelo Ótimo-Integrado”) são apresentados na Tabela 4.50.

Tabela 4.50. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-Integrado com os modelos de referência para a cidade de Teresina.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE	Ótimo-Integrado	Base	ASHRAE
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	579.6	557.6	508.1	-12.34%	-8.89%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	138.0	138.0	142.7	3.41%	3.40%
• Bombas	101.5	101.8	110.7	9.08%	8.76%
• Torre de arrefecimento	18.8	24.8	34.3	82.04%	38.03%
Consumo total AVAC	838.0	822.3	795.8	-5.03%	-3.22%

O controle ótimo integrado das três temperaturas proporciona uma redução no consumo do *chiller* e bombas e um aumento no consumo dos ventiladores e da torre de arrefecimento, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 5,03% e 3,22% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE.

4.7.8 Conclusão para a cidade de Teresina.

Analisando os controles isoladamente, o que apresentou a maior redução, tanto em relação ao modelo base (modelo PROCEL) quanto ao modelo da ASHRAE 90.1 foi o controle da temperatura da água gelada, com reduções de 3,59% e 3,27% respectivamente. Destaca-se que o controle da temperatura de insuflação teve um impacto desprezível no consumo em relação ao modelo base, apresentando variações inferiores a 0,1%, e o impacto

no controle da temperatura de condensação também apresenta ganhos pequenos quando comparado com o modelo ASHRAE.

Ao analisar o modelo integrado, a redução em relação ao modelo da ASHRAE 90.1 alcançou o valor de 3,22%, e dessa forma o modelo proposto apresenta ganhos em relação ao modelo adotado como referência de mercado, demonstrando que a análise do comportamento da carga térmica no sistema de AVAC apresenta melhores resultados do que o controle em função unicamente das condições externas.

4.8 Resultados para a cidade do Rio de Janeiro (RJ)

4.8.1 Controle da temperatura de água gelada.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade do Rio de Janeiro (chamado de “Modelo Ótimo-TAG”) são apresentados na Tabela 4.51.

Tabela 4.51. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAG com os modelos de referência para a cidade do Rio de Janeiro.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAG	Ótimo-TAG	Base	ASHRAE-TAG
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	449.8	439.0	416.8	-7.34%	-5.06%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	78.0	78.0	78.0	0.03%	0.03%
• Bombas	96.6	97.5	103.8	7.47%	6.40%
• Torre de arrefecimento	7.4	7.3	6.9	-6.86%	-5.92%
Consumo total AVAC	631.7	621.8	605.4	-4.16%	-2.63%

O controle ótimo da temperatura da água gelada na saída do *chiller* proporciona uma redução no consumo do *chiller* e um aumento no consumo das bombas, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 4,16% e 2,63% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE-TAG. Quanto observado apenas o conjunto *chiller*-bombas essa redução sobe para 4,72% e 2,97% respectivamente.

4.8.2 Controle da temperatura de insuflação do ar.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade do Rio de Janeiro (chamado de “Modelo Ótimo-TAI”) são apresentados na Tabela 4.52.

Tabela 4.52. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI com os modelos de referência para a cidade do Rio de Janeiro.

Sistema de AVAC Valores em MWh	BASE	Modelos: Ótimo-TAI	Varição em relação ao Modelo Base
• Aquecimento	0	0	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	449.8	449.6	-0.05%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	78	78	0.01%
• Bombas	96.6	96.5	-0.06%
• Torre de arrefecimento	7.4	7.4	0.01%
Consumo total AVAC	631.7	631.4	-0.04%

O controle ótimo da temperatura de insuflação do ar não proporcionou reduções consideráveis, visto que os ganhos são inferiores a 0,1%, portanto o modelo ótimo, que analisa o comportamento da carga térmica no sistema de AVAC não apresenta resultados positivos para o controle da temperatura de insuflação.

4.8.3 Controle da temperatura da água de condensação.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade do Rio de Janeiro (chamado de “Modelo Ótimo-TAC”) são apresentados na Tabela 4.53.

Tabela 4.53. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC com os modelos de referência para a cidade do Rio de Janeiro.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Varição em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAC	Ótimo-TAC	Base	ASHRAE-TAC
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	449.8	419.6	408.6	-9.16%	-2.62%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	78.0	78.0	78.0	-	-
• Bombas	96.6	96.6	96.6	0.00%	0.00%
• Torre de arrefecimento	7.4	12.1	17.7	140.67%	46.05%
Consumo total AVAC	631.7	606.3	600.8	-4.88%	-0.90%

O controle ótimo da temperatura da água de condensação proporciona uma redução no consumo do *chiller* e um aumento no consumo da torre de arrefecimento, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 4,88% e 0,90% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE-TAC. Quanto observado apenas o conjunto *chiller*-torre essa redução sobe para 6,75% e 1,26% respectivamente.

4.8.4 Controle integrado da temperatura de insuflação com a temperatura da água gelada.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade do Rio de Janeiro (chamado de “Modelo Ótimo-TAI+TAG”) são apresentados na Tabela 4.54.

Tabela 4.54. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAI+TAG com os modelos de referência para a cidade do Rio de Janeiro.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAG	Ótimo-TAI+TAG	Base	ASHRAE-TAG
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	449.8	439.0	415.8	-7.57%	-5.29%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	78.0	78.0	79.6	2.06%	2.06%
• Bombas	96.6	97.5	103.1	6.81%	5.75%
• Torre de arrefecimento	7.4	7.3	6.8	-7.20%	-6.26%
Consumo total AVAC	631.7	621.8	605.3	-4.18%	-2.65%

O controle ótimo integrado da temperatura de insuflação e da temperatura da água gelada proporciona uma redução muito próxima do controle da temperatura de água gelada isolado, visto que o controle da temperatura de insuflação nesta condição climática não apresentou ganhos consideráveis, inferior a 0,1%.

4.8.5 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura de insuflação.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade do Rio de Janeiro (chamado de “Modelo Ótimo-TAC+TAI”) são apresentados na Tabela 4.55.

Tabela 4.55. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAI com os modelos de referência para a cidade do Rio de Janeiro.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE-TAC	Ótimo-TAC+TAI	Base	ASHRAE-TAC
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	449.8	419.6	408.4	-9.21%	-2.68%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	78.0	78.0	78.0	0.01%	0.01%
• Bombas	96.6	96.6	96.5	-0.07%	-0.07%
• Torre de arrefecimento	7.4	12.1	17.8	142.22%	47.00%
Consumo total AVAC	631.7	606.3	600.6	-4.91%	-0.93%

O controle ótimo integrado da temperatura de insuflação e da temperatura da água de condensação proporciona uma redução muito próxima do controle da temperatura de água de

condensação isolado, visto que o controle da temperatura de insuflação nesta condição climática não apresentou ganhos consideráveis, inferior a 0,1%.

4.8.6 Controle integrado da temperatura de condensação com a temperatura da água gelada.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade do Rio de Janeiro (chamado de “Modelo Ótimo-TAC+TAG”) são apresentados na Tabela 4.56.

Tabela 4.56. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-TAC+TAG com os modelos de referência para a cidade do Rio de Janeiro.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE	Ótimo-TAC+TAG	Base	ASHRAE
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	449.8	409.6	380.5	-15.42%	-7.11%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	78.0	78.0	78.0	0.03%	0.02%
• Bombas	96.6	97.5	103.7	7.45%	6.38%
• Torre de arrefecimento	7.4	11.9	14.7	100.07%	23.37%
Consumo total AVAC	631.7	597.0	576.9	-8.67%	-3.37%

O controle ótimo integrado da temperatura da água gelada e da temperatura da água de condensação proporciona uma redução no consumo do *chiller* e um aumento no consumo das bombas e da torre de arrefecimento, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 8,67% e 3,37% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE.

4.8.7 Controle integrado das três temperaturas.

Os resultados obtidos com o modelo proposto para a cidade do Rio de Janeiro (chamado de “Modelo Ótimo-Integrado”) são apresentados na Tabela 4.57.

O controle ótimo integrado das três temperaturas proporciona uma redução no consumo do *chiller* e bombas e um aumento no consumo dos ventiladores e da torre de arrefecimento, resultando numa redução no consumo do sistema de AVAC como um todo de 8,74% e 3,43% quando comparado respectivamente com o Modelo Base e com o modelo ASHRAE.

Tabela 4.57. Comparação do consumo anual do Modelo Ótimo-Integrado com os modelos de referência para a cidade do Rio de Janeiro.

Sistema de AVAC Valores em MWh	Modelos:			Variação em relação ao modelo:	
	BASE	ASHRAE	Ótimo-Integrado	Base	ASHRAE
• Aquecimento	0.0	0.0	0.0	-	-
• Resfriamento - <i>Chiller</i>	449.8	409.6	379.3	-15.67%	-7.38%
• Ventiladores do <i>Fan-coil</i>	78.0	78.0	79.6	2.04%	2.04%
• Bombas	96.6	97.5	103.1	6.76%	5.70%
• Torre de arrefecimento	7.4	11.9	14.5	97.47%	21.76%
Consumo total AVAC	631.7	597.0	576.5	-8.74%	-3.43%

4.8.8 Conclusão para a cidade do Rio de Janeiro.

Analisando os controles isoladamente, o que apresentou a maior redução em relação ao modelo base (modelo PROCEL) foi o controle da temperatura de condensação, com uma redução de 4,88%. Já quando comparamos em relação aos controles isolados da ASHRAE 90.1, o controle que apresentou maiores ganhos foi o controle da temperatura da água gelada com uma redução de 2,63%. Destaca-se que o controle da temperatura de insuflação teve um impacto desprezível no consumo, apresentando variações inferiores a 0,1%.

Ao analisar o modelo integrado, a redução em relação ao modelo da ASHRAE 90.1 alcançou o valor de 3,43%, e dessa forma o modelo proposto apresenta ganhos em relação ao modelo adotado como referência de mercado, demonstrando que a análise do comportamento da carga térmica no sistema de AVAC apresenta melhores resultados do que o controle em função unicamente das condições externas.

Capítulo 5

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados para o controle da temperatura de água gelada apresentaram reduções em relação ao Modelo Base (modelo PROCEL) que variaram entre 3,59% a 6,76%, e em relação ao modelo AHSRAE-TAG as reduções variam entre 2,43% a 3,83%. Cabe destacar que este controle apresentou um comportamento mais homogêneo entre as diferentes condições climáticas quando comparado aos demais controles considerados no presente trabalho.

O aumento da temperatura da água gelada afeta diretamente dois parâmetros no sistema de climatização:

- o consumo do *chiller*, pois esse aumento diminui a diferença de temperatura que este equipamento deve fornecer ao sistema;
- o do consumo da bomba do circuito secundário, pois é necessário aumentar a quantidade de água que precisa ser bombeada.

Dessa forma a automação do *setpoint* da temperatura de água gelada busca proporcionar a maior redução líquida entre a redução do consumo do *chiller* e o aumento do consumo da bomba, e os ganhos obtidos são a relação entre a representatividade no consumo geral do sistema destes dois equipamentos bem como as suas respectivas eficiências de operação.

Quando se analisa os resultados obtidos pelo controle da temperatura de insuflação, apenas as zonas bioclimáticas 1 a e 3 apresentaram reduções no consumo, sendo as reduções maiores para o clima mais frio (6,26%) e menor para zona bioclimática 3 (2,04%). Para as demais zonas bioclimáticas (4 a 8) não houve reduções significativas no consumo. É importante destacar que, mesmo trazendo ganhos para climas com temperaturas mais frias (ou amenas para as condições dos EUA e Europa), a norma ASHRAE 90.1 não apresenta um controle para esta temperatura, justamente por considerar esses climas como amenos e não como frios.

O aumento da temperatura de insuflação afeta primeiramente o consumo do *fan-coil*, o qual possui uma variação na sua eficiência de operação (vazão de ar versus consumo) maior que a variação da redução proporcionada no *chiller*. Assim, as reduções obtidas com alteração do *setpoint* da temperatura de insuflação ocorrem apenas quando a vazão do *fan-coil* é inferior a 30%, o que ocorre no final do expediente em dias com temperaturas amenas ou quando as condições externas ficam abaixo dos 15°C. Isso tende a ocorrer com maior frequência no Brasil em climas mais frios, justificando assim os ganhos nas zonas 1 a 3.

Analisando os resultados obtidos para o controle da temperatura de condensação em relação ao Modelo Base (modelo PROCEL), os ganhos obtidos apresentaram uma variação mais significativa (de 1,77% até 11,58%), apresentando os maiores ganhos dentre os três controles isolados para as zonas bioclimáticas de 1 a 4. Para as zonas 5, 6 e 8 os ganhos foram menores, sendo próximos dos ganhos obtidos com o controle de água gelada, e apenas na zona 7 este controle apresentou ganhos inferiores aos do controle da água gelada. Já quando comparado com o modelo ASHRAE-TAC, as reduções variam de 0,23% (também na zona 7) até 2,42%.

O Modelo Base apresenta consumos na torre de arrefecimento muito inferiores aos outros modelos (de 2 a 3 vezes menores), pois este equipamento opera a maior parte do ano em fluxo livre ou apenas com 1 das velocidades devido ao controle fixo com um valor elevado. No entanto isso sobrecarrega o *chiller*, o que demonstra que seria importante controlar essa variável pois o *chiller* é o elemento do sistema de AVAC que mais consome energia.

O aumento da temperatura da água de condensação afeta diretamente dois parâmetros no sistema de climatização. O primeiro é o consumo do *chiller* ao diminuir a temperatura de condensação, e o segundo é o consumo da torre de arrefecimento ao aumentar a vazão de ar no equipamento.

Dessa forma a automação do *setpoint* da temperatura de água de condensação, da mesma forma que a da água gelada, busca proporcionar a maior redução líquida entre a redução do consumo do *chiller* e o aumento do consumo da torre, e os ganhos obtidos são a relação entre a representatividade no consumo geral do sistema destes dois equipamentos bem como as suas respectivas eficiências de operação.

Destaca-se que a menor temperatura de condensação que pode ser obtida depende diretamente da temperatura de bulbo úmido externa, dessa forma o clima é o responsável por limitar os ganhos que podem ser obtidos. Por isso os climas mais quentes apresentaram ganhos mais limitados.

À medida que integramos um ou mais controles as reduções se tornam maiores, mostrando que essa integração é importante e deve ser levada em consideração. Contudo é importante destacar a redução obtida com a integração é inferior à somas das reduções isoladas, pois os controles acabam interferindo uns nos outros. Por exemplo, numa situação hipotética em que fosse possível utilizar os três controles sem interferências mútuas, as reduções em relação ao modelo ASHRAE para a zona bioclimática 1 teriam ganhos isolados de 2,52%, 6,26% e 2,42% respectivamente para o controle da temperatura de água gelada, de insuflação e da água de condensação (totalizando 11,20%). Nessa mesma situação a redução do modelo integrado é de 8,21%, inferior à soma dos modelos isolados.

Analizando as reduções de consumo dos três controles integrados em relação ao Modelo Base, os resultados variam de 5,03% (zona 7) a 19,68% (zona 1), e para o modelo ASHRAE os resultados variam de 3,22% (zona 7) a 8,21% (zona 1). Os ganhos são maiores para as zonas bioclimáticas 1 e 2 e 3, em função dessas zonas apresentarem ganhos com o controle da temperatura de insuflação, o que não ocorre para as demais.

Vale destacar que o controle que leva em consideração as temperaturas externas proposto pela ASHRAE apresenta melhores resultados que o modelo do PROCEL, e que o modelo proposto neste trabalho, ao considerar também a variação da carga térmica traz ganhos adicionais ao modelo utilizado atualmente como referência do mercado, demonstrando a importância de se fazer um controle mais preciso para cada condição climática não só em função das condições externas mas também da carga térmica da edificação.

Como já discutido no presente trabalho, as condições externas representam apenas uma das variáveis que afetam o sistema, e ao considerarmos também a carga térmica permite ao sistema ter uma resposta mais precisa para cada momento de operação levando-se em consideração as curvas de operação dos equipamentos.

Um último aspecto importante a destacar em relação aos resultados obtidos é que a sua implementação tem um custo basicamente desprezível em termos de retorno de investimento, pois basicamente envolvem o custo homem-hora para reprogramação das lógicas de controle dos sistemas já existentes, e eventualmente uma readequação/reposicionamento de alguns sensores e controles.

Como recomendação para trabalhos futuros sugere-se analisar como a alteração dos componentes da central de água gelada (*chillers* com maiores COP, circuitos primários de água gelada com vazão variável, ventiladores das torres de arrefecimento com velocidade variável, ou ainda *fan-coil* com maiores eficiência) alteraria os ganhos obtidos neste trabalho.

Outra recomendação seria analisar os ganhos que seriam obtidos por diferentes tipos de sistemas, como por exemplo, sistemas com insuflação pelo piso, ou sistemas com condensação a ar, e outros.

Uma terceira sugestão seria analisar se/como outros parâmetros da automação, como por exemplo a alteração do termostato da zona ou a alterações na vazão de ar exterior, podem proporcionar reduções adicionais ao modelo proposto neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHN, B.C.; MITCHELL, J.W. **Optimal control development for chilled water plants using a quadratic representation**, Energy and Building, vol. 33, pp. 371-378, 2001.
- AIR-CONDITIONING, HEATING AND REFRIGERATION INSTITUTE. **Standard 550/590: Performance Rating Of Water-Chilling Packages Using The Vapor Compression Cycle**, USA, 2003.
- ALBIERI, M.; BEGHI, A.; BODO, C.; CECCHINATO, L. **Advanced control for single compressor chiller units**, International Journal of Refrigeration, vol. 32, pp. 1068-1076, 2009.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **Standard 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**, Atlanta, 2017.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **Standard 62.1: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality**, Atlanta, 2007.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **Standard 90.1: Energy Standard for Building Except Low-Rise Residential Building**, Atlanta, 2010.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **User's Manual Standard 90.1: Energy Standard for Building Except Low-Rise Residential Building**, Atlanta, 2007.
- ARGÜELLO-SERRANO, B.; VÉLEZ-REYES, M. **Nonlinear Control of a Heating, Ventilation, and Air Conditioning System with Thermal Load Estimation**, IEEE Transaction on Control Systems Technology, vol. 7, pp. 56-63, 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social**, Rio de Janeiro, Setembro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401: Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 1: Projeto das Instalações**, Rio de Janeiro, Agosto, 2008a.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401**: Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 3: Qualidade do ar interior, Rio de Janeiro, Agosto, 2008b.
- BRASIL. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n.176, 24 de Outubro de 2000. Aprova: **Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior, em Ambientes climatizados**, outubro 2000. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/scriptsweb/anvisalegis/VisualizaDocumento.asp?ID=136&Versao=1>>. Acesso em: 21 de julho 2018.
- BRAUN, J.E. **Methodologies for design and control of central cooling plant**.1998. 225 p Dissertação (Doutorado) – Department of Mechanical Engineering, University of Wisconsin, Madison, 1988.
- BRAUN, J.E.; DIDERRICH, G.T. **Near-optimal control of cooling towers for chilled-water system**, ASHRAE Transaction, vol. 96(2), pp. 806-816, 1990.
- DOE - UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY. **EnergyPlus Version 8.1 Documentation – Application Guide for EMS**. Disponível em <https://energyplus.net/documentation>), Washington, Novembro, 2013a.
- DOE - UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY. **EnergyPlus Version 8.1 Documentation – Engineering Reference**. Disponível em <https://energyplus.net/documentation>), Washington, Outubro, 2013b.
- DOE - UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY. **EnergyPlus Simulation Software Version 8.1** (obtido do site <https://energyplus.net/downloads>), Washington, 2015.
- DOE - UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY. **EnergyPlus – Weather Data by Region** (obtido do site <https://energyplus.net/weather>), Washington, 2018.
- ELETROBRAS. **Manual para Aplicação do RTQ-C – Comercial, de Serviço e Público – Versão 3** (obtido do site <http://www.procelinfo.com.br>), Rio de Janeiro, ELETROBRAS, PROCEL, 2013.
- ELETROBRAS. **Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso, ano base 2005: classe Residencial Relatório Brasil - Sumário Executivo** (obtido do site <http://www.procelinfo.com.br>), Rio de Janeiro, ELETROBRAS, PROCEL, 2009.
- GIACOMELLI BLOG. **Zoneamento bioclimático brasileiro**. Disponível em: <http://blog.giacomelli.com.br/2012/05/30/arquitetura-bioclimatica-zona-bioclimatica/zona_bio/>. Acesso em: 15 de maio 2018.

- GRUDER, M.; TRÜSCHEL, A.; DALENBÄCK, J.O. **Alternative strategies for supply air temperature control in office building**, Energy and Building, vol. 82, pp. 406-415, 2014.
- KE, Y.P.; MUMMA, S.A. **Optimized supply-air temperature (SAT) in variable-air-volume (VAV) system**, Energy, vol. 22, No. 6, pp. 601-614, 1997.
- LEE, K.P.; CHENG T.A. **A simulation-optimization approach for energy efficiency of chilled water system**, Energy and Building, vol. 54, pp. 290-296, 2012.
- LI, N.; YANG, Z.; BECERIK-GERBER, B.; TANG, C.; CHEN, N. **Why is the reliability of building simulation limited as a tool for evaluating energy conservation measures?**, Applied Energy, col. 159, pp. 196-205, 2015.
- LI, X.; LI, Y.; SEEM, J.E.; LI, P. **Dynamic modeling and self-optimizing operation of chilled water system using extremum seeking control**, Energy and Building, vol. 58, pp. 172-182, 2013.
- LIU, C.W.; CHUAH, Y.K. **A study on an optimal approach temperature control strategy of condensing water temperature for energy saving**, International Journal of Refrigeration, vol. 34, pp. 816-823, 2011.
- MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanço energético nacional – ano base 2015** (obtido do site <https://ben.epe.gov.br/>), 2016.
- MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Ar condicionado – Guia prático sobre sistemas de água gelada**, Brasília, 2017.
- PARAMESHWARAN, R.; KARUNAKARAN, R.; INIYAN, S.; SAMUEL, A.A. **Optimization of energy conservation potential for VAV air conditioning system using fuzzy based genetic algorithm**, International Journal of Mechanical, Aerospace, Mechatronic and Manufacturing Engineering, vol. 2, No:1, 2008.
- RORIZ, M. **Arquivos Climáticos de Municípios Brasileiros**, 2012. Disponível em: <http://roriz.dominiotemporario.com/doc/Sobre_os_arquivos_EPW.pdf>. Acesso em: 21 de julho 2018.
- VAKILOROAYA, V.; SAMALI, B.; FAKHAR, A.; PISHGHADAM, K. **A review of different strategies for HVAC energy saving**, Energy Conservation and Management, vol. 77, pp. 738-754, 2014.
- WANG, G.; SONG, L. **Air handling unit supply air temperature optimal control during economizer cycles**, Energy and Building, vol. 49, pp. 310-316, 2012.

- WIECZOREK, G. **Sucesso comercial de edificios e automação estão cada vez mais interligados.** ABRAVA. Disponível em: < <http://abrava.com.br/?p=2380>>. Acesso em: 14 de setembro 2018.
- YU, F.W.; CHAN, K.T. Optimization of water-cooled chiller system with load-based speed control, *Applied Energy*, vol. 85, pp. 931-950, 2008.

ANEXO A

ARQUIVO DE SIMULAÇÃO

Neste anexo se encontra o arquivo de simulação, onde cada objeto do Energyplus possui as informações separadas por vírgulas, o que permite a sua exportação para o programa em questão. Recomenda-se copiar o arquivo a seguir primeiramente no formato .txt (Edit – Text Editor) e posteriormente abri-lo no formato .idf (Edit – IDF Editor).

O arquivo de simulação em anexo a seguir é referente ao Modelo-Base da zona bioclimática 3 (cidade de São Paulo). As partes em vermelho são comentários, que possuem os objetos para outras zonas bioclimáticas (de 1 a 8) ou explicam qual controle das temperaturas está sendo utilizado, o que deve ser alterado quando se quer simular outro modelo. Ao todo são 4 modelos de referência (Modelo-Base, Modelo ASHRAE-TAG, Modelo ASHRAE-TAC e Modelo ASHRAE), 3 modelos de controle isolados (Modelo ótimo-TAG, Modelo ótimo-TAI e Modelo ótimo-TAC), mais 3 modelos de controles com integração dupla (Modelo ótimo-TAI+TAG, Modelo ótimo-TAC+TAI e Modelo ótimo-TAC+TAG), e um modelo totalmente integrado (Modelo ótimo-integrado). Portanto são 11 modelos diferentes para cada zona bioclimática, o que resulta em 88 modelos diferentes.

```
Version,8.1;
SimulationControl,Yes,Yes,Yes,Yes,Yes;
Building,,0,City,0.04,0.4,MinimalShadowing,50,;
ShadowCalculation,AverageOverDaysInFrequency,20,15000,;;
SurfaceConvectionAlgorithm:Inside,Simple;
SurfaceConvectionAlgorithm:Outside,DOE-2;
HeatBalanceAlgorithm,ConductionTransferFunction,200,;;
ZoneAirHeatBalanceAlgorithm,ThirdOrderBackwardDifference;
ZoneAirContaminantBalance,No,;;;
Timestep,6;
ConvergenceLimits,,20,;;
```

!-Site:Location,CURITIBA,-25.52,-49.17,-3.0,908;

!-Localizacao para Zona Bioclimática 1

!-Site:Location,SANTA MARIA,-29.68,-53.81,-3.0,95; !-Localizacao para Zona Bioclimática 2

Site:Location,SAO PAULO,-23.62,-46.65,-3.0,802; !-Localizacao para Zona Bioclimática 3

!-Site:Location,BRASILIA,-15.78,-47.93,-3,1160; !-Localizacao para Zona Bioclimática 4

!-Site:Location,MACAE,-22.37,-41.79,-3.0,32; !-Localizacao para Zona Bioclimática 5

!-Site:Location,GOIANIA,-15.37,-48.78,-3.0,770; !-Localizacao para Zona Bioclimática 6

!-Site:Location,TERESINA,-5.09,-42.8,-3.0,74; !-Localizacao para Zona Bioclimática 7

!-Site:Location,RIO DE JANEIRO,-22.86,-43.41,-3.0,45; !-Localizacao para Zona Bioclimática 8

!-SizingPeriod:DesignDay,CURITIBA Ann Clg 1% Condns
DB=>MWB,1,21,SummerDesignDay,29.8,9.5,,,Wetbulb,20.2,,,,,90880,2.9,300,No,No,No,ASHRAEClear
Sky,,,,,1.00; !-Para Zona Bioclimática 1

!-SizingPeriod:DesignDay,CURITIBA Ann Clg 1% Condns
WB=>MWB,1,21,SummerDesignDay,26.2,9.5,,,Wetbulb,22.6,,,,,90880,2.9,300,No,No,No,ASHRAEClea
rSky,,,,,1.00; !-Para Zona Bioclimática 1

!-SizingPeriod:DesignDay,CURITIBA Ann Htg 99.6% Condns
DB,7,21,WinterDesignDay,2.4,0.0,,,DewPoint,-
1.2,,,,,90880,2.3,180,No,No,No,ASHRAEClearSky,,,,,0.00; !-Para Zona Bioclimática 1

!-SizingPeriod:DesignDay,SANTA MARIA Ann Clg 1% Condns
DB=>MWB,2,21,SummerDesignDay,32.9,9.37,,,Wetbulb,22,,,,,100188,2.9,300,No,No,No,ASHRAEClea
rSky,,,,,1.00; !-Para Zona Bioclimática 2

!-SizingPeriod:DesignDay,SANTA MARIA Ann Clg 1% Condns
WB=>MWB,2,21,SummerDesignDay,27.8,9.37,,,Wetbulb,24.55,,,,,100188,2.9,300,No,No,No,ASHRAE
ClearSky,,,,,1.00; !-Para Zona Bioclimática 2

!-SizingPeriod:DesignDay,SANTA MARIA Ann Htg 99.6% Condns
DB,7,21,WinterDesignDay,3.3,0.0,,,WetBulb,3.1,,,,,100188,2.3,180,No,No,No,ASHRAEClearSky,,,,,0.00
; !-Para Zona Bioclimática 2

SizingPeriod:DesignDay,SAO PAULO Ann Clg 1% Condns
DB=>MWB,2,21,SummerDesignDay,31.8,3,,,Wetbulb,20.4,,,,,92043,2.9,300,No,No,No,ASHRAEClearS
ky,,,,,1.00; !-Para Zona Bioclimática 3

SizingPeriod:DesignDay,SAO PAULO Ann Clg 1% Condns
WB=>MWB,2,21,SummerDesignDay,27.1,8.3,,,Wetbulb,22.6,,,,,92043,2.9,300,No,No,No,ASHRAEClea
rSky,,,,,1.00; !-Para Zona Bioclimática 3

SizingPeriod:DesignDay,SAO PAULO Ann Htg 99.6% Condns
DB,7,21,WinterDesignDay,8.8,0.0,,,DewPoint,3.9,,,,,92043,2.3,180,No,No,No,ASHRAEClearSky,,,,,0.00
; !-Para Zona Bioclimática 3

!-SizingPeriod:DesignDay,BRASILIA Ann Clg 1% Condns
DB=>MWB,10,21,SummerDesignDay,31.1,11.3,,,Wetbulb,18.3,,,,,89210,2.9,300,No,No,No,ASHRAECI
earSky,,,,,1.00; !-Para Zona Bioclimática 4

!-SizingPeriod:DesignDay,BRASILIA Ann Clg 1% Condns
WB=>MWB,10,21,SummerDesignDay,26.4,11.3,,,Wetbulb,26.4,,,,,89210,2.9,300,No,No,No,ASHRAECI
earSky,,,,,1.00; !-Para Zona Bioclimática 4

!-SizingPeriod:DesignDay,BRASILIA Ann Htg 99.6% Condns
DB,6,21,WinterDesignDay,9.8,0.0,,,DewPoint,3,,,,,89210,2.3,180,No,No,No,ASHRAEClearSky,,,,,0.00;
!-Para Zona Bioclimática 4

!-SizingPeriod:DesignDay,MACAE Ann Clg 1% Condns
 DB=>MWB,2,21,SummerDesignDay,33.4,8.21,,,Wetbulb,23.74,,,,,100941,2.9,300,No,No,No,ASHRAEClearSky,,,,,1.00;
 !-Para Zona Bioclimática 5

!-SizingPeriod:DesignDay,MACAE Ann Clg 1% Condns
 WB=>MWB,2,21,SummerDesignDay,26.3,8.21,,,Wetbulb,24.98,,,,,100941,2.9,300,No,No,No,ASHRAEClearSky,,,,,1.00;
 !-Para Zona Bioclimática 5

!-SizingPeriod:DesignDay,MACAE Ann Htg 99.6% Condns
 DB,7,21,WinterDesignDay,14.6,0.0,,,WetBulb,13.96,,,,,100941,2.3,180,No,No,No,ASHRAEClearSky,,,,,0.00;
 !-Para Zona Bioclimática 5

!-SizingPeriod:DesignDay,GOIANIA Ann Clg 1% Condns
 DB=>MWB,10,21,SummerDesignDay,34,11.7,,,Wetbulb,20.7,,,,,92670,2.9,300,No,No,No,ASHRAEClearSky,,,,,1.00;
 !-Para Zona Bioclimática 6

!-SizingPeriod:DesignDay,GOIANIA Ann Clg 1% Condns
 WB=>MWB,10,21,SummerDesignDay,29.4,11.7,,,Wetbulb,24.1,,,,,92670,2.9,300,No,No,No,ASHRAEClearSky,,,,,1.00;
 !-Para Zona Bioclimática 6

!-SizingPeriod:DesignDay,GOIANIA Ann Htg 99.6% Condns
 DB,6,21,WinterDesignDay,11.9,0.0,,,DewPoint,4.7,,,,,92670,2.3,180,No,No,No,ASHRAEClearSky,,,,,0.00;
 !-Para Zona Bioclimática 6

!-SizingPeriod:DesignDay,TERESINA Ann Clg 1% Condns
 DB=>MWB,10,21,SummerDesignDay,37.2,12.2,,,Wetbulb,24.6,,,,,100500,2.9,300,No,No,No,ASHRAEClearSky,,,,,1.00;
 !-Para Zona Bioclimática 7

!-SizingPeriod:DesignDay,TERESINA Ann Clg 1% Condns
 WB=>MWB,10,21,SummerDesignDay,32.7,12.2,,,Wetbulb,26.9,,,,,100500,2.9,300,No,No,No,ASHRAEClearSky,,,,,1.00;
 !-Para Zona Bioclimática 7

!-SizingPeriod:DesignDay,TERESINA Ann Htg 99.6% Condns
 DB,3,21,WinterDesignDay,21.8,0.0,,,DewPoint,15.2,,,,,100500,2.3,180,No,No,No,ASHRAEClearSky,,,,,0.00;
 !-Para Zona Bioclimática 7

!-SizingPeriod:DesignDay,RIO DE JANEIRO Ann Clg 1% Condns
 DB=>MWB,2,21,SummerDesignDay,32.7,6.1,,,Wetbulb,25,,,,,101250,2.9,300,No,No,No,ASHRAEClearSky,,,,,1.00;
 !-Para Zona Bioclimática 8

!-SizingPeriod:DesignDay,RIO DE JANEIRO Ann Clg 1% Condns
 WB=>MWB,2,21,SummerDesignDay,30.3,6.1,,,Wetbulb,26.2,,,,,101250,2.9,300,No,No,No,ASHRAEClearSky,,,,,1.00;
 !-Para Zona Bioclimática 8

!-SizingPeriod:DesignDay,RIO DE JANEIRO Ann Htg 99.6% Condns
 DB,7,21,WinterDesignDay,16.1,0.0,,,DewPoint,11.8,,,,,101250,2.3,180,No,No,No,ASHRAEClearSky,,,,,0.00;
 !-Para Zona Bioclimática 8

RunPeriod,Anual,1,1,12,31,Monday,No,No,No,No,No,1,,;

Site:GroundTemperature:BuildingSurface,22.75,23.92,24.21,23.89,22.22,20.38,18.68,17.47,17.16,17.78,19.22,21.01;

ScheduleTypeLimits,AnyNumber,,,,;ScheduleTypeLimits,Fracao,0.0,1.0,Continuous,;

ScheduleTypeLimits,Temperature,-60,200,Continuous,;ScheduleTypeLimits,On-Off,0,1,Discrete,;ScheduleTypeLimits,HVACTemplate Any Number,,,,;

Schedule:Day:Hourly,sch_ocup_util,Fracao,0,0,0,0,0,0,0.1,0.2,0.95,0.95,0.95,0.95,0.5,0.95,0.95,0.95,0.95,0.3,0.1,0.1,0.1,0.1,0,0;Schedule:Day:Hourly,sch_ocup_sab,Fracao,0,0,0,0,0,0,0.1,0.1,0.3,0.3,0.3,

TSaidaaguagelada,AnyNumber,Through: 12/31,For: AllDays,Until:

24:00,6.7,,,,,,,,,,,,,;Schedule:Compact,HVACTemplate T insuflamento,AnyNumber,Through:

12/31,For: AllDays,Until: 24:00,12.8,,,,,,,,,,,,,;Schedule:Compact,HVACTemplate

Tcondensacao,AnyNumber,Through: 12/31,For: AllDays,Until: 14:02,29.4,Until: 15:02,30.2,Until:

24:00,29.4,,,,,,,,,,,,,;

Material,Placa de gesso (15 mm),MediumSmooth,0.015,0.35,875,840,0.9,0.5,0.5;Material,Placa de piso elevado,MediumRough,0.03,0.5,1000,1000,0.9,0.5,0.5;Material,Roof U

0.36,Rough,0.25,0.0947,2200,1000,0.9,0.5,0.5;Material,Wall U

0.705,Rough,0.25,0.197,2200,1000,0.9,0.5,0.5;Material,Floor U

1.986,Rough,0.2,0.7678,2200,1000,0.9,0.5,0.5;Material,Wall U

0.479,Rough,0.25,0.177,2200,1000,0.9,0.5,0.5;Material,Roof U

0.273,Rough,0.25,0.071,2200,1000,0.9,0.5,0.5;

Material:NoMass,isolante virtual,Rough,0.05,0.9,0.5,0.5;Material:NoMass,isolante

50mm,Rough,1.111,0.9,0.5,0.5;

WindowMaterial:SimpleGlazingSystem,LAM_AG43,5.16,0.35,0.39;WindowMaterial:SimpleGlazingSystem,INS_AG43,1.7,0.3,0.41;WindowMaterial:SimpleGlazingSystem,NEUTRAL14,5.16,0.29,0.41;WindowMaterial:SimpleGlazingSystem,Vidro U 6.81 e SHGC

25,6.9,0.249,0.15;WindowMaterial:SimpleGlazingSystem,Vidro U 3.98 e SHGC

25,3.976,0.245,0.15;WindowMaterial:SimpleGlazingSystem,Vidro U 3.41 e SHGC 25,3.406,0.245,0.15;

Construction,Forro_00,Placa de gesso (15 mm),,,,,,,,,;Construction,Parede-Virtual,isolante

virtual,,,,,,,,;Construction,Parede-Interna_00,Placa de gesso (15 mm),isolante 50mm,Placa de gesso

(15 mm),,,,,,,,,;Construction,Piso-Elevado,Placa de piso elevado,isolante 50mm,Placa de gesso (15

mm),,,,,,,,,;Construction,Cobertura_00,Roof U 0.273,,,,,,,,;Construction,Parede-Externa_00,Wall U

0.705,,,,,,,,;Construction,Piso-Laje_00,Floor U 1.986,,,,,,,,;Construction,Janela,Vidro U 3.98 e SHGC

25,,,,,,,,;

GlobalGeometryRules,UpperLeftCorner,Counterclockwise,Relative,,;

Zone,Ptipo_Zn01_GN05,0,0,0,39.2,,10,,,autocalculate,,,;Zone,Ptipo_Zn02_GN05,0,0,0,39.2,,10,,,autocalculate,,,;Zone,Ptipo_Zn03_GC09,0,0,0,39.2,,10,,,autocalculate,,,;Zone,Ptipo_Zn04_GC18,0,0,0,39.2

,,10,,,autocalculate,,,;Zone,Ptipo_Zn05_GC18,0,0,0,39.2,,10,,,autocalculate,,,;Zone,Ptipo_Zn06_GC18

,0,0,0,39.2,,10,,,autocalculate,,,;Zone,Ptipo_Zn07_GC18,0,0,0,39.2,,10,,,autocalculate,,,;Zone,Ptipo_Z

n08_GC18,0,0,0,39.2,,10,,,autocalculate,,,;Zone,Ptipo_Zn09_GC18,0,0,0,39.2,,10,,,autocalculate,,,;Zo

ne,Ptipo_Zn10_GC18,0,0,0,39.2,,10,,,autocalculate,,,;Zone,Ptipo_Zn11_GC18,0,0,0,39.2,,10,,,autocalc

ulate,,,;Zone,PL_Ptipo_Zn01_GN05,0,0,0,42,,10,,,autocalculate,,,No;Zone,PL_Ptipo_Zn02_GN05,0,0,0

,42,,10,,,autocalculate,,,No;Zone,PL_Ptipo_Zn03_GC09,0,0,0,42,,10,,,autocalculate,,,No;Zone,PL_Ptip

o_Zn04_GC18,0,0,0,42,,10,,,autocalculate,,,No;Zone,PL_Ptipo_Zn05_GC18,0,0,0,42,,10,,,autocalculat

e,,,No;Zone,PL_Ptipo_Zn06_GC18,0,0,0,42,,10,,,autocalculate,,,No;Zone,PL_Ptipo_Zn07_GC18,0,0,0,4

2,,10,,,autocalculate,,,No;Zone,PL_Ptipo_Zn08_GC18,0,0,0,42,,10,,,autocalculate,,,No;Zone,PL_Ptipo

_Zn09_GC18,0,0,0,42,,10,,,autocalculate,,,No;Zone,PL_Ptipo_Zn10_GC18,0,0,0,42,,10,,,autocalculate,

,,No;Zone,PL_Ptipo_Zn11_GC18,0,0,0,42,,10,,,autocalculate,,,No;

BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn01_Cobe,Ceiling,Forro_00,Ptipo_Zn01_GN05,Surface,PL_Ptipo_Zn01_Piso,NoSun,NoWind,0,4,9.65,25.35,2.8,9.65,19.55,2.8,25.35,19.55,2.8,25.35,25.35,2.8,,;BuildingSu

rface:Detailed,Ptipo_Zn02_Cobe,Ceiling,Forro_00,Ptipo_Zn02_GN05,Surface,PL_Ptipo_Zn02_Piso,No

Sun,NoWind,0,4,9.65,15.45,2.8,9.65,9.65,2.8,25.35,9.65,2.8,25.35,15.45,2.8,,;BuildingSurface:Detaile

d,Ptipo_Zn03_Cobe,Ceiling,Forro_00,Ptipo_Zn03_GC09,Surface,PL_Ptipo_Zn03_Piso,NoSun,NoWind,

0,4,9.65,19.55,2.8,9.65,15.45,2.8,25.35,15.45,2.8,25.35,19.55,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn

04_Cobe,Ceiling,Forro_00,Ptipo_Zn04_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn04_Piso,NoSun,NoWind,0,6,5,30,2.

8,5,5,2.8,9.65,9.65,2.8,9.65,15.45,2.8,9.65,19.55,2.8,9.65,25.35,2.8,,,,,,,,,,,,,;BuildingSurface:Detaile

d,Ptipo_Zn05_Cobe,Ceiling,Forro_00,Ptipo_Zn05_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn05_Piso,NoSun,NoWind,

0,4,5,30,2.8,9.65,25.35,2.8,25.35,25.35,2.8,30,30,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn06_Cobe,Cei

ling,Forro_00,Ptipo_Zn06_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn06_Piso,NoSun,NoWind,0,6,25.35,25.35,2.8,25.35,19.55,2.8,25.35,15.45,2.8,25.35,9.65,2.8,30,5,2.8,30,30,2.8,,,,,,,,,,,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn07_Cobe,Ceiling,Forro_00,Ptipo_Zn07_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn07_Piso,NoSun,NoWind,0,4,5,5,2.8,30,5,2.8,25.35,9.65,2.8,9.65,9.65,2.8,,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn08_Cobe,Ceiling,Forro_00,Ptipo_Zn08_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn08_Piso,NoSun,NoWind,0,4,0,35,2.8,0,0,2.8,5,5,2.8,5,30,2.8,,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn09_Cobe,Ceiling,Forro_00,Ptipo_Zn09_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn09_Piso,NoSun,NoWind,0,4,0,35,2.8,5,30,2.8,30,30,2.8,35,35,2.8,,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn10_Cobe,Ceiling,Forro_00,Ptipo_Zn10_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn10_Piso,NoSun,NoWind,0,4,30,30,2.8,30,5,2.8,35,0,2.8,35,35,2.8,,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn11_Cobe,Ceiling,Forro_00,Ptipo_Zn11_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn11_Piso,NoSun,NoWind,0,4,5,5,2.8,0,0,2.8,35,0,2.8,30,5,2.8,,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn01_Piso,Floor,Piso-Laje_00,Ptipo_Zn01_GN05,Surface,Ptipo_Zn01_Piso,NoSun,NoWind,0,4,9.65,25.35,0,25.35,25.35,0,25.35,19.55,0,9.65,19.55,0,,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn02_Piso,Floor,Piso-Laje_00,Ptipo_Zn02_GN05,Surface,Ptipo_Zn02_Piso,NoSun,NoWind,0,4,9.65,15.45,0,25.35,15.45,0,25.35,9.65,0,9.65,9.65,0,,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn03_Piso,Floor,Piso-Laje_00,Ptipo_Zn03_GC09,Surface,Ptipo_Zn03_Piso,NoSun,NoWind,0,4,9.65,19.55,0,25.35,19.55,0,25.35,15.45,0,9.65,15.45,0,,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn04_Piso,Floor,Piso-Laje_00,Ptipo_Zn04_GC18,Surface,Ptipo_Zn04_Piso,NoSun,NoWind,0,6,9.65,25.35,0,9.65,19.55,0,9.65,15.45,0,9.65,9.65,0,5,5,0,5,30,0,,,,,,,,,,,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn05_Piso,Floor,Piso-Laje_00,Ptipo_Zn05_GC18,Surface,Ptipo_Zn05_Piso,NoSun,NoWind,0,4,30,30,0,25.35,25.35,0,9.65,25.35,0,5,30,0,,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn06_Piso,Floor,Piso-Laje_00,Ptipo_Zn06_GC18,Surface,Ptipo_Zn06_Piso,NoSun,NoWind,0,6,30,30,0,30,5,0,25.35,9.65,0,25.35,15.45,0,25.35,19.55,0,25.35,25.35,0,,,,,,,,,,,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn07_Piso,Floor,Piso-Laje_00,Ptipo_Zn07_GC18,Surface,Ptipo_Zn07_Piso,NoSun,NoWind,0,4,9.65,9.65,0,25.35,9.65,0,30,5,0,5,5,0,,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn08_Piso,Floor,Piso-Laje_00,Ptipo_Zn08_GC18,Surface,Ptipo_Zn08_Piso,NoSun,NoWind,0,4,5,30,0,5,5,0,0,0,0,35,0,,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn09_Piso,Floor,Piso-Laje_00,Ptipo_Zn09_GC18,Surface,Ptipo_Zn09_Piso,NoSun,NoWind,0,4,35,35,0,30,30,0,5,30,0,0,35,0,,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn10_Piso,Floor,Piso-Laje_00,Ptipo_Zn10_GC18,Surface,Ptipo_Zn10_Piso,NoSun,NoWind,0,4,35,35,0,35,0,0,30,5,0,30,30,0,,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn11_Piso,Floor,Piso-Laje_00,Ptipo_Zn11_GC18,Surface,Ptipo_Zn11_Piso,NoSun,NoWind,0,4,30,5,0,35,0,0,0,0,5,5,0,,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn01_Par01,Wall,Parede-Interna_00,Ptipo_Zn01_GN05,Surface,Ptipo_Zn03_Par03,NoSun,NoWind,0,4,9.65,19.55,2.8,9.65,19.55,0,25.35,19.55,0,25.35,19.55,2.8,,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn01_Par02,Wall,Parede-Interna_00,Ptipo_Zn01_GN05,Surface,Ptipo_Zn06_Par01,NoSun,NoWind,0,4,25.35,19.55,2.8,25.35,19.55,0,25.35,25.35,0,25.35,25.35,2.8,,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn01_Par03,Wall,Parede-Interna_00,Ptipo_Zn01_GN05,Surface,Ptipo_Zn05_Par02,NoSun,NoWind,0,4,25.35,25.35,2.8,25.35,25.35,0,9.65,25.35,0,9.65,25.35,2.8,,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn01_Par04,Wall,Parede-Interna_00,Ptipo_Zn01_GN05,Surface,Ptipo_Zn04_Par05,NoSun,NoWind,0,4,9.65,25.35,2.8,9.65,25.35,0,9.65,19.55,0,9.65,19.55,2.8,,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn02_Par01,Wall,Parede-Interna_00,Ptipo_Zn02_GN05,Surface,Ptipo_Zn07_Par03,NoSun,NoWind,0,4,9.65,9.65,2.8,9.65,9.65,0,25.35,9.65,0,25.35,9.65,2.8,,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn02_Par02,Wall,Parede-Interna_00,Ptipo_Zn02_GN05,Surface,Ptipo_Zn06_Par03,NoSun,NoWind,0,4,25.35,9.65,2.8,25.35,9.65,0,25.35,15.45,0,25.35,15.45,2.8,,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn02_Par03,Wall,Parede-Interna_00,Ptipo_Zn02_GN05,Surface,Ptipo_Zn03_Par01,NoSun,NoWind,0,4,25.35,15.45,2.8,25.35,15.45,0,9.65,15.45,0,9.65,15.45,2.8,,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn02_Par04,Wall,Parede-Interna_00,Ptipo_Zn02_GN05,Surface,Ptipo_Zn04_Par03,NoSun,NoWind,0,4,9.65,15.45,2.8,9.65,15.45,0,9.65,9.65,0,9.65,9.65,2.8,,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn03_Par01,Wall,Parede-Interna_00,Ptipo_Zn03_GC09,Surface,Ptipo_Zn02_Par03,NoSun,NoWind,0,4,9.65,15.45,2.8,9.65,15.45,0,25.35,15.45,0,25.35,15.45,2.8,,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn03_Par02,Wall,Parede-

Interna_00,Ptipo_Zn03_GC09,Surface,Ptipo_Zn06_Par02,NoSun,NoWind,0,4,25.35,15.45,2.8,25.35,1
 5.45,0,25.35,19.55,0,25.35,19.55,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn03_Par03,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn03_GC09,Surface,Ptipo_Zn01_Par01,NoSun,NoWind,0,4,25.35,19.55,2.8,25.35,1
 9.55,0,9.65,19.55,0,9.65,19.55,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn03_Par04,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn03_GC09,Surface,Ptipo_Zn04_Par04,NoSun,NoWind,0,4,9.65,19.55,2.8,9.65,19.5
 5,0,9.65,15.45,0,9.65,15.45,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn04_Par01,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn04_GC18,Surface,Ptipo_Zn08_Par03,NoSun,NoWind,0,4,5,30,2.8,5,30,0,5,5,0,5,5
 ,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn04_Par02,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn04_GC18,Surface,Ptipo_Zn07_Par04,NoSun,NoWind,0,4,5,5,2.8,5,5,0,9.65,9.65,0
 ,9.65,9.65,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn04_Par03,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn04_GC18,Surface,Ptipo_Zn02_Par03,NoSun,NoWind,0,4,9.65,9.65,2.8,9.65,9.65,
 0,9.65,15.45,0,9.65,15.45,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn04_Par04,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn04_GC18,Surface,Ptipo_Zn03_Par04,NoSun,NoWind,0,4,9.65,15.45,2.8,9.65,15.4
 5,0,9.65,19.55,0,9.65,19.55,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn04_Par05,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn04_GC18,Surface,Ptipo_Zn01_Par04,NoSun,NoWind,0,4,9.65,19.55,2.8,9.65,19.5
 5,0,9.65,25.35,0,9.65,25.35,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn04_Par06,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn04_GC18,Surface,Ptipo_Zn05_Par01,NoSun,NoWind,0,4,9.65,25.35,2.8,9.65,25.3
 5,0,5,30,0,5,30,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn05_Par01,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn05_GC18,Surface,Ptipo_Zn04_Par06,NoSun,NoWind,0,4,5,30,2.8,5,30,0,9.65,25.
 35,0,9.65,25.35,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn05_Par02,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn05_GC18,Surface,Ptipo_Zn01_Par03,NoSun,NoWind,0,4,9.65,25.35,2.8,9.65,25.3
 5,0,25.35,25.35,0,25.35,25.35,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn05_Par03,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn05_GC18,Surface,Ptipo_Zn06_Par06,NoSun,NoWind,0,4,25.35,25.35,2.8,25.35,2
 5.35,0,30,30,0,30,30,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn05_Par04,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn05_GC18,Surface,Ptipo_Zn09_Par02,NoSun,NoWind,0,4,30,30,2.8,30,30,0,5,30,0
 ,5,30,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn06_Par01,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn06_GC18,Surface,Ptipo_Zn01_Par02,NoSun,NoWind,0,4,25.35,25.35,2.8,25.35,2
 5.35,0,25.35,19.55,0,25.35,19.55,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn06_Par02,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn06_GC18,Surface,Ptipo_Zn03_Par02,NoSun,NoWind,0,4,25.35,19.55,2.8,25.35,1
 9.55,0,25.35,15.45,0,25.35,15.45,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn06_Par03,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn06_GC18,Surface,Ptipo_Zn02_Par03,NoSun,NoWind,0,4,25.35,15.45,2.8,25.35,1
 5.45,0,25.35,9.65,0,25.35,9.65,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn06_Par04,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn06_GC18,Surface,Ptipo_Zn07_Par02,NoSun,NoWind,0,4,25.35,9.65,2.8,25.35,9.6
 5,0,30,5,0,30,5,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn06_Par05,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn06_GC18,Surface,Ptipo_Zn10_Par01,NoSun,NoWind,0,4,30,5,2.8,30,5,0,30,30,0,
 30,30,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn06_Par06,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn06_GC18,Surface,Ptipo_Zn05_Par03,NoSun,NoWind,0,4,30,30,2.8,30,30,0,25.35,
 25.35,0,25.35,25.35,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn07_Par01,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn07_GC18,Surface,Ptipo_Zn11_Par04,NoSun,NoWind,0,4,5,5,2.8,5,5,0,30,5,0,30,5
 ,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn07_Par02,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn07_GC18,Surface,Ptipo_Zn06_Par04,NoSun,NoWind,0,4,30,5,2.8,30,5,0,25.35,9.
 65,0,25.35,9.65,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn07_Par03,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn07_GC18,Surface,Ptipo_Zn02_Par01,NoSun,NoWind,0,4,25.35,9.65,2.8,25.35,9.6
 5,0,9.65,9.65,0,9.65,9.65,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn07_Par04,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn07_GC18,Surface,Ptipo_Zn04_Par02,NoSun,NoWind,0,4,9.65,9.65,2.8,9.65,9.65,
 0,5,5,0,5,5,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn08_Par01,Wall,Parede-
 Externa_00,Ptipo_Zn08_GC18,Outdoors,,SunExposed,WindExposed,0,4,0,35,2.8,0,35,0,0,0,0,0,2.8,,
 ;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn08_Par02,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn08_GC18,Surface,Ptipo_Zn11_Par01,NoSun,NoWind,0,4,0,0,2.8,0,0,5,5,0,5,5,2.
 8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn08_Par03,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn08_GC18,Surface,Ptipo_Zn04_Par01,NoSun,NoWind,0,4,5,5,2.8,5,5,0,5,30,0,5,30
 ,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn08_Par04,Wall,Parede-

Interna_00,Ptipo_Zn08_GC18,Surface,Ptipo_Zn09_Par01,NoSun,NoWind,0,4,5,30,2.8,5,30,0,0,35,0,0,35,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn09_Par01,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn09_GC18,Surface,Ptipo_Zn08_Par04,NoSun,NoWind,0,4,0,35,2.8,0,35,0,5,30,0,5,30,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn09_Par02,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn09_GC18,Surface,Ptipo_Zn05_Par04,NoSun,NoWind,0,4,5,30,2.8,5,30,0,30,30,0,30,30,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn09_Par03,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn09_GC18,Surface,Ptipo_Zn10_Par04,NoSun,NoWind,0,4,30,30,2.8,30,30,0,35,35,0,35,35,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn09_Par04,Wall,Parede-
 Externa_00,Ptipo_Zn09_GC18,Outdoors,,SunExposed,WindExposed,0,4,35,35,2.8,35,35,0,0,35,0,0,35,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn10_Par01,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn10_GC18,Surface,Ptipo_Zn06_Par05,NoSun,NoWind,0,4,30,30,2.8,30,30,0,30,5,0,30,5,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn10_Par02,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn10_GC18,Surface,Ptipo_Zn11_Par03,NoSun,NoWind,0,4,30,5,2.8,30,5,0,35,0,0,35,0,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn10_Par03,Wall,Parede-
 Externa_00,Ptipo_Zn10_GC18,Outdoors,,SunExposed,WindExposed,0,4,35,0,2.8,35,0,0,35,35,0,35,35,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn10_Par04,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn10_GC18,Surface,Ptipo_Zn09_Par03,NoSun,NoWind,0,4,35,35,2.8,35,35,0,30,30,0,30,30,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn11_Par01,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn11_GC18,Surface,Ptipo_Zn08_Par02,NoSun,NoWind,0,4,5,5,2.8,5,5,0,0,0,0,0,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn11_Par02,Wall,Parede-
 Externa_00,Ptipo_Zn11_GC18,Outdoors,,SunExposed,WindExposed,0,4,0,0,2.8,0,0,0,35,0,0,35,0,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn11_Par03,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn11_GC18,Surface,Ptipo_Zn10_Par02,NoSun,NoWind,0,4,35,0,2.8,35,0,0,30,5,0,30,5,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,Ptipo_Zn11_Par04,Wall,Parede-
 Interna_00,Ptipo_Zn11_GC18,Surface,Ptipo_Zn07_Par01,NoSun,NoWind,0,4,30,5,2.8,30,5,0,5,5,0,5,5,2.8,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn01_Cobe,Ceiling,Piso-
 Laje_00,PL_Ptipo_Zn01_GN05,Surface,PL_Ptipo_Zn01_Cobe,NoSun,NoWind,0,4,9.65,19.55,1.15,25.35,19.55,1.15,25.35,25.35,1.15,9.65,25.35,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn02_Cobe,Ceiling,Piso-
 Laje_00,PL_Ptipo_Zn02_GN05,Surface,PL_Ptipo_Zn02_Cobe,NoSun,NoWind,0,4,9.65,9.65,1.15,25.35,9.65,1.15,25.35,15.45,1.15,9.65,15.45,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn03_Cobe,Ceiling,Piso-
 Laje_00,PL_Ptipo_Zn03_GC09,Surface,PL_Ptipo_Zn03_Cobe,NoSun,NoWind,0,4,9.65,15.45,1.15,25.35,15.45,1.15,25.35,19.55,1.15,9.65,19.55,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn04_Cobe,Ceiling,Piso-
 Laje_00,PL_Ptipo_Zn04_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn04_Cobe,NoSun,NoWind,0,6,5,30,1.15,5,5,1.15,9.65,9.65,1.15,9.65,15.45,1.15,9.65,19.55,1.15,9.65,25.35,1.15,,,,,,,,,,,,,,,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn05_Cobe,Ceiling,Piso-
 Laje_00,PL_Ptipo_Zn05_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn05_Cobe,NoSun,NoWind,0,4,5,30,1.15,9.65,25.35,1.15,25.35,25.35,1.15,30,30,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn06_Cobe,Ceiling,Piso-
 Laje_00,PL_Ptipo_Zn06_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn06_Cobe,NoSun,NoWind,0,6,25.35,25.35,1.15,25.35,19.55,1.15,25.35,15.45,1.15,25.35,9.65,1.15,30,5,1.15,30,30,1.15,,,,,,,,,,,,,,,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn07_Cobe,Ceiling,Piso-
 Laje_00,PL_Ptipo_Zn07_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn07_Cobe,NoSun,NoWind,0,4,5,5,1.15,30,5,1.15,25.35,9.65,1.15,9.65,9.65,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn08_Cobe,Ceiling,Piso-
 Laje_00,PL_Ptipo_Zn08_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn08_Cobe,NoSun,NoWind,0,4,0,35,1.15,0,0,1.15,5,5,1.15,5,30,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn09_Cobe,Ceiling,Piso-
 Laje_00,PL_Ptipo_Zn09_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn09_Cobe,NoSun,NoWind,0,4,0,35,1.15,5,30,1.15,30,30,1.15,35,35,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn10_Cobe,Ceiling,Piso-
 Laje_00,PL_Ptipo_Zn10_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn10_Cobe,NoSun,NoWind,0,4,30,30,1.15,30,5,1.15,35,0,1.15,35,35,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn11_Cobe,Ceiling,Piso-
 Laje_00,PL_Ptipo_Zn11_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn11_Cobe,NoSun,NoWind,0,4,5,5,1.15,0,0,1.15,35,

0,1.15,30,5,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn01_Piso,Floor,Forro_00,PL_Ptipo_Zn01_GN05,Surface,Ptipo_Zn01_Cobe,NoSun,NoWind,0,4,9.65,25.35,0,25.35,25.35,0,25.35,19.55,0,9.65,19.55,0,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn02_Piso,Floor,Forro_00,PL_Ptipo_Zn02_GN05,Surface,Ptipo_Zn02_Cobe,NoSun,NoWind,0,4,9.65,15.45,0,25.35,15.45,0,25.35,9.65,0,9.65,9.65,0,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn03_Piso,Floor,Forro_00,PL_Ptipo_Zn03_GC09,Surface,Ptipo_Zn03_Cobe,NoSun,NoWind,0,4,9.65,19.55,0,25.35,19.55,0,25.35,15.45,0,9.65,15.45,0,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn04_Piso,Floor,Forro_00,PL_Ptipo_Zn04_GC18,Surface,Ptipo_Zn04_Cobe,NoSun,NoWind,0,6,9.65,25.35,0,9.65,19.55,0,9.65,15.45,0,9.65,9.65,0,5,5,0,5,30,0,,,,,,,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn05_Piso,Floor,Forro_00,PL_Ptipo_Zn05_GC18,Surface,Ptipo_Zn05_Cobe,NoSun,NoWind,0,4,30,30,0,25.35,25.35,0,9.65,25.35,0,5,30,0,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn06_Piso,Floor,Forro_00,PL_Ptipo_Zn06_GC18,Surface,Ptipo_Zn06_Cobe,NoSun,NoWind,0,6,30,30,0,30,5,0,25.35,9.65,0,25.35,15.45,0,25.35,19.55,0,25.35,25.35,0,,,,,,,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn07_Piso,Floor,Forro_00,PL_Ptipo_Zn07_GC18,Surface,Ptipo_Zn07_Cobe,NoSun,NoWind,0,4,9.65,9.65,0,25.35,9.65,0,30,5,0,5,5,0,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn08_Piso,Floor,Forro_00,PL_Ptipo_Zn08_GC18,Surface,Ptipo_Zn08_Cobe,NoSun,NoWind,0,4,5,30,0,5,5,0,0,0,0,35,0,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn09_Piso,Floor,Forro_00,PL_Ptipo_Zn09_GC18,Surface,Ptipo_Zn09_Cobe,NoSun,NoWind,0,4,35,35,0,30,30,0,5,30,0,0,35,0,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn10_Piso,Floor,Forro_00,PL_Ptipo_Zn10_GC18,Surface,Ptipo_Zn10_Cobe,NoSun,NoWind,0,4,35,35,0,35,0,0,30,5,0,30,30,0,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn11_Piso,Floor,Forro_00,PL_Ptipo_Zn11_GC18,Surface,Ptipo_Zn11_Cobe,NoSun,NoWind,0,4,30,5,0,35,0,0,0,0,5,5,0,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn01_Par01,Wall,Parede-
Interna_00,PL_Ptipo_Zn01_GN05,Surface,PL_Ptipo_Zn03_Par03,NoSun,NoWind,0,4,9.65,19.55,1.15,9.65,19.55,0,25.35,19.55,0,25.35,19.55,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn01_Par02,Wall,Parede-
Interna_00,PL_Ptipo_Zn01_GN05,Surface,PL_Ptipo_Zn06_Par01,NoSun,NoWind,0,4,25.35,19.55,1.15,25.35,19.55,0,25.35,25.35,0,25.35,25.35,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn01_Par03,Wall,Parede-
Interna_00,PL_Ptipo_Zn01_GN05,Surface,PL_Ptipo_Zn05_Par02,NoSun,NoWind,0,4,25.35,25.35,1.15,25.35,25.35,0,9.65,25.35,0,9.65,25.35,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn01_Par04,Wall,Parede-
Interna_00,PL_Ptipo_Zn01_GN05,Surface,PL_Ptipo_Zn04_Par05,NoSun,NoWind,0,4,9.65,25.35,1.15,9.65,25.35,0,9.65,19.55,0,9.65,19.55,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn02_Par01,Wall,Parede-
Interna_00,PL_Ptipo_Zn02_GN05,Surface,PL_Ptipo_Zn07_Par03,NoSun,NoWind,0,4,9.65,9.65,1.15,9.65,9.65,0,25.35,9.65,0,25.35,9.65,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn02_Par02,Wall,Parede-
Interna_00,PL_Ptipo_Zn02_GN05,Surface,PL_Ptipo_Zn06_Par03,NoSun,NoWind,0,4,25.35,9.65,1.15,25.35,9.65,0,25.35,15.45,0,25.35,15.45,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn02_Par03,Wall,Parede-
Interna_00,PL_Ptipo_Zn02_GN05,Surface,PL_Ptipo_Zn03_Par01,NoSun,NoWind,0,4,25.35,15.45,1.15,25.35,15.45,0,9.65,15.45,0,9.65,15.45,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn02_Par04,Wall,Parede-
Interna_00,PL_Ptipo_Zn02_GN05,Surface,PL_Ptipo_Zn04_Par03,NoSun,NoWind,0,4,9.65,15.45,1.15,9.65,15.45,0,9.65,9.65,0,9.65,9.65,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn03_Par01,Wall,Parede-
Interna_00,PL_Ptipo_Zn03_GC09,Surface,PL_Ptipo_Zn02_Par03,NoSun,NoWind,0,4,9.65,15.45,1.15,9.65,15.45,0,25.35,15.45,0,25.35,15.45,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn03_Par02,Wall,Parede-
Interna_00,PL_Ptipo_Zn03_GC09,Surface,PL_Ptipo_Zn06_Par02,NoSun,NoWind,0,4,25.35,15.45,1.15,25.35,15.45,0,25.35,19.55,0,25.35,19.55,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn03_Par03,Wall,Parede-
Interna_00,PL_Ptipo_Zn03_GC09,Surface,PL_Ptipo_Zn01_Par01,NoSun,NoWind,0,4,25.35,19.55,1.15,25.35,19.55,0,9.65,19.55,0,9.65,19.55,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn03_Par04,Wall,Parede-

rede-

Interna_00,PL_Ptipo_Zn03_GC09,Surface,PL_Ptipo_Zn04_Par04,NoSun,NoWind,0,4,9.65,19.55,1.15,9.65,19.55,0,9.65,15.45,0,9.65,15.45,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn04_Par01,Wall,Parede-

Interna_00,PL_Ptipo_Zn04_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn08_Par03,NoSun,NoWind,0,4,5,30,1.15,5,30,0,5,5,0,5,5,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn04_Par02,Wall,Parede-

Interna_00,PL_Ptipo_Zn04_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn07_Par04,NoSun,NoWind,0,4,5,5,1.15,5,5,0,9.65,9.65,0,9.65,9.65,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn04_Par03,Wall,Parede-

Interna_00,PL_Ptipo_Zn04_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn02_Par03,NoSun,NoWind,0,4,9.65,9.65,1.15,9.65,9.65,0,9.65,15.45,0,9.65,15.45,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn04_Par04,Wall,Parede-

Interna_00,PL_Ptipo_Zn04_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn03_Par04,NoSun,NoWind,0,4,9.65,15.45,1.15,9.65,15.45,0,9.65,19.55,0,9.65,19.55,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn04_Par05,Wall,Parede-

Interna_00,PL_Ptipo_Zn04_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn01_Par04,NoSun,NoWind,0,4,9.65,19.55,1.15,9.65,19.55,0,9.65,25.35,0,9.65,25.35,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn04_Par06,Wall,Parede-

Interna_00,PL_Ptipo_Zn04_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn05_Par01,NoSun,NoWind,0,4,9.65,25.35,1.15,9.65,25.35,0,5,30,0,5,30,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn05_Par01,Wall,Parede-

Interna_00,PL_Ptipo_Zn05_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn04_Par06,NoSun,NoWind,0,4,5,30,1.15,5,30,0,9.65,25.35,0,9.65,25.35,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn05_Par02,Wall,Parede-

Interna_00,PL_Ptipo_Zn05_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn01_Par03,NoSun,NoWind,0,4,9.65,25.35,1.15,9.65,25.35,0,25.35,25.35,0,25.35,25.35,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn05_Par03,Wall,Parede-

Interna_00,PL_Ptipo_Zn05_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn06_Par06,NoSun,NoWind,0,4,25.35,25.35,1.15,25.35,25.35,0,30,30,0,30,30,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn05_Par04,Wall,Parede-

Interna_00,PL_Ptipo_Zn05_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn09_Par02,NoSun,NoWind,0,4,30,30,1.15,30,30,0,5,30,0,5,30,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn06_Par01,Wall,Parede-

Interna_00,PL_Ptipo_Zn06_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn01_Par02,NoSun,NoWind,0,4,25.35,25.35,1.15,25.35,25.35,0,25.35,19.55,0,25.35,19.55,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn06_Par02,Wall,Parede-

Interna_00,PL_Ptipo_Zn06_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn03_Par02,NoSun,NoWind,0,4,25.35,19.55,1.15,25.35,19.55,0,25.35,15.45,0,25.35,15.45,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn06_Par03,Wall,Parede-

Interna_00,PL_Ptipo_Zn06_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn02_Par03,NoSun,NoWind,0,4,25.35,15.45,1.15,25.35,15.45,0,25.35,9.65,0,25.35,9.65,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn06_Par04,Wall,Parede-

Interna_00,PL_Ptipo_Zn06_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn07_Par02,NoSun,NoWind,0,4,25.35,9.65,1.15,25.35,9.65,0,30,5,0,30,5,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn06_Par05,Wall,Parede-

Interna_00,PL_Ptipo_Zn06_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn10_Par01,NoSun,NoWind,0,4,30,5,1.15,30,5,0,30,30,0,30,30,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn06_Par06,Wall,Parede-

Interna_00,PL_Ptipo_Zn06_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn05_Par03,NoSun,NoWind,0,4,30,30,1.15,30,30,0,25.35,25.35,0,25.35,25.35,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn07_Par01,Wall,Parede-

Interna_00,PL_Ptipo_Zn07_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn11_Par04,NoSun,NoWind,0,4,5,5,1.15,5,5,0,30,5,0,30,5,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn07_Par02,Wall,Parede-

Interna_00,PL_Ptipo_Zn07_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn06_Par04,NoSun,NoWind,0,4,30,5,1.15,30,5,0,25.35,9.65,0,25.35,9.65,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn07_Par03,Wall,Parede-

Interna_00,PL_Ptipo_Zn07_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn02_Par01,NoSun,NoWind,0,4,25.35,9.65,1.15,25.35,9.65,0,9.65,9.65,0,9.65,9.65,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn07_Par04,Wall,Parede-

Interna_00,PL_Ptipo_Zn07_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn04_Par02,NoSun,NoWind,0,4,9.65,9.65,1.15,9.65,9.65,0,5,5,0,5,5,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn08_Par01,Wall,Parede-

Externa_00,PL_Ptipo_Zn08_GC18,Outdoors,,SunExposed,WindExposed,0,4,0,35,1.15,0,35,0,0,0,0,0

,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn08_Par02,Wall,Parede-
 Interna_00,PL_Ptipo_Zn08_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn11_Par01,NoSun,NoWind,0,4,0,0,1.15,0,0,0,5,
 5,0,5,5,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn08_Par03,Wall,Parede-
 Interna_00,PL_Ptipo_Zn08_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn04_Par01,NoSun,NoWind,0,4,5,5,1.15,5,5,0,5,
 30,0,5,30,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn08_Par04,Wall,Parede-
 Interna_00,PL_Ptipo_Zn08_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn09_Par01,NoSun,NoWind,0,4,5,30,1.15,5,30,0,
 0,35,0,0,35,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn09_Par01,Wall,Parede-
 Interna_00,PL_Ptipo_Zn09_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn08_Par04,NoSun,NoWind,0,4,0,35,1.15,0,35,0,
 5,30,0,5,30,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn09_Par02,Wall,Parede-
 Interna_00,PL_Ptipo_Zn09_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn05_Par04,NoSun,NoWind,0,4,5,30,1.15,5,30,0,
 30,30,0,30,30,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn09_Par03,Wall,Parede-
 Interna_00,PL_Ptipo_Zn09_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn10_Par04,NoSun,NoWind,0,4,30,30,1.15,30,30
 ,0,35,35,0,35,35,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn09_Par04,Wall,Parede-
 Externa_00,PL_Ptipo_Zn09_GC18,Outdoors,,SunExposed,WindExposed,0,4,35,35,1.15,35,35,0,0,35,0
 ,0,35,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn10_Par01,Wall,Parede-
 Interna_00,PL_Ptipo_Zn10_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn06_Par05,NoSun,NoWind,0,4,30,30,1.15,30,30
 ,0,30,5,0,30,5,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn10_Par02,Wall,Parede-
 Interna_00,PL_Ptipo_Zn10_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn11_Par03,NoSun,NoWind,0,4,30,5,1.15,30,5,0,
 35,0,0,35,0,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn10_Par03,Wall,Parede-
 Externa_00,PL_Ptipo_Zn10_GC18,Outdoors,,SunExposed,WindExposed,0,4,35,0,1.15,35,0,0,35,35,0,
 35,35,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn10_Par04,Wall,Parede-
 Interna_00,PL_Ptipo_Zn10_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn09_Par03,NoSun,NoWind,0,4,35,35,1.15,35,35
 ,0,30,30,0,30,30,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn11_Par01,Wall,Parede-
 Interna_00,PL_Ptipo_Zn11_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn08_Par02,NoSun,NoWind,0,4,5,5,1.15,5,5,0,0,
 0,0,0,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn11_Par02,Wall,Parede-
 Externa_00,PL_Ptipo_Zn11_GC18,Outdoors,,SunExposed,WindExposed,0,4,0,0,1.15,0,0,0,35,0,0,35,0
 ,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn11_Par03,Wall,Parede-
 Interna_00,PL_Ptipo_Zn11_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn10_Par02,NoSun,NoWind,0,4,35,0,1.15,35,0,0,
 30,5,0,30,5,1.15,,;BuildingSurface:Detailed,PL_Ptipo_Zn11_Par04,Wall,Parede-
 Interna_00,PL_Ptipo_Zn11_GC18,Surface,PL_Ptipo_Zn07_Par01,NoSun,NoWind,0,4,30,5,1.15,30,5,0,
 5,5,0,5,5,1.15,,;

FenestrationSurface:Detailed,Ptipo_Zn08_Par01_Jan,Window,Janela,Ptipo_Zn08_Par01,,,,,1,4,0,34.9
 5,2.195,0,34.95,0.605,0,0.05,0.605,0,0.05,2.195;FenestrationSurface:Detailed,Ptipo_Zn09_Par04_Jan
 ,Window,Janela,Ptipo_Zn09_Par04,,,,,1,4,34.95,35,2.195,34.95,35,0.605,0.05,35,0.605,0.05,35,2.195
 ;FenestrationSurface:Detailed,Ptipo_Zn10_Par03_Jan,Window,Janela,Ptipo_Zn10_Par03,,,,,1,4,35,0.0
 5,2.195,35,0.05,0.605,35,34.95,0.605,35,34.95,2.195;FenestrationSurface:Detailed,Ptipo_Zn11_Par0
 2_Jan,Window,Janela,Ptipo_Zn11_Par02,,,,,1,4,0.05,0,2.195,0.05,0,0.605,34.95,0,0.605,34.95,0,2.19
 5;

People,Ocup_Ptipo_Zn04_GC18,Ptipo_Zn04_GC18,sch_ocup,Area/Person,,,9.3,0.5,0.5,sch_atividade,
 0.0000000382,No,ZoneAveraged,,,,,,,,;People,Ocup_Ptipo_Zn05_GC18,Ptipo_Zn05_GC18,sch_ocup
 ,Area/Person,,,9.3,0.5,0.5,sch_atividade,0.0000000382,No,ZoneAveraged,,,,,,,,;People,Ocup_Ptipo_
 Zn06_GC18,Ptipo_Zn06_GC18,sch_ocup,Area/Person,,,9.3,0.5,0.5,sch_atividade,0.0000000382,No,Z
 oneAveraged,,,,,,,,;People,Ocup_Ptipo_Zn07_GC18,Ptipo_Zn07_GC18,sch_ocup,Area/Person,,,9.3,0
 .5,0.5,sch_atividade,0.0000000382,No,ZoneAveraged,,,,,,,,;People,Ocup_Ptipo_Zn08_GC18,Ptipo_Z
 n08_GC18,sch_ocup,Area/Person,,,9.3,0.5,0.5,sch_atividade,0.0000000382,No,ZoneAveraged,,,,,,,,;
 People,Ocup_Ptipo_Zn09_GC18,Ptipo_Zn09_GC18,sch_ocup,Area/Person,,,9.3,0.5,0.5,sch_atividade,
 0.0000000382,No,ZoneAveraged,,,,,,,,;People,Ocup_Ptipo_Zn10_GC18,Ptipo_Zn10_GC18,sch_ocup
 ,Area/Person,,,9.3,0.5,0.5,sch_atividade,0.0000000382,No,ZoneAveraged,,,,,,,,;People,Ocup_Ptipo_
 Zn11_GC18,Ptipo_Zn11_GC18,sch_ocup,Area/Person,,,9.3,0.5,0.5,sch_atividade,0.0000000382,No,Z
 oneAveraged,,,,,,,,;

Lights,ilum_Ptipo_Zn01_GN05,Ptipo_Zn01_GN05,sch_ilum,Watts/Area,,7.43,,0,0.1,0.18,0,General,No,,;Lights,ilum_Ptipo_Zn02_GN05,Ptipo_Zn02_GN05,sch_ilum,Watts/Area,,7.43,,0,0.1,0.18,0,General,No,,;Lights,ilum_Ptipo_Zn03_GC09,Ptipo_Zn03_GC09,sch_ilum,Watts/Area,,7.1,,0,0.1,0.18,0,General,No,,;Lights,ilum_Ptipo_Zn04_GC18,Ptipo_Zn04_GC18,sch_ilum,Watts/Area,,10.5,,0,0.1,0.18,0,General,No,,;Lights,ilum_Ptipo_Zn05_GC18,Ptipo_Zn05_GC18,sch_ilum,Watts/Area,,10.5,,0,0.1,0.18,0,General,No,,;Lights,ilum_Ptipo_Zn06_GC18,Ptipo_Zn06_GC18,sch_ilum,Watts/Area,,10.5,,0,0.1,0.18,0,General,No,,;Lights,ilum_Ptipo_Zn07_GC18,Ptipo_Zn07_GC18,sch_ilum,Watts/Area,,10.5,,0,0.1,0.18,0,General,No,,;Lights,ilum_Ptipo_Zn08_GC18,Ptipo_Zn08_GC18,sch_ilum,Watts/Area,,10.5,,0,0.1,0.18,0,General,No,,;Lights,ilum_Ptipo_Zn09_GC18,Ptipo_Zn09_GC18,sch_ilum,Watts/Area,,10.5,,0,0.1,0.18,0,General,No,,;Lights,ilum_Ptipo_Zn10_GC18,Ptipo_Zn10_GC18,sch_ilum,Watts/Area,,10.5,,0,0.1,0.18,0,General,No,,;Lights,ilum_Ptipo_Zn11_GC18,Ptipo_Zn11_GC18,sch_ilum,Watts/Area,,10.5,,0,0.1,0.18,0,General,No,,;

ElectricEquipment,Equip_Ptipo_Zn04_GC18,Ptipo_Zn04_GC18,sch_equip,Watts/Area,,16.2,,0.48,0,0,General;ElectricEquipment,Equip_Ptipo_Zn05_GC18,Ptipo_Zn05_GC18,sch_equip,Watts/Area,,16.2,,0.48,0,0,General;ElectricEquipment,Equip_Ptipo_Zn06_GC18,Ptipo_Zn06_GC18,sch_equip,Watts/Area,,16.2,,0.48,0,0,General;ElectricEquipment,Equip_Ptipo_Zn07_GC18,Ptipo_Zn07_GC18,sch_equip,Watts/Area,,16.2,,0.48,0,0,General;ElectricEquipment,Equip_Ptipo_Zn08_GC18,Ptipo_Zn08_GC18,sch_equip,Watts/Area,,16.2,,0.48,0,0,General;ElectricEquipment,Equip_Ptipo_Zn09_GC18,Ptipo_Zn09_GC18,sch_equip,Watts/Area,,16.2,,0.48,0,0,General;ElectricEquipment,Equip_Ptipo_Zn10_GC18,Ptipo_Zn10_GC18,sch_equip,Watts/Area,,16.2,,0.48,0,0,General;ElectricEquipment,Equip_Ptipo_Zn11_GC18,Ptipo_Zn11_GC18,sch_equip,Watts/Area,,16.2,,0.48,0,0,General;

ZoneInfiltration:DesignFlowRate,Infil_Ptipo_Zn01_GN05,Ptipo_Zn01_GN05,sch_inf,AirChanges/Hour,,0.3,1,,;ZoneInfiltration:DesignFlowRate,Infil_Ptipo_Zn02_GN05,Ptipo_Zn02_GN05,sch_inf,AirChanges/Hour,,0.3,1,,;ZoneInfiltration:DesignFlowRate,Infil_Ptipo_Zn03_GC09,Ptipo_Zn03_GC09,sch_inf,AirChanges/Hour,,0.3,1,,;ZoneInfiltration:DesignFlowRate,Infil_Ptipo_Zn04_GC18,Ptipo_Zn04_GC18,sch_inf,AirChanges/Hour,,0.3,1,,;ZoneInfiltration:DesignFlowRate,Infil_Ptipo_Zn05_GC18,Ptipo_Zn05_GC18,sch_inf,AirChanges/Hour,,0.3,1,,;ZoneInfiltration:DesignFlowRate,Infil_Ptipo_Zn06_GC18,Ptipo_Zn06_GC18,sch_inf,AirChanges/Hour,,0.3,1,,;ZoneInfiltration:DesignFlowRate,Infil_Ptipo_Zn07_GC18,Ptipo_Zn07_GC18,sch_inf,AirChanges/Hour,,0.3,1,,;ZoneInfiltration:DesignFlowRate,Infil_Ptipo_Zn08_GC18,Ptipo_Zn08_GC18,sch_inf,AirChanges/Hour,,0.3,1,,;ZoneInfiltration:DesignFlowRate,Infil_Ptipo_Zn09_GC18,Ptipo_Zn09_GC18,sch_inf,AirChanges/Hour,,0.3,1,,;ZoneInfiltration:DesignFlowRate,Infil_Ptipo_Zn10_GC18,Ptipo_Zn10_GC18,sch_inf,AirChanges/Hour,,0.3,1,,;ZoneInfiltration:DesignFlowRate,Infil_Ptipo_Zn11_GC18,Ptipo_Zn11_GC18,sch_inf,AirChanges/Hour,,0.3,1,,;ZoneInfiltration:DesignFlowRate,Infil_PL_Ptipo_Zn01,PL_Ptipo_Zn01_GN05,sch_inf,AirChanges/Hour,,0.3,1,,;ZoneInfiltration:DesignFlowRate,Infil_PL_Ptipo_Zn02,PL_Ptipo_Zn02_GN05,sch_inf,AirChanges/Hour,,0.3,1,,;ZoneInfiltration:DesignFlowRate,Infil_PL_Ptipo_Zn03,PL_Ptipo_Zn03_GC09,sch_inf,AirChanges/Hour,,0.3,1,,;ZoneInfiltration:DesignFlowRate,Infil_PL_Ptipo_Zn04,PL_Ptipo_Zn04_GC18,sch_inf,AirChanges/Hour,,0.3,1,,;ZoneInfiltration:DesignFlowRate,Infil_PL_Ptipo_Zn05,PL_Ptipo_Zn05_GC18,sch_inf,AirChanges/Hour,,0.3,1,,;ZoneInfiltration:DesignFlowRate,Infil_PL_Ptipo_Zn06,PL_Ptipo_Zn06_GC18,sch_inf,AirChanges/Hour,,0.3,1,,;ZoneInfiltration:DesignFlowRate,Infil_PL_Ptipo_Zn07,PL_Ptipo_Zn07_GC18,sch_inf,AirChanges/Hour,,0.3,1,,;ZoneInfiltration:DesignFlowRate,Infil_PL_Ptipo_Zn08,PL_Ptipo_Zn08_GC18,sch_inf,AirChanges/Hour,,0.3,1,,;ZoneInfiltration:DesignFlowRate,Infil_PL_Ptipo_Zn09,PL_Ptipo_Zn09_GC18,sch_inf,AirChanges/Hour,,0.3,1,,;ZoneInfiltration:DesignFlowRate,Infil_PL_Ptipo_Zn10,PL_Ptipo_Zn10_GC18,sch_inf,AirChanges/Hour,,0.3,1,,;ZoneInfiltration:DesignFlowRate,Infil_PL_Ptipo_Zn11,PL_Ptipo_Zn11_GC18,sch_inf,AirChanges/Hour,,0.3,1,,;

DesignSpecification:OutdoorAir,SZ DSOA

Ptipo_Zn04_GC18,Flow/Person,0.0075,,;DesignSpecification:OutdoorAir,SZ DSOA

Ptipo_Zn05_GC18,Flow/Person,0.0075,,;DesignSpecification:OutdoorAir,SZ DSOA

Ptipo_Zn06_GC18,Flow/Person,0.0075,,;DesignSpecification:OutdoorAir,SZ DSOA

Ptipo_Zn07_GC18,Flow/Person,0.0075,,,,;DesignSpecification:OutdoorAir,SZ DSOA
 Ptipo_Zn08_GC18,Flow/Person,0.0075,,,,;DesignSpecification:OutdoorAir,SZ DSOA
 Ptipo_Zn09_GC18,Flow/Person,0.0075,,,,;DesignSpecification:OutdoorAir,SZ DSOA
 Ptipo_Zn10_GC18,Flow/Person,0.0075,,,,;DesignSpecification:OutdoorAir,SZ DSOA
 Ptipo_Zn11_GC18,Flow/Person,0.0075,,,,;

DesignSpecification:ZoneAirDistribution,SZ DSZAD

Ptipo_Zn04_GC18,1,1,,,;DesignSpecification:ZoneAirDistribution,SZ DSZAD
 Ptipo_Zn05_GC18,1,1,,,;DesignSpecification:ZoneAirDistribution,SZ DSZAD
 Ptipo_Zn06_GC18,1,1,,,;DesignSpecification:ZoneAirDistribution,SZ DSZAD
 Ptipo_Zn07_GC18,1,1,,,;DesignSpecification:ZoneAirDistribution,SZ DSZAD
 Ptipo_Zn08_GC18,1,1,,,;DesignSpecification:ZoneAirDistribution,SZ DSZAD
 Ptipo_Zn09_GC18,1,1,,,;DesignSpecification:ZoneAirDistribution,SZ DSZAD
 Ptipo_Zn10_GC18,1,1,,,;DesignSpecification:ZoneAirDistribution,SZ DSZAD Ptipo_Zn11_GC18,1,1,;

Sizing:Parameters,1.25,1.15,;

Sizing:Zone,Ptipo_Zn04_GC18,SupplyAirTemperature,12.8,,SupplyAirTemperature,35,,0.008,0.008,SZ DSOA Ptipo_Zn04_GC18,,,DesignDay,0,,,0,DesignDay,0,,,0,SZ DSZAD
 Ptipo_Zn04_GC18;Sizing:Zone,Ptipo_Zn05_GC18,SupplyAirTemperature,12.8,,SupplyAirTemperature,35,,0.008,0.008,SZ DSOA Ptipo_Zn05_GC18,,,DesignDay,0,,,0,DesignDay,0,,,0,SZ DSZAD
 Ptipo_Zn05_GC18;Sizing:Zone,Ptipo_Zn06_GC18,SupplyAirTemperature,12.8,,SupplyAirTemperature,35,,0.008,0.008,SZ DSOA Ptipo_Zn06_GC18,,,DesignDay,0,,,0,DesignDay,0,,,0,SZ DSZAD
 Ptipo_Zn06_GC18;Sizing:Zone,Ptipo_Zn07_GC18,SupplyAirTemperature,12.8,,SupplyAirTemperature,35,,0.008,0.008,SZ DSOA Ptipo_Zn07_GC18,,,DesignDay,0,,,0,DesignDay,0,,,0,SZ DSZAD
 Ptipo_Zn07_GC18;Sizing:Zone,Ptipo_Zn08_GC18,SupplyAirTemperature,12.8,,SupplyAirTemperature,35,,0.008,0.008,SZ DSOA Ptipo_Zn08_GC18,,,DesignDay,0,,,0,DesignDay,0,,,0,SZ DSZAD
 Ptipo_Zn08_GC18;Sizing:Zone,Ptipo_Zn09_GC18,SupplyAirTemperature,12.8,,SupplyAirTemperature,35,,0.008,0.008,SZ DSOA Ptipo_Zn09_GC18,,,DesignDay,0,,,0,DesignDay,0,,,0,SZ DSZAD
 Ptipo_Zn09_GC18;Sizing:Zone,Ptipo_Zn10_GC18,SupplyAirTemperature,12.8,,SupplyAirTemperature,35,,0.008,0.008,SZ DSOA Ptipo_Zn10_GC18,,,DesignDay,0,,,0,DesignDay,0,,,0,SZ DSZAD
 Ptipo_Zn10_GC18;Sizing:Zone,Ptipo_Zn11_GC18,SupplyAirTemperature,12.8,,SupplyAirTemperature,35,,0.008,0.008,SZ DSOA Ptipo_Zn11_GC18,,,DesignDay,0,,,0,DesignDay,0,,,0,SZ DSZAD
 Ptipo_Zn11_GC18;

Sizing:System,Fan_Coil,Sensible,autosize,0.3,0,0,0,12.8,10,NonCoincident,No,No,0.008,0.008,DesignDay,0,DesignDay,0,ZoneSum,1;

Sizing:Plant,CAG Chilled Water Loop,Cooling,6.6667,6.3;Sizing:Plant,CAG Condenser Water Loop,Condenser,29.4,5.6;

ZoneControl:Thermostat,Ptipo_Zn04_GC18 Thermostat,Ptipo_Zn04_GC18,HVACTemplate-Always 4,ThermostatSetpoint:DualSetpoint,Termostato Dual SP Control,,,,,;ZoneControl:Thermostat,Ptipo_Zn05_GC18 Thermostat,Ptipo_Zn05_GC18,HVACTemplate-Always 4,ThermostatSetpoint:DualSetpoint,Termostato Dual SP Control,,,,,;ZoneControl:Thermostat,Ptipo_Zn06_GC18 Thermostat,Ptipo_Zn06_GC18,HVACTemplate-Always 4,ThermostatSetpoint:DualSetpoint,Termostato Dual SP Control,,,,,;ZoneControl:Thermostat,Ptipo_Zn07_GC18 Thermostat,Ptipo_Zn07_GC18,HVACTemplate-Always 4,ThermostatSetpoint:DualSetpoint,Termostato Dual SP Control,,,,,;ZoneControl:Thermostat,Ptipo_Zn08_GC18 Thermostat,Ptipo_Zn08_GC18,HVACTemplate-Always 4,ThermostatSetpoint:DualSetpoint,Termostato Dual SP

Control,,,,,,,,;ZoneControl:Thermostat,Ptipo_Zn09_GC18
Thermostat,Ptipo_Zn09_GC18,HVACTemplate-Always
4,ThermostatSetpoint:DualSetpoint,Termostato Dual SP
Control,,,,,,,,;ZoneControl:Thermostat,Ptipo_Zn10_GC18
Thermostat,Ptipo_Zn10_GC18,HVACTemplate-Always
4,ThermostatSetpoint:DualSetpoint,Termostato Dual SP
Control,,,,,,,,;ZoneControl:Thermostat,Ptipo_Zn11_GC18
Thermostat,Ptipo_Zn11_GC18,HVACTemplate-Always
4,ThermostatSetpoint:DualSetpoint,Termostato Dual SP Control,,,,,,,,;
ThermostatSetpoint:DualSetpoint,Termostato Dual SP Control,HVACTemplate-Always
20,HVACTemplate-Always 24;

AirTerminal:SingleDuct:VAV:NoReheat,Ptipo_Zn04_GC18 VAV,HVACTemplate-Always
1,Ptipo_Zn04_GC18 Supply Inlet,Ptipo_Zn04_GC18 Zone Equip
Inlet,autosize,Constant,0.2,,,,;AirTerminal:SingleDuct:VAV:NoReheat,Ptipo_Zn05_GC18
VAV,HVACTemplate-Always 1,Ptipo_Zn05_GC18 Supply Inlet,Ptipo_Zn05_GC18 Zone Equip
Inlet,autosize,Constant,0.2,,,,;AirTerminal:SingleDuct:VAV:NoReheat,Ptipo_Zn06_GC18
VAV,HVACTemplate-Always 1,Ptipo_Zn06_GC18 Supply Inlet,Ptipo_Zn06_GC18 Zone Equip
Inlet,autosize,Constant,0.2,,,,;AirTerminal:SingleDuct:VAV:NoReheat,Ptipo_Zn07_GC18
VAV,HVACTemplate-Always 1,Ptipo_Zn07_GC18 Supply Inlet,Ptipo_Zn07_GC18 Zone Equip
Inlet,autosize,Constant,0.2,,,,;AirTerminal:SingleDuct:VAV:NoReheat,Ptipo_Zn08_GC18
VAV,HVACTemplate-Always 1,Ptipo_Zn08_GC18 Supply Inlet,Ptipo_Zn08_GC18 Zone Equip
Inlet,autosize,Constant,0.2,,,,;AirTerminal:SingleDuct:VAV:NoReheat,Ptipo_Zn09_GC18
VAV,HVACTemplate-Always 1,Ptipo_Zn09_GC18 Supply Inlet,Ptipo_Zn09_GC18 Zone Equip
Inlet,autosize,Constant,0.2,,,,;AirTerminal:SingleDuct:VAV:NoReheat,Ptipo_Zn10_GC18
VAV,HVACTemplate-Always 1,Ptipo_Zn10_GC18 Supply Inlet,Ptipo_Zn10_GC18 Zone Equip
Inlet,autosize,Constant,0.2,,,,;AirTerminal:SingleDuct:VAV:NoReheat,Ptipo_Zn11_GC18
VAV,HVACTemplate-Always 1,Ptipo_Zn11_GC18 Supply Inlet,Ptipo_Zn11_GC18 Zone Equip
Inlet,autosize,Constant,0.2,,,,;

ZoneHVAC:AirDistributionUnit,Ptipo_Zn04_GC18 ATU,Ptipo_Zn04_GC18 Supply
Inlet,AirTerminal:SingleDuct:VAV:NoReheat,Ptipo_Zn04_GC18
VAV,,,;ZoneHVAC:AirDistributionUnit,Ptipo_Zn05_GC18 ATU,Ptipo_Zn05_GC18 Supply
Inlet,AirTerminal:SingleDuct:VAV:NoReheat,Ptipo_Zn05_GC18
VAV,,,;ZoneHVAC:AirDistributionUnit,Ptipo_Zn06_GC18 ATU,Ptipo_Zn06_GC18 Supply
Inlet,AirTerminal:SingleDuct:VAV:NoReheat,Ptipo_Zn06_GC18
VAV,,,;ZoneHVAC:AirDistributionUnit,Ptipo_Zn07_GC18 ATU,Ptipo_Zn07_GC18 Supply
Inlet,AirTerminal:SingleDuct:VAV:NoReheat,Ptipo_Zn07_GC18
VAV,,,;ZoneHVAC:AirDistributionUnit,Ptipo_Zn08_GC18 ATU,Ptipo_Zn08_GC18 Supply
Inlet,AirTerminal:SingleDuct:VAV:NoReheat,Ptipo_Zn08_GC18
VAV,,,;ZoneHVAC:AirDistributionUnit,Ptipo_Zn09_GC18 ATU,Ptipo_Zn09_GC18 Supply
Inlet,AirTerminal:SingleDuct:VAV:NoReheat,Ptipo_Zn09_GC18
VAV,,,;ZoneHVAC:AirDistributionUnit,Ptipo_Zn10_GC18 ATU,Ptipo_Zn10_GC18 Supply
Inlet,AirTerminal:SingleDuct:VAV:NoReheat,Ptipo_Zn10_GC18
VAV,,,;ZoneHVAC:AirDistributionUnit,Ptipo_Zn11_GC18 ATU,Ptipo_Zn11_GC18 Supply
Inlet,AirTerminal:SingleDuct:VAV:NoReheat,Ptipo_Zn11_GC18 VAV,,,;

ZoneHVAC:EquipmentList,Ptipo_Zn04_GC18
Equipment,ZoneHVAC:AirDistributionUnit,Ptipo_Zn04_GC18
ATU,1,1,,,,,,,,;ZoneHVAC:EquipmentList,Ptipo_Zn05_GC18
Equipment,ZoneHVAC:AirDistributionUnit,Ptipo_Zn05_GC18
ATU,1,1,,,,,,,,;ZoneHVAC:EquipmentList,Ptipo_Zn06_GC18
Equipment,ZoneHVAC:AirDistributionUnit,Ptipo_Zn06_GC18

ATU,1,1,,,,,,,,;ZoneHVAC:EquipmentList,Ptipo_Zn07_GC18
 Equipment,ZoneHVAC:AirDistributionUnit,Ptipo_Zn07_GC18
 ATU,1,1,,,,,,,,;ZoneHVAC:EquipmentList,Ptipo_Zn08_GC18
 Equipment,ZoneHVAC:AirDistributionUnit,Ptipo_Zn08_GC18
 ATU,1,1,,,,,,,,;ZoneHVAC:EquipmentList,Ptipo_Zn09_GC18
 Equipment,ZoneHVAC:AirDistributionUnit,Ptipo_Zn09_GC18
 ATU,1,1,,,,,,,,;ZoneHVAC:EquipmentList,Ptipo_Zn10_GC18
 Equipment,ZoneHVAC:AirDistributionUnit,Ptipo_Zn10_GC18
 ATU,1,1,,,,,,,,;ZoneHVAC:EquipmentList,Ptipo_Zn11_GC18
 Equipment,ZoneHVAC:AirDistributionUnit,Ptipo_Zn11_GC18 ATU,1,1,,,,,,,,;

ZoneHVAC:EquipmentConnections,Ptipo_Zn04_GC18,Ptipo_Zn04_GC18
 Equipment,Ptipo_Zn04_GC18 Supply Inlet,,Ptipo_Zn04_GC18 Zone Air Node,Ptipo_Zn04_GC18
 Return Outlet;ZoneHVAC:EquipmentConnections,Ptipo_Zn05_GC18,Ptipo_Zn05_GC18
 Equipment,Ptipo_Zn05_GC18 Supply Inlet,,Ptipo_Zn05_GC18 Zone Air Node,Ptipo_Zn05_GC18
 Return Outlet;ZoneHVAC:EquipmentConnections,Ptipo_Zn06_GC18,Ptipo_Zn06_GC18
 Equipment,Ptipo_Zn06_GC18 Supply Inlet,,Ptipo_Zn06_GC18 Zone Air Node,Ptipo_Zn06_GC18
 Return Outlet;ZoneHVAC:EquipmentConnections,Ptipo_Zn07_GC18,Ptipo_Zn07_GC18
 Equipment,Ptipo_Zn07_GC18 Supply Inlet,,Ptipo_Zn07_GC18 Zone Air Node,Ptipo_Zn07_GC18
 Return Outlet;ZoneHVAC:EquipmentConnections,Ptipo_Zn08_GC18,Ptipo_Zn08_GC18
 Equipment,Ptipo_Zn08_GC18 Supply Inlet,,Ptipo_Zn08_GC18 Zone Air Node,Ptipo_Zn08_GC18
 Return Outlet;ZoneHVAC:EquipmentConnections,Ptipo_Zn09_GC18,Ptipo_Zn09_GC18
 Equipment,Ptipo_Zn09_GC18 Supply Inlet,,Ptipo_Zn09_GC18 Zone Air Node,Ptipo_Zn09_GC18
 Return Outlet;ZoneHVAC:EquipmentConnections,Ptipo_Zn10_GC18,Ptipo_Zn10_GC18
 Equipment,Ptipo_Zn10_GC18 Supply Inlet,,Ptipo_Zn10_GC18 Zone Air Node,Ptipo_Zn10_GC18
 Return Outlet;ZoneHVAC:EquipmentConnections,Ptipo_Zn11_GC18,Ptipo_Zn11_GC18
 Equipment,Ptipo_Zn11_GC18 Supply Inlet,,Ptipo_Zn11_GC18 Zone Air Node,Ptipo_Zn11_GC18
 Return Outlet;

!-Fan:VariableVolume,Fan_Coil Supply

Fan,sch_fans,0.3,709.33,38.667,Fraction,0.2,,1,1,0.0013,0.147,0.9506,-.0998,0,Fan_Coil Mixed Air
 Outlet,Fan_Coil Supply Fan Outlet,; !-Calibracao para Curitiba

!-Fan:VariableVolume,Fan_Coil Supply

Fan,sch_fans,0.3,709.33,38.18624,Fraction,0.2,,1,1,0.0013,0.147,0.9506,-.0998,0,Fan_Coil Mixed Air
 Outlet,Fan_Coil Supply Fan Outlet,; !-Calibracao para Santa Maria

Fan:VariableVolume,Fan_Coil Supply

Fan,sch_fans,0.3,709.33,40.97345,Fraction,0.2,,1,1,0.0013,0.147,0.9506,-.0998,0,Fan_Coil Mixed Air
 Outlet,Fan_Coil Supply Fan Outlet,; !-Calibracao para São Paulo

!-Fan:VariableVolume,Fan_Coil Supply

Fan,sch_fans,0.3,709.33,40.85177,Fraction,0.2,,1,1,0.0013,0.147,0.9506,-.0998,0,Fan_Coil Mixed Air
 Outlet,Fan_Coil Supply Fan Outlet,; !-Calibracao para Brasilia

!-Fan:VariableVolume,Fan_Coil Supply

Fan,sch_fans,0.3,709.33,42.857,Fraction,0.2,,1,1,0.0013,0.147,0.9506,-.0998,0,Fan_Coil Mixed Air
 Outlet,Fan_Coil Supply Fan Outlet,; !-Calibracao para Macae

!-Fan:VariableVolume,Fan_Coil Supply

Fan,sch_fans,0.3,709.33,44.79052,Fraction,0.2,,1,1,0.0013,0.147,0.9506,-.0998,0,Fan_Coil Mixed Air
 Outlet,Fan_Coil Supply Fan Outlet,; !-Calibracao para Goiania

!-Fan:VariableVolume,Fan_Coil Supply

Fan,sch_fans,0.3,709.33,44.5573,Fraction,0.2,,1,1,0.0013,0.147,0.9506,-.0998,0,Fan_Coil Mixed Air
 Outlet,Fan_Coil Supply Fan Outlet,; !-Calibracao para Teresina

!-Fan:VariableVolume,Fan_Coil Supply

Fan,sch_fans,0.3,709.33,43.29644,Fraction,0.2,,1,1,0.0013,0.147,0.9506,-.0998,0,Fan_Coil Mixed Air Outlet,Fan_Coil Supply Fan Outlet,; !-Calibracao para Rio de Janeiro

Coil:Cooling:Water,Fan_Coil Cooling Coil,HVACTemplate-Always

1,autosize,autosize,autosize,autosize,autosize,autosize,autosize,Fan_Coil Cooling Coil ChW Inlet,Fan_Coil Cooling Coil ChW Outlet,Fan_Coil Supply Fan Outlet,Fan_Coil Cooling Coil Outlet,DetailedAnalysis,CounterFlow,;

Coil:Heating:Electric,Fan_Coil Heating Coil,HVACTemplate-Always 1,1,autosize,Fan_Coil Cooling Coil Outlet,Fan_Coil Heating Coil Outlet,Fan_Coil Heating Coil Outlet;

Controller:WaterCoil,Fan_Coil Cooling Coil Controller,Temperature,Reverse,Flow,Fan_Coil Cooling Coil Outlet,Fan_Coil Cooling Coil ChW Inlet,autosize,autosize,0;

Controller:OutdoorAir,Fan_Coil OA Controller,Fan_Coil Relief Air Outlet,Fan_Coil Air Loop Inlet,Fan_Coil Mixed Air Outlet,Fan_Coil Outside Air

Inlet,autosize,autosize,NoEconomizer,MinimumFlowWithBypass,,,,,,NoLockout,FixedMinimum,,,,,,,,;

AirLoopHVAC:ControllerList,Fan_Coil Controllers,Controller:WaterCoil,Fan_Coil Cooling Coil Controller,,,,,,,,;

AirLoopHVAC:ControllerList,Fan_Coil OA System Controllers,Controller:OutdoorAir,Fan_Coil OA Controller,,,,,,,,;

AirLoopHVAC,Fan_Coil,Fan_Coil Controllers,Fan_Coil Availability Managers,autosize,Fan_Coil Branches,,Fan_Coil Air Loop Inlet,Fan_Coil Return Air Outlet,Fan_Coil Supply Path Inlet,Fan_Coil Heating Coil Outlet;

AirLoopHVAC:OutdoorAirSystem:EquipmentList,Fan_Coil OA System Equipment,OutdoorAir:Mixer,Fan_Coil OA Mixing Box,,,,,,,,;

AirLoopHVAC:OutdoorAirSystem,Fan_Coil OA System,Fan_Coil OA System Controllers,Fan_Coil OA System Equipment,Fan_Coil Availability Managers;

OutdoorAir:Mixer,Fan_Coil OA Mixing Box,Fan_Coil Mixed Air Outlet,Fan_Coil Outside Air Inlet,Fan_Coil Relief Air Outlet,Fan_Coil Air Loop Inlet;

AirLoopHVAC:ZoneSplitter,Fan_Coil Zone Splitter,Fan_Coil Supply Path Inlet,Ptipo_Zn04_GC18 Zone Equip Inlet,Ptipo_Zn05_GC18 Zone Equip Inlet,Ptipo_Zn06_GC18 Zone Equip Inlet,Ptipo_Zn07_GC18 Zone Equip Inlet,Ptipo_Zn08_GC18 Zone Equip Inlet,Ptipo_Zn09_GC18 Zone Equip Inlet,Ptipo_Zn10_GC18 Zone Equip Inlet,Ptipo_Zn11_GC18 Zone Equip Inlet,,,,,,,,;

AirLoopHVAC:SupplyPath,Fan_Coil Supply Path,Fan_Coil Supply Path Inlet,AirLoopHVAC:ZoneSplitter,Fan_Coil Zone Splitter,,,,,,,,;

AirLoopHVAC:ZoneMixer,Fan_Coil Zone Mixer,Fan_Coil Return Air Outlet,Ptipo_Zn04_GC18 Return Outlet,Ptipo_Zn05_GC18 Return Outlet,Ptipo_Zn06_GC18 Return Outlet,Ptipo_Zn07_GC18 Return Outlet,Ptipo_Zn08_GC18 Return Outlet,Ptipo_Zn09_GC18 Return Outlet,Ptipo_Zn10_GC18 Return Outlet,Ptipo_Zn11_GC18 Return Outlet,,,,,,,,;

AirLoopHVAC:ReturnPath,Fan_Coil Return Path,Fan_Coil Return Air Outlet,AirLoopHVAC:ZoneMixer,Fan_Coil Zone Mixer,,,,,,,,;

Branch,Fan_Coil Main Branch,autosize,,AirLoopHVAC:OutdoorAirSystem,Fan_Coil OA System,Fan_Coil Air Loop Inlet,Fan_Coil Mixed Air Outlet,Passive,Fan:VariableVolume,Fan_Coil Supply Fan,Fan_Coil Mixed Air Outlet,Fan_Coil Supply Fan Outlet,Active,Coil:Cooling:Water,Fan_Coil Cooling Coil,Fan_Coil Supply Fan Outlet,Fan_Coil Cooling Coil Outlet,Passive,Coil:Heating:Electric,Fan_Coil Heating Coil,Fan_Coil Cooling Coil Outlet,Fan_Coil Heating Coil Outlet,Passive,,,,,,,,;Branch,Fan_Coil Cooling Coil ChW

Branch,,,Coil:Cooling:Water,Fan_Coil Cooling Coil,Fan_Coil Cooling Coil ChW Inlet,Fan_Coil Cooling Coil ChW Outlet,Active,,,,,,,,;Branch,CHILLER ChW Branch,,,Pump:ConstantSpeed,CHILLER ChW Branch Pump,CHILLER ChW Pump Inlet,CHILLER ChW Inlet,Active,Chiller:Electric:EIR,CHILLER,CHILLER ChW Inlet,CHILLER ChW Outlet,Active,,,,;Branch,CHILLER CndW Branch,,,Chiller:Electric:EIR,CHILLER,CHILLER Cnd Inlet,CHILLER Cnd Outlet,Active,,,,,,,,;Branch,TORRE CndW Branch,,,CoolingTower:TwoSpeed,TORRE,TORRE CndW Inlet,TORRE CndW Outlet,Active,,,,,,,,;Branch,CAG ChW Supply Bypass Branch,,,Pipe:Adiabatic,CAG ChW Supply Side Bypass Pipe,CAG ChW Supply Bypass Inlet,CAG ChW Supply Bypass Outlet,Bypass,,,,,,,,;Branch,CAG ChW Supply Inlet Branch,,,Pipe:Adiabatic,CAG ChW Supply Side Inlet Pipe,CAG ChW Supply Inlet,CAG ChW Supply Pipe Outlet,Passive,,,,,,,,;Branch,CAG ChW Supply Outlet Branch,,,Pipe:Adiabatic,CAG ChW Supply Outlet Pipe,CAG ChW Supply Outlet Pipe Inlet,CAG ChW Supply Outlet,Passive,,,,,,,,;Branch,CAG ChW Demand Inlet Branch,,,Pump:VariableSpeed,CAG ChW Secondary Pump,CAG ChW Demand Inlet,CAG ChW Secondary Pump Outlet,Active,,,,,,,,;Branch,CAG ChW Demand Bypass Branch,,,Pipe:Adiabatic,CAG ChW Demand Side Bypass Pipe,CAG ChW Demand Bypass Inlet,CAG ChW Demand Bypass Outlet,Bypass,,,,,,,,;Branch,CAG ChW Demand Outlet Branch,,,Pipe:Adiabatic,CAG ChW Demand Outlet Pipe,CAG ChW Demand Outlet Pipe Inlet,CAG ChW Demand Outlet,Passive,,,,,,,,;Branch,CAG CndW Supply Inlet Branch,,,Pump:ConstantSpeed,CAG CndW Supply Pump,CAG CndW Supply Inlet,CAG CndW Pump Outlet,Active,,,,,,,,;Branch,CAG CndW Supply Outlet Branch,,,Pipe:Adiabatic,CAG CndW Supply Outlet Pipe,CAG CndW Supply Outlet Pipe Inlet,CAG CndW Supply Outlet,Passive,,,,,,,,;Branch,CAG CndW Supply Bypass Branch,,,Pipe:Adiabatic,CAG CndW Supply Side Bypass Pipe,CAG CndW Supply Bypass Inlet,CAG CndW Supply Bypass Outlet,Bypass,,,,,,,,;Branch,CAG CndW Demand Inlet Branch,,,Pipe:Adiabatic,CAG CndW Demand Inlet Pipe,CAG CndW Demand Inlet,CAG CndW Demand Inlet Pipe Outlet,Passive,,,,,,,,;Branch,CAG CndW Demand Bypass Branch,,,Pipe:Adiabatic,CAG CndW Demand Side Bypass Pipe,CAG CndW Demand Bypass Inlet,CAG CndW Demand Bypass Outlet,Bypass,,,,,,,,;Branch,CAG CndW Demand Outlet Branch,,,Pipe:Adiabatic,CAG CndW Demand Outlet Pipe,CAG CndW Demand Outlet Pipe Inlet,CAG CndW Demand Outlet,Passive,,,,,,,,;

BranchList,Fan_Coil Branches,Fan_Coil Main Branch;BranchList,CAG ChW Supply Side Branches,CAG ChW Supply Inlet Branch,CHILLER ChW Branch,CAG ChW Supply Bypass Branch,CAG ChW Supply Outlet Branch,,,,,,,,;BranchList,CAG ChW Demand Side Branches,CAG ChW Demand Inlet Branch,Fan_Coil Cooling Coil ChW Branch,CAG ChW Demand Bypass Branch,CAG ChW Demand Outlet Branch,,,,,,,,;BranchList,CAG CndW Supply Side Branches,CAG CndW Supply Inlet Branch,TORRE CndW Branch,CAG CndW Supply Bypass Branch,CAG CndW Supply Outlet Branch,,,,,,,,;BranchList,CAG CndW Demand Side Branches,CAG CndW Demand Inlet Branch,CHILLER CndW Branch,CAG CndW Demand Bypass Branch,CAG CndW Demand Outlet Branch,,,,,,,,;

Connector:Splitter,CAG ChW Supply Splitter,CAG ChW Supply Inlet Branch,CAG ChW Supply Bypass Branch,CHILLER ChW Branch,,,,,,,,;Connector:Splitter,CAG ChW Demand Splitter,CAG ChW Demand Inlet Branch,CAG ChW Demand Bypass Branch,Fan_Coil Cooling Coil ChW Branch,,,,,,,,;Connector:Splitter,CAG CndW Supply Splitter,CAG CndW Supply Inlet Branch,CAG CndW Supply Bypass Branch,TORRE CndW Branch,,,,,,,,;Connector:Splitter,CAG CndW Demand Splitter,CAG CndW Demand Inlet Branch,CAG CndW Demand Bypass Branch,CHILLER CndW Branch,,,,,,,,;

Connector:Mixer,CAG ChW Supply Mixer,CAG ChW Supply Outlet Branch,CAG ChW Supply Bypass Branch,CHILLER ChW Branch,,,,,,,,;Connector:Mixer,CAG ChW Demand Mixer,CAG ChW Demand Outlet Branch,CAG ChW Demand Bypass Branch,Fan_Coil Cooling Coil ChW Branch,,,,,,,,;Connector:Mixer,CAG CndW Supply Mixer,CAG CndW Supply Outlet Branch,CAG CndW Supply Bypass Branch,TORRE CndW Branch,,,,,,,,;Connector:Mixer,CAG CndW Demand

Mixer,CAG CndW Demand Outlet Branch,CAG CndW Demand Bypass Branch,CHILLER CndW Branch,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,;

ConnectorList,CAG ChW Supply Side Connectors,Connector:Splitter,CAG ChW Supply Splitter,Connector:Mixer,CAG ChW Supply Mixer;ConnectorList,CAG ChW Demand Side Connectors,Connector:Splitter,CAG ChW Demand Splitter,Connector:Mixer,CAG ChW Demand Mixer;ConnectorList,CAG CndW Supply Side Connectors,Connector:Splitter,CAG CndW Supply Splitter,Connector:Mixer,CAG CndW Supply Mixer;ConnectorList,CAG CndW Demand Side Connectors,Connector:Splitter,CAG CndW Demand Splitter,Connector:Mixer,CAG CndW Demand Mixer;

NodeList,Fan_Coil Mixed Air Nodes,Fan_Coil Mixed Air Outlet;NodeList,CAG ChW Supply Setpoint Nodes,CHILLER ChW Outlet,CAG ChW Supply Outlet,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,;NodeList,CAG CndW Supply Setpoint Nodes,TORRE CndW Outlet,CAG CndW Supply Outlet,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,;

OutdoorAir:Node,TORRE Cooling Tower Outdoor Air Inlet Node,-1;

OutdoorAir:NodeList,Fan_Coil Outside Air Inlet;

Pipe:Adiabatic,CAG ChW Supply Side Bypass Pipe,CAG ChW Supply Bypass Inlet,CAG ChW Supply Bypass Outlet;Pipe:Adiabatic,CAG ChW Supply Side Inlet Pipe,CAG ChW Supply Inlet,CAG ChW Supply Pipe Outlet;Pipe:Adiabatic,CAG ChW Supply Outlet Pipe,CAG ChW Supply Outlet Pipe Inlet,CAG ChW Supply Outlet;Pipe:Adiabatic,CAG ChW Demand Side BypassPipe,CAG ChW Demand Bypass Inlet,CAG ChW Demand Bypass Outlet;Pipe:Adiabatic,CAG ChW Demand Outlet Pipe,CAG ChW Demand Outlet Pipe Inlet,CAG ChW Demand Outlet;Pipe:Adiabatic,CAG CndW Supply Outlet Pipe,CAG CndW Supply Outlet Pipe Inlet,CAG CndW Supply Outlet;Pipe:Adiabatic,CAG CndW Supply Side Bypass Pipe,CAG CndW Supply Bypass Inlet,CAG CndW Supply Bypass Outlet;Pipe:Adiabatic,CAG CndW Demand Inlet Pipe,CAG CndW Demand Inlet,CAG CndW Demand Inlet Pipe Outlet;Pipe:Adiabatic,CAG CndW Demand Side Bypass Pipe,CAG CndW Demand Bypass Inlet,CAG CndW Demand Bypass Outlet;Pipe:Adiabatic,CAG CndW Demand Outlet Pipe,CAG CndW Demand Outlet Pipe Inlet,CAG CndW Demand Outlet;

!-Pump:VariableSpeed,CAG ChW Secondary Pump,CAG ChW Demand Inlet,CAG ChW Secondary Pump Outlet,0.028343,195380,autosize,0.9,0,0.0,0.0,1.0,0.0,0,Intermittent,sch_fans,,,,,,,,,,,,; !-Calibração para Curitiba

!-Pump:VariableSpeed,CAG ChW Secondary Pump,CAG ChW Demand Inlet,CAG ChW Secondary Pump Outlet,0.031436,195380,autosize,0.9,0,0.0,0.0,1.0,0.0,0,Intermittent,sch_fans,,,,,,,,,,,,; !-Calibração para Santa Maria

Pump:VariableSpeed,CAG ChW Secondary Pump,CAG ChW Demand Inlet,CAG ChW Secondary Pump Outlet,0.03004,195380,autosize,0.9,0,0.0,0.0,1.0,0.0,0,Intermittent,sch_fans,,,,,,,,,,,,; !-Calibração para Sao Paulo

!-Pump:VariableSpeed,CAG ChW Secondary Pump,CAG ChW Demand Inlet,CAG ChW Secondary Pump Outlet,0.026594,195380,autosize,0.9,0,0.0,0.0,1.0,0.0,0,Intermittent,sch_fans,,,,,,,,,,,,; !-Calibração para Brasília

!-Pump:VariableSpeed,CAG ChW Secondary Pump,CAG ChW Demand Inlet,CAG ChW Secondary Pump Outlet,0.0366,195380,autosize,0.9,0,0.0,0.0,1.0,0.0,0,Intermittent,sch_fans,,,,,,,,,,,,; !-Calibração para Macae

!-Pump:VariableSpeed,CAG ChW Secondary Pump,CAG ChW Demand Inlet,CAG ChW Secondary Pump Outlet,0.032021,195380,autosize,0.9,0,0.0,0.0,1.0,0.0,0,Intermittent,sch_fans,,,,,,,,,,,,; !-Calibração para Goiania

!-Pump:VariableSpeed,CAG ChW Secondary Pump,CAG ChW Demand Inlet,CAG ChW Secondary Pump Outlet,0.038293,195380,autosize,0.9,0,0.0,0.0,1.0,0.0,0,Intermittent,sch_fans,,,,,,; !-Calibacao para Teresina

!-Pump:VariableSpeed,CAG ChW Secondary Pump,CAG ChW Demand Inlet,CAG ChW Secondary Pump Outlet,0.039042,195380,autosize,0.9,0,0.0,0.0,1.0,0.0,0,Intermittent,sch_fans,,,,,,; !-Calibacao para Rio de Janeiro

!-Pump:ConstantSpeed,CHILLER ChW Branch Pump,CHILLER ChW Pump Inlet,CHILLER Chw Inlet,0.028343,49618,autosize,0.9,0,Intermittent,sch_fans,,,,; !-Calibacao para Curitiba

!-Pump:ConstantSpeed,CHILLER ChW Branch Pump,CHILLER ChW Pump Inlet,CHILLER Chw Inlet,0.031436,49618,autosize,0.9,0,Intermittent,sch_fans,,,,; !-Calibacao para Santa Maria

Pump:ConstantSpeed,CHILLER ChW Branch Pump,CHILLER ChW Pump Inlet,CHILLER Chw Inlet,0.03004,49618,autosize,0.9,0,Intermittent,sch_fans,,,,; !-Calibacao para Sao Paulo

!-Pump:ConstantSpeed,CHILLER ChW Branch Pump,CHILLER ChW Pump Inlet,CHILLER Chw Inlet,0.026594,49618,autosize,0.9,0,Intermittent,sch_fans,,,,; !-Calibacao para Brasilia

!-Pump:ConstantSpeed,CHILLER ChW Branch Pump,CHILLER ChW Pump Inlet,CHILLER Chw Inlet,0.0366,49618,autosize,0.9,0,Intermittent,sch_fans,,,,; !-Calibacao para Macae

!-Pump:ConstantSpeed,CHILLER ChW Branch Pump,CHILLER ChW Pump Inlet,CHILLER Chw Inlet,0.032021,49618,autosize,0.9,0,Intermittent,sch_fans,,,,; !-Calibacao para Goiania

!-Pump:ConstantSpeed,CHILLER ChW Branch Pump,CHILLER ChW Pump Inlet,CHILLER Chw Inlet,0.038293,49618,autosize,0.9,0,Intermittent,sch_fans,,,,; !-Calibacao para Teresina

!-Pump:ConstantSpeed,CHILLER ChW Branch Pump,CHILLER ChW Pump Inlet,CHILLER Chw Inlet,0.039042,49618,autosize,0.9,0,Intermittent,sch_fans,,,,; !-Calibacao para Rio de Janeiro

!-Pump:ConstantSpeed,CAG CndW Supply Pump,CAG CndW Supply Inlet,CAG CndW Pump Outlet,0.038216,217620,autosize,0.9,0,Intermittent,sch_fans,,,,; !-Calibacao para Curitiba

!-Pump:ConstantSpeed,CAG CndW Supply Pump,CAG CndW Supply Inlet,CAG CndW Pump Outlet,0.042385,217620,autosize,0.9,0,Intermittent,sch_fans,,,,; !-Calibacao para Santa Maria

Pump:ConstantSpeed,CAG CndW Supply Pump,CAG CndW Supply Inlet,CAG CndW Pump Outlet,0.0405,217620,autosize,0.9,0,Intermittent,sch_fans,,,,; !-Calibacao para Sao Paulo

!-Pump:ConstantSpeed,CAG CndW Supply Pump,CAG CndW Supply Inlet,CAG CndW Pump Outlet,0.035857,217620,autosize,0.9,0,Intermittent,sch_fans,,,,; !-Calibacao para Brasilia

!-Pump:ConstantSpeed,CAG CndW Supply Pump,CAG CndW Supply Inlet,CAG CndW Pump Outlet,0.049347,217620,autosize,0.9,0,Intermittent,sch_fans,,,,; !-Calibacao para Macae

!-Pump:ConstantSpeed,CAG CndW Supply Pump,CAG CndW Supply Inlet,CAG CndW Pump Outlet,0.043175,217620,autosize,0.9,0,Intermittent,sch_fans,,,,; !-Calibacao para Goiania

!-Pump:ConstantSpeed,CAG CndW Supply Pump,CAG CndW Supply Inlet,CAG CndW Pump Outlet,0.05163,217620,autosize,0.9,0,Intermittent,sch_fans,,,,; !-Calibacao para Teresina

!-Pump:ConstantSpeed,CAG CndW Supply Pump,CAG CndW Supply Inlet,CAG CndW Pump Outlet,0.052641,217620,autosize,0.9,0,Intermittent,sch_fans,,,,; !-Calibacao para Rio de Janeiro

!-Chiller:Electric:EIR,CHILLER,749518.92,5.172,6.667,29.4444,0.028343,0.038216,CHILLER ScrewCapFT,CHILLER ScrewEIRFT,CHILLER ScrewEIRFPLR,0,1,1,0,CHILLER ChW Inlet,CHILLER ChW Outlet,CHILLER Cnd Inlet,CHILLER Cnd Outlet,WaterCooled,0,1,5,ConstantFlow,0,,,1,,,,; !-Calibacao para Curitiba

!-Chiller:Electric:EIR,CHILLER,831293.97,5.172,6.667,29.4444,0.031436,0.042385,CHILLER ScrewCapFT,CHILLER ScrewEIRFT,CHILLER ScrewEIRFPLR,0,1,1,0,CHILLER ChW Inlet,CHILLER ChW Outlet,CHILLER Cnd Inlet,CHILLER Cnd Outlet,WaterCooled,0,1,5,ConstantFlow,0,,,1,,,,,,; !- Calibracao para Santa Maria

Chiller:Electric:EIR,CHILLER,794331.77,5.172,6.667,29.4444,0.03004,0.0405,CHILLER ScrewCapFT,CHILLER ScrewEIRFT,CHILLER ScrewEIRFPLR,0,1,1,0,CHILLER ChW Inlet,CHILLER ChW Outlet,CHILLER Cnd Inlet,CHILLER Cnd Outlet,WaterCooled,0,1,5,ConstantFlow,0,,,1,,,,,,; !- Calibracao para Sao Paulo

!-Chiller:Electric:EIR,CHILLER,703259.81,5.172,6.667,29.4444,0.026594,0.035857,CHILLER ScrewCapFT,CHILLER ScrewEIRFT,CHILLER ScrewEIRFPLR,0,1,1,0,CHILLER ChW Inlet,CHILLER ChW Outlet,CHILLER Cnd Inlet,CHILLER Cnd Outlet,WaterCooled,0,1,5,ConstantFlow,0,,,1,,,,,,; !- Calibracao para Brasilia

!-Chiller:Electric:EIR,CHILLER,967830.57,5.172,6.667,29.4444,0.0366,0.049347,CHILLER ScrewCapFT,CHILLER ScrewEIRFT,CHILLER ScrewEIRFPLR,0,1,1,0,CHILLER ChW Inlet,CHILLER ChW Outlet,CHILLER Cnd Inlet,CHILLER Cnd Outlet,WaterCooled,0,1,5,ConstantFlow,0,,,1,,,,,,; !- Calibracao para Macae

!-Chiller:Electric:EIR,CHILLER,846775.78,5.172,6.667,29.4444,0.032021,0.043175,CHILLER ScrewCapFT,CHILLER ScrewEIRFT,CHILLER ScrewEIRFPLR,0,1,1,0,CHILLER ChW Inlet,CHILLER ChW Outlet,CHILLER Cnd Inlet,CHILLER Cnd Outlet,WaterCooled,0,1,5,ConstantFlow,0,,,1,,,,,,; !- Calibracao para Goiania

!-Chiller:Electric:EIR,CHILLER,1012620.7,5.172,6.667,29.4444,0.038293,0.05163,CHILLER ScrewCapFT,CHILLER ScrewEIRFT,CHILLER ScrewEIRFPLR,0,1,1,0,CHILLER ChW Inlet,CHILLER ChW Outlet,CHILLER Cnd Inlet,CHILLER Cnd Outlet,WaterCooled,0,1,5,ConstantFlow,0,,,1,,,,,,; !- Calibracao para Teresina

!-Chiller:Electric:EIR,CHILLER,1032442.62,5.172,6.667,29.4444,0.039042,0.052641,CHILLER ScrewCapFT,CHILLER ScrewEIRFT,CHILLER ScrewEIRFPLR,0,1,1,0,CHILLER ChW Inlet,CHILLER ChW Outlet,CHILLER Cnd Inlet,CHILLER Cnd Outlet,WaterCooled,0,1,5,ConstantFlow,0,,,1,,,,,,; !- Calibracao para Rio de Janeiro

!-CoolingTower:TwoSpeed,TORRE,TORRE CndW Inlet,TORRE CndW Outlet,0.038216,27.61,9391.57,47770.78,autocalculate,0.5,autosize,0.16,autocalculate,0.6,autocalculate,0.1,autocalculate,0.1,UFactorTimesAreaAndDesignWaterFlowRate,,,autocalculate,,autocalculate,,,,,SaturatedExit,,0.008,ConcentrationRatio,3,,,TORRE Cooling Tower Outdoor Air Inlet Node,,,,,1; !-Calibracao para Curitiba

!-CoolingTower:TwoSpeed,TORRE,TORRE CndW Inlet,TORRE CndW Outlet,0.042385,27.72,10416.23,61062.51,autocalculate,0.5,autosize,0.16,autocalculate,0.6,autocalculate,0.1,autocalculate,0.1,UFactorTimesAreaAndDesignWaterFlowRate,,,autocalculate,,autocalculate,,,,,SaturatedExit,,0.008,ConcentrationRatio,3,,,TORRE Cooling Tower Outdoor Air Inlet Node,,,,,1; !-Calibracao para Santa Maria

CoolingTower:TwoSpeed,TORRE,TORRE CndW Inlet,TORRE CndW Outlet,0.0405,28.8,9953.08,51764.2,autocalculate,0.5,autosize,0.16,autocalculate,0.6,autocalculate,0.1,autocalculate,0.1,UFactorTimesAreaAndDesignWaterFlowRate,,,autocalculate,,autocalculate,,,,,SaturatedExit,,0.008,ConcentrationRatio,3,,,TORRE Cooling Tower Outdoor Air Inlet Node,,,,,1; !-Calibracao para Sao Paulo

!-CoolingTower:TwoSpeed,TORRE,TORRE CndW Inlet,TORRE CndW Outlet,0.035857,26.66,8811.94,43093.65,autocalculate,0.5,autosize,0.16,autocalculate,0.6,autocalculate,0.1,autocalculate,0.1,UFactorTimesAreaAndDesignWaterFlowRate,,,autocalculate,,autocalculate

,,,,,SaturatedExit,,0.008,ConcentrationRatio,3,,,TORRE Cooling Tower Outdoor Air Inlet Node,,,,,1;
!-Calibracao para Brasilia

!-CoolingTower:TwoSpeed,TORRE,TORRE CndW Inlet,TORRE CndW
Outlet,0.049347,32.03,12127.05,71885.14,autocalculate,0.5,autosize,0.16,autocalculate,0.6,autocalc
ulate,0.1,autocalculate,0.1,UFactorTimesAreaAndDesignWaterFlowRate,,,autocalculate,,autocalculat
e,,,,,SaturatedExit,,0.008,ConcentrationRatio,3,,,TORRE Cooling Tower Outdoor Air Inlet Node,,,,,1;
!-Calibracao para Macae

!-CoolingTower:TwoSpeed,TORRE,TORRE CndW Inlet,TORRE CndW
Outlet,0.043175,30.62,10610.22,55387.18,autocalculate,0.5,autosize,0.16,autocalculate,0.6,autocalc
ulate,0.1,autocalculate,0.1,UFactorTimesAreaAndDesignWaterFlowRate,,,autocalculate,,autocalculat
e,,,,,SaturatedExit,,0.008,ConcentrationRatio,3,,,TORRE Cooling Tower Outdoor Air Inlet Node,,,,,1;
!-Calibracao para Goiania

!-CoolingTower:TwoSpeed,TORRE,TORRE CndW Inlet,TORRE CndW
Outlet,0.05163,33.68,12688.27,74657.08,autocalculate,0.5,autosize,0.16,autocalculate,0.6,autocalcu
late,0.1,autocalculate,0.1,UFactorTimesAreaAndDesignWaterFlowRate,,,autocalculate,,autocalculate
,,,,,SaturatedExit,,0.008,ConcentrationRatio,3,,,TORRE Cooling Tower Outdoor Air Inlet Node,,,,,1;
!-Calibracao para Teresina

!-CoolingTower:TwoSpeed,TORRE,TORRE CndW Inlet,TORRE CndW
Outlet,0.052641,34.23,12936.65,76508.45,autocalculate,0.5,autosize,0.16,autocalculate,0.6,autocalc
ulate,0.1,autocalculate,0.1,UFactorTimesAreaAndDesignWaterFlowRate,,,autocalculate,,autocalculat
e,,,,,SaturatedExit,,0.008,ConcentrationRatio,3,,,TORRE Cooling Tower Outdoor Air Inlet Node,,,,,1;
!-Calibracao para Rio de Janeiro

PlantLoop,CAG Chilled Water Loop,Water,,CAG Chiller Operation,CAG ChW Supply
Outlet,20,5,autosize,0,autosize,CAG ChW Supply Inlet,CAG ChW Supply Outlet,CAG ChW Supply Side
Branches,CAG ChW Supply Side Connectors,CAG ChW Demand Inlet,CAG ChW Demand Outlet,CAG
ChW Demand Side Branches,CAG ChW Demand Side
Connectors,Sequential,,SingleSetpoint,CommonPipe,;

CondenserLoop,CAG Condenser Water Loop,Water,,CAG Condenser Operation,CAG CndW Supply
Outlet,40,15,autosize,0,autosize,CAG CndW Supply Inlet,CAG CndW Supply Outlet,CAG CndW Supply
Side Branches,CAG CndW Supply Side Connectors,CAG CndW Demand Inlet,CAG CndW Demand
Outlet,CAG CndW Demand Side Branches,CAG CndW Demand Side Connectors,Sequential,;

PlantEquipmentList,CAG All Chillers,Chiller:Electric:EIR,CHILLER,,,,,,,,,,,,;

CondenserEquipmentList,CAG All Condensers,CoolingTower:TwoSpeed,TORRE,,,,,,,,,,,,;

PlantEquipmentOperation:CoolingLoad,CAG Chiller Operation All Hours,0,1000000000000000,CAG
All Chillers,,,,,,,,;PlantEquipmentOperation:CoolingLoad,CAG Condenser Operation All
Hours,0,1000000000000000,CAG All Condensers,,,,,,,,;

PlantEquipmentOperationSchemes,CAG Chiller
Operation,PlantEquipmentOperation:CoolingLoad,CAG Chiller Operation All Hours,HVACTemplate-
Always 1,;

CondenserEquipmentOperationSchemes,CAG Condenser
Operation,PlantEquipmentOperation:CoolingLoad,CAG Condenser Operation All
Hours,HVACTemplate-Always 1,;

EnergyManagementSystem:Sensor,Se_TagChillerIn,CHILLER ChW Inlet,System Node
Temperature;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_TagChillerOut,CHILLER ChW Outlet,System Node
Temperature;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_TacChillerOut,CHILLER Cnd Outlet,System Node
Temperature;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_TacChillerIn,CHILLER Cnd Inlet,System Node

Temperature;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_TFCagIn,Fan_Coil Cooling Coil ChW Inlet,System
 Node Temperature;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_HFCagIn,Fan_Coil Cooling Coil ChW
 Inlet,System Node Enthalpy ;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_TFCagOut,Fan_Coil Cooling Coil
 ChW Outlet,System Node Temperature;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_HFCagOut,Fan_Coil
 Cooling Coil ChW Outlet,System Node Enthalpy
 ;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_TFCarIn,Fan_Coil Supply Fan Outlet,System Node
 Temperature;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_TFCarOut,Fan_Coil Cooling Coil Outlet,System
 Node Temperature;EnergyManagementSystem:Sensor,Reset_TAG_Sched,HVACTemplate
 TSaídaaguagelada,Schedule Value;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_VazaoVolumetricaSec,CAG
 ChW Secondary Pump Outlet,System Node Current Density Volume Flow
 Rate;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_VMassicaSec,CAG ChW Secondary Pump Outlet,System
 Node Mass Flow Rate;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_Densidade_Sec,CAG ChW Secondary
 Pump Outlet,System Node Current
 Density;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_CargaTermica_FC,Fan_Coil Cooling Coil,Cooling Coil
 Total Cooling Rate;EnergyManagementSystem:Sensor,m_max,CHILLER ChW Outlet,System Node
 Mass Flow Rate;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_Tag_pri_In,CHILLER ChW Pump Inlet,System
 Node Temperature;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_CargaChiller,CHILLER,Chiller Evaporator
 Cooling Rate ;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_m_FAN,Fan_Coil Supply Fan Outlet,System
 Node Mass Flow Rate;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_m_Cond,CHILLER Cnd Inlet,System
 Node Mass Flow Rate;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_TBsarIn,TORRE Cooling Tower Outdoor
 Air Inlet Node,System Node Temperature;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_HarIn,TORRE
 Cooling Tower Outdoor Air Inlet Node,System Node Enthalpy
 ;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_TBUarIn,TORRE Cooling Tower Outdoor Air Inlet Node,System
 Node Wetbulb Temperature ;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_PbarIn,TORRE Cooling Tower
 Outdoor Air Inlet Node,System Node Pressure ;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_WarIn,TORRE
 Cooling Tower Outdoor Air Inlet Node,System Node Humidity Ratio
 ;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_DarIn,TORRE Cooling Tower Outdoor Air Inlet Node,System
 Node Current Density ;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_m_Torre,TORRE CndW Inlet,System
 Node Mass Flow Rate;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_TacTorreIn,TORRE CndW Inlet,System
 Node Temperature;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_TAC_Sched,CAG CndW Supply
 Outlet,System Node Temperature;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_TacTorreOut,TORRE CndW
 Outlet,System Node Temperature;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_Te_Sec,CAG ChW
 Secondary Pump Outlet,System Node
 Temperature;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_TBS_ext,,Site Outdoor Air Drybulb
 Temperature;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_TBU_ext,,Site Outdoor Air Wetbulb
 Temperature ;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_Har_ext,,Site Outdoor Air Enthalpy
 ;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_HVACON,sch_fans,Schedule Value
 ;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_PaFCarIn,Fan_Coil Supply Fan Outlet,System Node Pressure
 ;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_PaFCarOut,Fan_Coil Cooling Coil Outlet,System Node
 Pressure ;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_WFCarIn,Fan_Coil Supply Fan Outlet,System Node
 Humidity Ratio ;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_WFCarOut,Fan_Coil Cooling Coil
 Outlet,System Node Humidity Ratio ;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_HFCarIn,Fan_Coil Supply
 Fan Outlet,System Node Enthalpy;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_HFCarOut,Fan_Coil Cooling
 Coil Outlet,System Node Enthalpy;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_RHFCarIn,Fan_Coil Supply
 Fan Outlet,System Node Relative Humidity
 ;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_RHFCarOut,Fan_Coil Cooling Coil Outlet,System Node
 Relative Humidity ;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_TbuFCarIn,Fan_Coil Supply Fan
 Outlet,System Node Wetbulb Temperature
 ;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_TbuFCarOut,Fan_Coil Cooling Coil Outlet,System Node
 Wetbulb Temperature ;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_WettedFraction,Fan_Coil Cooling
 Coil,Cooling Coil Wetted Area Fraction ;EnergyManagementSystem:Sensor,Se_Hmistura,Fan_Coil
 Mixed Air Outlet,System Node Enthalpy;

EnergyManagementSystem:Actuator,TAG_Setpoint,CAG ChW Supply Outlet,System Node
 Setpoint,Temperature Setpoint;EnergyManagementSystem:Actuator,Tins_Setpoint,Fan_Coil Cooling
 Coil Outlet,System Node Setpoint,Temperature
 Setpoint;EnergyManagementSystem:Actuator,Tcond_Setpoint,CAG CndW Supply Outlet,System
 Node Setpoint,Temperature Setpoint;

EnergyManagementSystem:ProgramCallingManager,Calculo_Variaveis_Fixas,BeginNewEnvironment,
 VariaveisFixas,,,,;EnergyManagementSystem:ProgramCallingManager,Controle_Tag,AfterPredictorBe
 foreHVACManagers,Programa_Consumo_TAG,Programa_Condicoes_Ext,Programa_TAGotima,Contr
 ole_Temp_Insuflacao,Controle_Temp_Condensacao;

EnergyManagementSystem:Program,Programa_Consumo_TAG,SET TagMax = 10,SET CargaTermica =
 Se_VMassicaSec*(@CpCW Se_TFCagIn)*(Se_TFCagOut - Se_TFCagIn),SET TFCarInDIF =
 Se_TFCarIn,SET mFAN = Se_m_FAN,SET DIF = 0,SET DIFins = 0,SET TAC_DIF = Tcond_Setpoint,SET
 TagChillerOutDIF = Se_TagChillerOut + DIF,RUN Calculo_Tag_RetornoDIF,RUN
 Calculo_Pot_Bomba,RUN Calculo_Pot_Chiller,RUN Calculo_Pot_Torre,RUN Calculo_Pot_FanCoil,SET
 PotBomba0 = PotBomba,SET PotChiller0 = PotChiller,SET PotTorre0 = PotTorre,SET PotFan0 =
 PotFan,IF TagChillerOutDIF < 6.69 || m > (0.95*m_max) || Se_TFCarOut > Se_TFCarOut+0.05,SET
 Consumo0 = 600000,ELSE,SET Consumo0 = PotBomba0+PotChiller0+PotTorre0+PotFan0,ENDIF,SET
 ConsumoMIN = Consumo0,SET DIF = 0.1,SET TagChillerOutDIF = Se_TagChillerOut + DIF,RUN
 Calculo_Tag_RetornoDIF,RUN Calculo_Pot_Bomba,RUN Calculo_Pot_Chiller,RUN
 Calculo_Pot_Torre,RUN Calculo_Pot_FanCoil,SET PotBombaP1 = PotBomba,SET PotChillerP1 =
 PotChiller,SET PotTorreP1 = PotTorre,SET PotFanP1 = PotFan,IF TagChillerOutDIF < 6.69 || m >
 (0.95*m_max) || Se_TFCarOut > Se_TFCarOut+0.05,SET ConsumoP1 = 600000,ELSE,SET ConsumoP1
 = (PotBombaP1+PotChillerP1+PotTorreP1+PotFanP1)*1.001,ENDIF,SET ConsumoMIN = @Min
 ConsumoMIN ConsumoP1,SET DIF = 0.2,SET TagChillerOutDIF = Se_TagChillerOut + DIF,RUN
 Calculo_Tag_RetornoDIF,RUN Calculo_Pot_Bomba,RUN Calculo_Pot_Chiller,RUN
 Calculo_Pot_Torre,RUN Calculo_Pot_FanCoil,SET PotBombaP2 = PotBomba,SET PotChillerP2 =
 PotChiller,SET PotTorreP2 = PotTorre,SET PotFanP2 = PotFan,IF TagChillerOutDIF < 6.69 || m >
 (0.95*m_max) || Se_TFCarOut > Se_TFCarOut+0.05,SET ConsumoP2 = 600000,ELSE,SET ConsumoP2
 = (PotBombaP2+PotChillerP2+PotTorreP2+PotFanP2)*1.002,ENDIF,SET ConsumoMIN = @Min
 ConsumoMIN ConsumoP2,SET DIF = 0.3,SET TagChillerOutDIF = Se_TagChillerOut + DIF,RUN
 Calculo_Tag_RetornoDIF,RUN Calculo_Pot_Bomba,RUN Calculo_Pot_Chiller,RUN
 Calculo_Pot_Torre,RUN Calculo_Pot_FanCoil,SET PotBombaP3 = PotBomba,SET PotChillerP3 =
 PotChiller,SET PotTorreP3 = PotTorre,SET PotFanP3 = PotFan,IF TagChillerOutDIF < 6.69 || m >
 (0.95*m_max) || Se_TFCarOut > Se_TFCarOut+0.05,SET ConsumoP3 = 600000,ELSE,SET ConsumoP3
 = (PotBombaP3+PotChillerP3+PotTorreP3+PotFanP3)*1.003,ENDIF,SET ConsumoMIN = @Min
 ConsumoMIN ConsumoP3,SET DIF = 0.4,SET TagChillerOutDIF = Se_TagChillerOut + DIF,RUN
 Calculo_Tag_RetornoDIF,RUN Calculo_Pot_Bomba,RUN Calculo_Pot_Chiller,RUN
 Calculo_Pot_Torre,RUN Calculo_Pot_FanCoil,SET PotBombaP4 = PotBomba,SET PotChillerP4 =
 PotChiller,SET PotTorreP4 = PotTorre,SET PotFanP4 = PotFan,IF TagChillerOutDIF < 6.69 || m >
 (0.95*m_max) || Se_TFCarOut > Se_TFCarOut+0.05,SET ConsumoP4 = 600000,ELSE,SET ConsumoP4
 = (PotBombaP4+PotChillerP4+PotTorreP4+PotFanP4)*1.004,ENDIF,SET ConsumoMIN = @Min
 ConsumoMIN ConsumoP4,SET DIF = 0.5,SET TagChillerOutDIF = Se_TagChillerOut + DIF,RUN
 Calculo_Tag_RetornoDIF,RUN Calculo_Pot_Bomba,RUN Calculo_Pot_Chiller,RUN
 Calculo_Pot_Torre,RUN Calculo_Pot_FanCoil,SET PotBombaP5 = PotBomba,SET PotChillerP5 =
 PotChiller,SET PotTorreP5 = PotTorre,SET PotFanP5 = PotFan,IF TagChillerOutDIF < 6.69 || m >
 (0.95*m_max) || Se_TFCarOut > Se_TFCarOut+0.05,SET ConsumoP5 = 600000,ELSE,SET ConsumoP5
 = (PotBombaP5+PotChillerP5+PotTorreP5+PotFanP5)*1.005,ENDIF,SET ConsumoMIN = @Min
 ConsumoMIN ConsumoP5,SET DIF = -0.1,SET TagChillerOutDIF = Se_TagChillerOut + DIF,RUN
 Calculo_Tag_RetornoDIF,RUN Calculo_Pot_Bomba,RUN Calculo_Pot_Chiller,RUN
 Calculo_Pot_Torre,RUN Calculo_Pot_FanCoil,SET PotBombaN1 = PotBomba,SET PotChillerN1 =
 PotChiller,SET PotTorreN1 = PotTorre,SET PotFanN1 = PotFan,IF TagChillerOutDIF < 6.69 || m >

```

(0.95*m_max) || Se_TFCarOut > Se_TFCarOut+0.05,SET ConsumoN1 = 600000,ELSE,SET ConsumoN1
= PotBombaN1+PotChillerN1+PotTorreN1+PotFanN1,ENDIF,SET ConsumoMIN = @Min ConsumoMIN
ConsumoN1,SET DIF = -0.2,SET TagChillerOutDIF = Se_TagChillerOut + DIF,RUN
Calculo_Tag_RetornoDIF,RUN Calculo_Pot_Bomba,RUN Calculo_Pot_Chiller,RUN
Calculo_Pot_Torre,RUN Calculo_Pot_FanCoil,SET PotBombaN2 = PotBomba,SET PotChillerN2 =
PotChiller,SET PotTorreN2 = PotTorre,SET PotFanN2 = PotFan,IF TagChillerOutDIF < 6.69 || m >
(0.95*m_max) || Se_TFCarOut > Se_TFCarOut+0.05,SET ConsumoN2 = 600000,ELSE,SET ConsumoN2
= PotBombaN2+PotChillerN2+PotTorreN2+PotFanN2,ENDIF,SET ConsumoMIN = @Min ConsumoMIN
ConsumoN2,SET DIF = -0.3,SET TagChillerOutDIF = Se_TagChillerOut + DIF,RUN
Calculo_Tag_RetornoDIF,RUN Calculo_Pot_Bomba,RUN Calculo_Pot_Chiller,RUN
Calculo_Pot_Torre,RUN Calculo_Pot_FanCoil,SET PotBombaN3 = PotBomba,SET PotChillerN3 =
PotChiller,SET PotTorreN3 = PotTorre,SET PotFanN3 = PotFan,IF TagChillerOutDIF < 6.69 || m >
(0.95*m_max) || Se_TFCarOut > Se_TFCarOut+0.05,SET ConsumoN3 = 600000,ELSE,SET ConsumoN3
= PotBombaN3+PotChillerN3+PotTorreN3+PotFanN3,ENDIF,SET ConsumoMIN = @Min ConsumoMIN
ConsumoN3,SET DIF = -0.4,SET TagChillerOutDIF = Se_TagChillerOut + DIF,RUN
Calculo_Tag_RetornoDIF,RUN Calculo_Pot_Bomba,RUN Calculo_Pot_Chiller,RUN
Calculo_Pot_Torre,RUN Calculo_Pot_FanCoil,SET PotBombaN4 = PotBomba,SET PotChillerN4 =
PotChiller,SET PotTorreN4 = PotTorre,SET PotFanN4 = PotFan,IF TagChillerOutDIF < 6.69 || m >
(0.95*m_max) || Se_TFCarOut > Se_TFCarOut+0.05,SET ConsumoN4 = 600000,ELSE,SET ConsumoN4
= PotBombaN4+PotChillerN4+PotTorreN4+PotFanN4,ENDIF,SET ConsumoMIN = @Min ConsumoMIN
ConsumoN4,SET DIF = 0,SET TagChillerOutDIF = Se_TagChillerOut + DIF,RUN
Calculo_Tag_RetornoDIF,RUN Calculo_Pot_Bomba,RUN Calculo_Pot_Chiller,RUN
Calculo_Pot_Torre,RUN Calculo_Pot_FanCoil,SET PotBombaN5 = PotBomba,SET PotChillerN5 =
PotChiller,SET PotTorreN5 = PotTorre,SET PotFanN5 = PotFan,IF TagChillerOutDIF < 6.69 || m >
(0.95*m_max),SET ConsumoN5 = 600000,ELSE,SET ConsumoN5 =
PotBombaN5+PotChillerN5+PotTorreN5+PotFanN5,ENDIF,SET ConsumoMIN = @Min ConsumoMIN
ConsumoN5,IF ConsumoMIN == 600000,SET Totima = Se_TagChillerOut - 1,ELSEIF ConsumoMIN ==
Consumo0,SET Totima = Se_TagChillerOut,ELSEIF ConsumoMIN == ConsumoP1,SET Totima =
Se_TagChillerOut + 0.1,ELSEIF ConsumoMIN == ConsumoP2,SET Totima = Se_TagChillerOut +
0.2,ELSEIF ConsumoMIN == ConsumoP3,SET Totima = Se_TagChillerOut + 0.3,ELSEIF ConsumoMIN
== ConsumoP4,SET Totima = Se_TagChillerOut + 0.4,ELSEIF ConsumoMIN == ConsumoP5,SET Totima
= Se_TagChillerOut + 0.5,ELSEIF ConsumoMIN == ConsumoN1,SET Totima = Se_TagChillerOut -
0.1,ELSEIF ConsumoMIN == ConsumoN2,SET Totima = Se_TagChillerOut - 0.2,ELSEIF ConsumoMIN
== ConsumoN3,SET Totima = Se_TagChillerOut - 0.3,ELSEIF ConsumoMIN == ConsumoN4,SET Totima
= Se_TagChillerOut - 0.4,ELSEIF ConsumoMIN == ConsumoN5,SET Totima = Se_TagChillerOut -
0.5,ELSE,SET Totima = 6.5,ENDIF,IF Totima > TagMax,SET Totima = TagMax,ENDIF,IF Totima <
6.69,SET Totima = 6.7,ENDIF,,;

```

```

EnergyManagementSystem:Program,VariaveisFixas,SET Timestep = 6,SET VBombaMax = 0.03004,SET
PotBombaMax = VBombaMax*195380/(0.78*0.9),SET VFanMax = 40.97345,SET PotFanMax =
VFanMax*709.33/0.3,SET CargaChillerMax = 794331.77,SET COPref = 5.172,SET P100 = 9953.08,SET
Var_alta = 28.8,SET UAalta = 51764.2,SET dt = 60*(60/Timestep),SET hlv = 2508,SET Tins_Setpoint =
12.8,SET Vol_AG = 22.53,SET Vol_AC = 30.38,SET Tcond_Setpoint = 29.4,SET ModeloTAG = 0,SET
ModeloTins = 1,SET ModeloTAC = 0,,;

```

!- A variavel "VBombaMax" deve ser calibrada com vazao máxima da bomba secundária

!- A variavel "VFanMax" deve ser calibrada com a vazao maximo do Fan-coil

!- A variavel "CargaChillerMax" deve ser calibrada com a capacidade de resfriamento do chiller

!- A variavel "P100" deve ser calibrada com a potencia de alta velocidade do ventilador da torre de arrefecimento

!- A variável “Var_alta” deve ser calibrada com a vazão de ar do ventilador da torre de arrefecimento quando está com a velocidade alta

!- A variável “UAalta” deve ser calibrada com o fator-U da torre de arrefecimento quando esta em alta velocidade

!- A variável “Vol_AG” e o valor do volume do loop de água gelada, sendo 21.26 para Curitiba, 23.58 para Santa Maria, 22.53 para São Paulo, 19.95 para Brasília, 27.45 para Macaé, 24.02 para Goiânia, 28.72 para Teresina e 29.28 para Rio de Janeiro

!- A variável “Vol_AC” e o valor do volume do loop de água de condensação, sendo 28.66 para Curitiba, 31.79 para Santa Maria, 30.38 para São Paulo, 26.89 para Brasília, 37.01 para Macaé, 32.38 para Goiânia, 38.72 para Teresina e 39.48 para Rio de Janeiro

!-As variáveis “ModeloTAG”, “SET ModeloTins” e “ModeloTAC” são as variáveis que definem qual o tipo de automação será simulado conforme as seguintes opções: (0,1,0) simula o modelo base, (1,1,0) simula o modelo ASHRAE-TAG, (0,1,1) simula o modelo ASHRAE-TAC, (1,1,1) simula o modelo ASHRAE, (3,1,0) simula o modelo Otimo-TAG, (2,2,0) simula o modelo Otimo-TAI, (0,1,2) simula o modelo Otimo-TAC, (3,2,0) simula o modelo Otimo-TAI+TAG, (2,2,2) simula o modelo Otimo-TAC+TAI, (3,1,2) simula o modelo Otimo-TAC+TAG e (3,2,2) simula o modelo Otimo-Integrado

```
EnergyManagementSystem:Program,Controle_Temp_Insuflacao,IF ModeloTins == 1,SET
Tins_Setpoint = 12.8,ENDIF,IF ModeloTins == 2,SET TarMax = 16,SET DIFins = 0,RUN
Calculo_mFan_PotFan_FunTins,IF TinsDIF < 12.75,SET Consu_insP0 = 600000,ELSE,SET Consu_insP0 =
ConTotal_Ins,ENDIF,SET DIFins = 0.1,RUN Calculo_mFan_PotFan_FunTins,IF TinsDIF < 12.75,SET
Consu_insP1 = 600000,ELSE,SET Consu_insP1 = ConTotal_Ins*1.01,ENDIF,SET DIFins = 0.2,RUN
Calculo_mFan_PotFan_FunTins,IF TinsDIF < 12.75,SET Consu_insP2 = 600000,ELSE,SET Consu_insP2 =
ConTotal_Ins*1.02,ENDIF,SET DIFins = 0.3,RUN Calculo_mFan_PotFan_FunTins,IF TinsDIF < 12.75,SET
Consu_insP3 = 600000,ELSE,SET Consu_insP3 = ConTotal_Ins*1.03,ENDIF,SET DIFins = 0.4,RUN
Calculo_mFan_PotFan_FunTins,IF TinsDIF < 12.75,SET Consu_insP4 = 600000,ELSE,SET Consu_insP4 =
ConTotal_Ins*1.04,ENDIF,SET DIFins = 0.5,RUN Calculo_mFan_PotFan_FunTins,IF TinsDIF < 12.75,SET
Consu_insP5 = 600000,ELSE,SET Consu_insP5 = ConTotal_Ins*1.05,ENDIF,SET DIFins = -0.1,RUN
Calculo_mFan_PotFan_FunTins,IF TinsDIF < 12.75,SET Consu_insN1 = 600000,ELSE,SET Consu_insN1
= ConTotal_Ins,ENDIF,SET DIFins = -0.2,RUN Calculo_mFan_PotFan_FunTins,IF TinsDIF < 12.75,SET
Consu_insN2 = 600000,ELSE,SET Consu_insN2 = ConTotal_Ins,ENDIF,SET DIFins = -0.3,RUN
Calculo_mFan_PotFan_FunTins,IF TinsDIF < 12.75,SET Consu_insN3 = 600000,ELSE,SET Consu_insN3
= ConTotal_Ins,ENDIF,SET DIFins = -0.4,RUN Calculo_mFan_PotFan_FunTins,IF TinsDIF < 12.75,SET
Consu_insN4 = 600000,ELSE,SET Consu_insN4 = ConTotal_Ins,ENDIF,SET DIFins = 0,RUN
Calculo_mFan_PotFan_FunTins,IF TinsDIF < 12.75,SET Consu_insN5 = 600000,ELSE,SET Consu_insN5
= ConTotal_Ins,ENDIF,SET Consu_insMIN = Consu_insP0,SET Consu_insMIN = @Min Consu_insMIN
Consu_insP1,SET Consu_insMIN = @Min Consu_insMIN Consu_insP2,SET Consu_insMIN = @Min
Consu_insMIN Consu_insP3,SET Consu_insMIN = @Min Consu_insMIN Consu_insP4,SET
Consu_insMIN = @Min Consu_insMIN Consu_insP5,SET Consu_insMIN = @Min Consu_insMIN
Consu_insN1,SET Consu_insMIN = @Min Consu_insMIN Consu_insN2,SET Consu_insMIN = @Min
Consu_insMIN Consu_insN3,SET Consu_insMIN = @Min Consu_insMIN Consu_insN4,SET
Consu_insMIN = @Min Consu_insMIN Consu_insN5,IF ConsumoMIN == 600000,SET Tinsuflacao =
Tins_Setpoint,ELSEIF Consu_insMIN == Consu_insP0,SET Tinsuflacao = Tins_Setpoint,ELSEIF
Consu_insMIN == Consu_insP1,SET Tinsuflacao = Tins_Setpoint + 0.1,ELSEIF Consu_insMIN ==
Consu_insP2,SET Tinsuflacao = Tins_Setpoint + 0.2,ELSEIF Consu_insMIN == Consu_insP3,SET
Tinsuflacao = Tins_Setpoint + 0.3,ELSEIF Consu_insMIN == Consu_insP4,SET Tinsuflacao =
Tins_Setpoint + 0.4,ELSEIF Consu_insMIN == Consu_insP5,SET Tinsuflacao = Tins_Setpoint +
0.5,ELSEIF Consu_insMIN == Consu_insN1,SET Tinsuflacao = Tins_Setpoint - 0.1,ELSEIF Consu_insMIN
== Consu_insN2,SET Tinsuflacao = Tins_Setpoint - 0.2,ELSEIF Consu_insMIN == Consu_insN3,SET
Tinsuflacao = Tins_Setpoint - 0.3,ELSEIF Consu_insMIN == Consu_insN4,SET Tinsuflacao =
```

Tins_Setpoint - 0.4,ELSEIF Consu_insMIN == Consu_insN5,SET Tinsuflacao = Tins_Setpoint - 0.5,ENDIF,SET DIFins = Tinsuflacao - Tins_Setpoint,SET Tins_Setpoint = (@Round (Tinsuflacao*100))/100,IF DayOfYear ==1 || Se_HVACON == 0,SET Tins_Setpoint = 12.8,ENDIF,IF Tins_Setpoint >TarMax,SET Tins_Setpoint = TarMax,ENDIF,ENDIF,,,,,,,,;

EnergyManagementSystem:Program,Controle_Temp_Condensacao,IF ModeloTAC == 0,SET TAC_DIF = Se_TAC_Sched,SET Tcond_Setpoint = 29.4,ENDIF,IF ModeloTAC == 1,SET Tcond_Setpoint = Se_TBU_ext + 5.6,IF Tcond_Setpoint > 29.4,SET Tcond_Setpoint = 29.4,ELSEIF Tcond_Setpoint < 21,SET Tcond_Setpoint = 21,ENDIF,ENDIF,IF ModeloTAC == 2,SET TACMax = 29.5,SET TACMin = Se_TBU_ext,SET Tag_pri_InDIF = Se_TagChillerIn,SET TagChillerOutDIF = Se_TagChillerOut,SET DIFac = 0,SET TAC_DIF = Tcond_Setpoint + DIFac,RUN Calculo_Pot_Chiller,SET PotChillerTAC_P0 = PotChiller,RUN Calculo_Pot_Torre,SET PotTorreTAC_P0 = PotTorre,IF TAC_DIF < (TACMin - 0.01) && TAC_DIF > (TACMax + 0.01),SET Consu_acP0 = 600000,ELSE,SET Consu_acP0 = PotChillerTAC_P0 + PotTorreTAC_P0,ENDIF,SET DIFac = 0.1,SET TAC_DIF = Tcond_Setpoint + DIFac,RUN Calculo_Pot_Chiller,SET PotChillerTAC_P1 = PotChiller,RUN Calculo_Pot_Torre,SET PotTorreTAC_P1 = PotTorre,IF TAC_DIF < (TACMin - 0.01) || TAC_DIF > (TACMax + 0.01),SET Consu_acP1 = 600000,ELSE,SET Consu_acP1 = (PotChillerTAC_P1 + PotTorreTAC_P1)*1,ENDIF,SET DIFac = 0.2,SET TAC_DIF = Tcond_Setpoint + DIFac,RUN Calculo_Pot_Chiller,SET PotChillerTAC_P2 = PotChiller,RUN Calculo_Pot_Torre,SET PotTorreTAC_P2 = PotTorre,IF TAC_DIF < (TACMin - 0.01) || TAC_DIF > (TACMax + 0.01),SET Consu_acP2 = 600000,ELSE,SET Consu_acP2 = (PotChillerTAC_P2 + PotTorreTAC_P2)*1,ENDIF,SET DIFac = 0.3,SET TAC_DIF = Tcond_Setpoint + DIFac,RUN Calculo_Pot_Chiller,SET PotChillerTAC_P3 = PotChiller,RUN Calculo_Pot_Torre,SET PotTorreTAC_P3 = PotTorre,IF TAC_DIF < (TACMin - 0.01) || TAC_DIF > (TACMax + 0.01),SET Consu_acP3 = 600000,ELSE,SET Consu_acP3 = (PotChillerTAC_P3 + PotTorreTAC_P3)*1,ENDIF,SET DIFac = 0.4,SET TAC_DIF = Tcond_Setpoint + DIFac,RUN Calculo_Pot_Chiller,SET PotChillerTAC_P4 = PotChiller,RUN Calculo_Pot_Torre,SET PotTorreTAC_P4 = PotTorre,IF TAC_DIF < (TACMin - 0.01) || TAC_DIF > (TACMax + 0.01),SET Consu_acP4 = 600000,ELSE,SET Consu_acP4 = (PotChillerTAC_P4 + PotTorreTAC_P4)*1,ENDIF,SET DIFac = 0.5,SET TAC_DIF = Tcond_Setpoint + DIFac,RUN Calculo_Pot_Chiller,SET PotChillerTAC_P5 = PotChiller,RUN Calculo_Pot_Torre,SET PotTorreTAC_P5 = PotTorre,IF TAC_DIF < (TACMin - 0.01) || TAC_DIF > (TACMax + 0.01),SET Consu_acP5 = 600000,ELSE,SET Consu_acP5 = (PotChillerTAC_P5 + PotTorreTAC_P5)*1,ENDIF,SET DIFac = -0.1,SET TAC_DIF = Tcond_Setpoint + DIFac,RUN Calculo_Pot_Chiller,SET PotChillerTAC_N1 = PotChiller,RUN Calculo_Pot_Torre,SET PotTorreTAC_N1 = PotTorre,IF TAC_DIF < (TACMin - 0.01) || TAC_DIF > (TACMax + 0.01),SET Consu_acN1 = 600000,ELSE,SET Consu_acN1 = PotChillerTAC_N1 + PotTorreTAC_N1,ENDIF,SET DIFac = -0.2,SET TAC_DIF = Tcond_Setpoint + DIFac,RUN Calculo_Pot_Chiller,SET PotChillerTAC_N2 = PotChiller,RUN Calculo_Pot_Torre,SET PotTorreTAC_N2 = PotTorre,IF TAC_DIF < (TACMin - 0.01) || TAC_DIF > (TACMax + 0.01),SET Consu_acN2 = 600000,ELSE,SET Consu_acN2 = PotChillerTAC_N2 + PotTorreTAC_N2,ENDIF,SET DIFac = -0.3,SET TAC_DIF = Tcond_Setpoint + DIFac,RUN Calculo_Pot_Chiller,SET PotChillerTAC_N3 = PotChiller,RUN Calculo_Pot_Torre,SET PotTorreTAC_N3 = PotTorre,IF TAC_DIF < (TACMin - 0.01) || TAC_DIF > (TACMax + 0.01),SET Consu_acN3 = 600000,ELSE,SET Consu_acN3 = PotChillerTAC_N3 + PotTorreTAC_N3,ENDIF,SET DIFac = -0.4,SET TAC_DIF = Tcond_Setpoint + DIFac,RUN Calculo_Pot_Chiller,SET PotChillerTAC_N4 = PotChiller,RUN Calculo_Pot_Torre,SET PotTorreTAC_N4 = PotTorre,IF TAC_DIF < (TACMin - 0.01) || TAC_DIF > (TACMax + 0.01),SET Consu_acN4 = 600000,ELSE,SET Consu_acN4 = PotChillerTAC_N4 + PotTorreTAC_N4,ENDIF,SET DIFac = -0.5,SET TAC_DIF = Tcond_Setpoint + DIFac,RUN Calculo_Pot_Chiller,SET PotChillerTAC_N5 = PotChiller,RUN Calculo_Pot_Torre,SET PotTorreTAC_N5 = PotTorre,IF TAC_DIF < (TACMin - 0.01) || TAC_DIF > (TACMax + 0.01),SET Consu_acN5 = 600000,ELSE,SET Consu_acN5 = PotChillerTAC_N5 + PotTorreTAC_N5,ENDIF,SET Consu_ACMIN = Consu_acP0,SET Consu_ACMIN = @Min Consu_ACMIN Consu_acP1,SET Consu_ACMIN = @Min Consu_ACMIN Consu_acP2,SET Consu_ACMIN = @Min Consu_ACMIN Consu_acP3,SET Consu_ACMIN = @Min Consu_ACMIN Consu_acP4,SET Consu_ACMIN = @Min Consu_ACMIN Consu_acP5,SET Consu_ACMIN = @Min Consu_ACMIN

```

Consu_acN1,SET Consu_ACMIN = @Min Consu_ACMIN Consu_acN2,SET Consu_ACMIN = @Min
Consu_ACMIN Consu_acN3,SET Consu_ACMIN = @Min Consu_ACMIN Consu_acN4,SET
Consu_ACMIN = @Min Consu_ACMIN Consu_acN5,IF Consu_ACMIN == 600000,SET Tcond_Setpoint
= Tcond_Setpoint,ELSEIF Consu_ACMIN == Consu_ACP0,SET Tcond_Setpoint = Tcond_Setpoint,ELSEIF
Consu_ACMIN == Consu_ACP1,SET Tcond_Setpoint = Tcond_Setpoint + 0.1,ELSEIF Consu_ACMIN ==
Consu_ACP2,SET Tcond_Setpoint = Tcond_Setpoint + 0.2,ELSEIF Consu_ACMIN == Consu_ACP3,SET
Tcond_Setpoint = Tcond_Setpoint + 0.3,ELSEIF Consu_ACMIN == Consu_ACP4,SET Tcond_Setpoint =
Tcond_Setpoint + 0.4,ELSEIF Consu_ACMIN == Consu_ACP5,SET Tcond_Setpoint = Tcond_Setpoint +
0.5,ELSEIF Consu_ACMIN == Consu_ACN1,SET Tcond_Setpoint = Tcond_Setpoint - 0.1,ELSEIF
Consu_ACMIN == Consu_ACN2,SET Tcond_Setpoint = Tcond_Setpoint - 0.2,ELSEIF Consu_ACMIN ==
Consu_ACN3,SET Tcond_Setpoint = Tcond_Setpoint - 0.3,ELSEIF Consu_ACMIN == Consu_ACN4,SET
Tcond_Setpoint = Tcond_Setpoint - 0.4,ELSEIF Consu_ACMIN == Consu_ACN5,SET Tcond_Setpoint =
Tcond_Setpoint - 0.5,ENDIF,SET Tcond_Setpoint = (@Round (Tcond_Setpoint*100))/100,IF
DayOfYear == 1 || Se_HVACON == 0,SET Tcond_Setpoint = Se_TBU_ext + 5.6,ENDIF,IF Tcond_Setpoint
> TACMax,SET Tcond_Setpoint = TACMax,ENDIF,IF Tcond_Setpoint < TACMin,SET Tcond_Setpoint =
TACMin,ENDIF,ENDIF,SET Tcond_Setpoint = (@Round (Tcond_Setpoint*100))/100,SET
Tcond_SetpointASHRAE = Se_TBU_ext + 5.6,SET T = TBU_ext,,,,,,,,;

```

```

EnergyManagementSystem:Program,Programa_Condicoes_Ext,SET TBU_ext = Se_TBU_ext,SET
Har_ext = Se_Har_ext,SET TBS_ext = Se_TBS_ext,,,,,,,,,,,,,,,,;

```

```

EnergyManagementSystem:Program,Programa_TAGotima,IF ModeloTAG == 0,SET Temp =
6.7,ENDIF,IF ModeloTAG == 1,IF Se_TBS_ext >= 26.7,SET Temp = 6.7,ELSEIF Se_TBS_ext < 26.7 &&
Se_TBS_ext > 15.5,SET Temp = 6.7 + (26.7-Se_TBS_ext)*(12-6.7)/(26.7-15.5),ELSEIF Se_TBS_ext <=
15.5,SET Temp = 12,ENDIF,ENDIF,IF ModeloTAG == 2,IF Se_CargaTermica_FC > 0.01,SET Temp =
Totima,ELSE,SET Temp = 6.7,ENDIF,ENDIF,IF ModeloTAG == 3,Run Calculo_Mw,IF Se_HVACON == 1
&& Se_CargaTermica_FC >= CargaMaxDia,SET Tmin = Totima,SET Tmin2 = Tmin,ENDIF,SET
CargaMaxDia = @TrendMax HistoricoCT (Timestep*hour),SET CargaFCmax = @TrendMax HistoricoCT
(Timestep*hour),IF Inicio == 1,SET HistoricoCT = 0,ELSE,SET HistoricoCT =
Se_CargaTermica_FC,ENDIF,SET CargaAntiga = @TrendValue HistoricoCT (Mw),IF Hour == 23 &&
Minute == 60,SET CargaAntigaFCmax = @TrendMax HistoricoCT (Mw),SET Tminima = Tmin2,SET
Inicio = 1,SET Tmin = 13,ENDIF,SET Carga1h = @TrendAverage HistoricoCT Timestep,SET
CargaAntigaTrend = CargaAntiga,SET CargaAntiga1h = @TrendAverage CargaAntigaTrend Timestep,IF
Se_CargaTermica_FC > 0.01 && DayOfYear == 1,SET Temp = Totima,ENDIF,IF hour < 8 &&
Se_CargaTermica_FC > 0.01 && DayOfYear > 1,SET Tmax2=6.7+(Tminima-6.7)*(CargaChillerMax-
1.5*Se_CargaTermica_FC)/(CargaChillerMax-CargaAntiga),SET Tmax = 6.7+(Tminima-
6.7)*(CargaChillerMax-Se_CargaTermica_FC)/(CargaChillerMax-CargaAntiga),IF TAG_Setpoint <=
Tmax2,SET Tlimite = Tmax2,SET OBSERVACAO2 = 508.1,ELSEIF TAG_Setpoint > Tmax1 &&
TAG_Setpoint < Tmax2,SET Tlimite = TAG_Setpoint,SET OBSERVACAO2 = 508.2,ELSEIF TAG_Setpoint
>= Tmax,SET Tlimite = Tmax,SET OBSERVACAO2 = 508.3,ENDIF,IF Totima<=Tlimite &&
Se_CargaChiller>=(0.1*CargaChillerMax),SET Temp = Totima,SET OBSERVACAO = 108.1,ELSEIF
Totima>Tlimite,SET Temp = Tlimite,SET OBSERVACAO = 108.2,ENDIF,IF Inicio == 1,SET Temp =
Tmax2,SET Inicio = 0,ENDIF,ENDIF,IF hour >= 8 && hour < 11 && Se_CargaTermica_FC > 0.01 &&
DayOfYear > 1,SET Tmax=6.7+(Tminima-6.7)*(CargaChillerMax-Carga1h)/(CargaChillerMax-
CargaAntiga1h),SET Tmax2=6.7+(Tminima-6.7)*(CargaChillerMax-1.3*Carga1h)/(CargaChillerMax-
CargaAntiga1h),IF TAG_Setpoint <= Tmax2,SET Tlimite = Tmax2,ELSEIF TAG_Setpoint > Tmax1 &&
TAG_Setpoint < Tmax2,SET Tlimite = TAG_Setpoint,ELSEIF TAG_Setpoint >= Tmax,SET Tlimite =
Tmax,ENDIF,IF Totima<=Tlimite && Se_CargaChiller>=(0.1*CargaChillerMax),SET Temp = Totima,SET
OBSERVACAO = 109.1,ELSEIF Totima>Tlimite,SET Temp = Tlimite,SET OBSERVACAO =
109.2,ENDIF,ENDIF,IF hour >= 11 && hour < 18 && Se_CargaTermica_FC > 0.01 && DayOfYear >
1,SET OBSERVACAO = 1012.0001,SET Tmax=6.7+(Tminima-6.7)*(CargaChillerMax-
Carga1h)/(CargaChillerMax-CargaAntiga1h),SET Tmax2=6.7+(Tminima-6.7)*(CargaChillerMax-
1.2*Carga1h)/(CargaChillerMax-CargaAntiga1h),IF TAG_Setpoint <= Tmax2,SET Tlimite =

```

```

Tmax2,ELSEIF TAG_Setpoint > Tmax1 && TAG_Setpoint < Tmax2,SET Tlimite = TAG_Setpoint,ELSEIF
TAG_Setpoint >= Tmax,SET Tlimite = Tmax,ENDIF,IF Totima<=Tlimite &&
Se_CargaChiller>=(0.1*CargaChillerMax),SET Temp = Totima,SET OBSERVACAO = 1012.1,ELSEIF
Totima>Tlimite && Se_CargaTermica_FC >= Carga1h && hour <= 15,SET Temp = Tlimite,SET
OBSERVACAO = 1012.2,ELSEIF Totima>Tlimite && Se_CargaTermica_FC < Carga1h && hour <= 15,SET
Temp = TAG_Setpoint,SET OBSERVACAO = 1012.3,ELSEIF
Se_CargaChiller<=(0.1*CargaChillerMax),SET Temp = Tlimite,SET OBSERVACAO = 1012.424,ELSE,SET
Temp = Tmin2,SET OBSERVACAO = 1012.42,ENDIF,ENDIF,IF hour >= 18 && Se_CargaTermica_FC >
0.01 && DayOfYear > 1,SET Tmax=6.7+(Tmin2-6.7)*(CargaChillerMax-
Se_CargaTermica_FC)/(CargaChillerMax-CargaMaxDia),SET Tmax2=6.7+(Tmin2-
6.7)*(CargaChillerMax-1.1*Se_CargaTermica_FC)/(CargaChillerMax-CargaMaxDia),IF TAG_Setpoint
<= Tmax2,SET Tlimite = Tmax2,ELSEIF TAG_Setpoint > Tmax1 && TAG_Setpoint < Tmax2,SET Tlimite =
TAG_Setpoint,ELSEIF TAG_Setpoint >= Tmax,SET Tlimite = Tmax,ENDIF,IF Totima<=Tlimite &&
Se_CargaChiller>=(0.1*CargaChillerMax),SET Temp = Totima,SET OBSERVACAO = 1018.1,ELSEIF
Totima>Tlimite,SET Temp = Tlimite,SET OBSERVACAO = 1018.2,ENDIF,ENDIF,IF Se_HVACON == 1 &&
Se_CargaTermica_FC < 0.01,SET Temp = TAG_Setpoint,ENDIF,IF Se_HVACON == 0 && DayOfYear ==
1,SET Temp = 6.7,SET OBSERVACAO = 1020.1,ELSEIF Se_HVACON == 0 && DayOfYear > 1,SET Temp =
Tminima - 1,SET OBSERVACAO = 1020.2,ENDIF,ENDIF,SET TAG_Setpoint = (@Round
(Temp*100))/100,IF TAG_Setpoint >TagMax,SET TAG_Setpoint = TagMax,ENDIF,IF TAG_Setpoint <
6.7,SET TAG_Setpoint = 6.7,ENDIF,,;

```

```

EnergyManagementSystem:Subroutine,Calculo_Pot_Bomba,SET VazaoBomba = m / (@RhoH2O
TFCagInDIF),SET PLR_Bomba = VazaoBomba/VBombaMax,SET FUN_PLR_Bomba = 0 + 0*PLR_Bomba
+ (1*(PLR_Bomba)^2) + (0*(PLR_Bomba)^3),SET PotBomba =
PotBombaMax*FUN_PLR_Bomba,,,,,,,,,,,,;

```

```

EnergyManagementSystem:Subroutine,Calculo_Pot_Torre,SET TAC_In = TacTorreInDIF,SET Hsaida0 =
@HFnTdbRhPb Se_TB SarIn 1 Se_PbarIn,SET W01 = @WFnTdbRhPb Se_TB SarIn 1 Se_PbarIn,SET
TWBsaida0 = @TwbFnTdbWPb Se_TB SarIn W01 Se_PbarIn,SET TBUarIn = TBU_ext,SET HarIn =
Har_ext,SET ERRO1 = 1.5,SET LOOPTorre1 = 0,SET ERRO2 = 1.5,SET LOOPTorre2 = 0,SET ERRO3 =
1.5,SET LOOPTorre3 = 0,SET TWBsaida1 = TWBsaida0,SET Hsaida1 = Hsaida0,WHILE ERRO1>(0.1^8)
&& LOOPTorre1<20,SET cpe1 = (Hsaida1-HarIn)/(TWBsaida1-TBUarIn),SET UAe1 =
(UAalta*0.1)*cpe1/ (@CpAirFnWTdb Se_WarIn Se_TB SarIn),SET Ca1 =
(Var_alta*0.1*Se_DarIn)*cpe1,SET Cw1 = Se_m_Torre*(@CpCW TAC_In),IF Cw1 < Ca1,SET Cmim1 =
Cw1,SET Cmax1 = Ca1,ELSE,SET Cmim1 = Ca1,SET Cmax1 = Cw1,ENDIF,SET C1 = Cmim1/Cmax1,SET
NUT1 = UAe1/Cmim1,SET e1 = (1- (@EXP(0-NUT1*(1-C1))))/(1-C1*(@EXP(0-NUT1*(1-C1))))),SET
Qtot01 = Qtot1,SET Qtot1 = e1*Cmim1*(TAC_In - TBUarIn),SET TWBsaida1 = TBUarIn +
Qtot1/Ca1,SET Hsaida1 = @HFnTdbRhPb TWBsaida1 1 Se_PbarIn,SET ERRO1 = (Qtot1-Qtot01)^2,SET
LOOPTorre1 = LOOPTorre1 + 1,ENDWHILE,SET TWout1 = TAC_In - Qtot1/Cw1,SET TWBsaida2 =
TWBsaida0,SET Hsaida2 = Hsaida0,WHILE ERRO2>(0.1^8) && LOOPTorre2<20,SET cpe2 = (Hsaida2-
HarIn)/(TWBsaida2-TBUarIn),SET UAe2 = (UAalta*0.6)*cpe2/ (@CpAirFnWTdb Se_WarIn
Se_TB SarIn),SET Ca2 = (Var_alta*0.5*Se_DarIn)*cpe2,SET Cw2 = Se_m_Torre*(@CpCW Se_TAC_In),IF
Cw2 < Ca2,SET Cmim2 = Cw2,SET Cmax2 = Ca2,ELSE,SET Cmim2 = Ca2,SET Cmax2 = Cw2,ENDIF,SET C2 =
Cmim2/Cmax2,SET NUT2 = UAe2/Cmim2,SET e2 = (1- (@EXP(0-NUT2*(1-C2))))/(1-C2*(@EXP(0-
NUT2*(1-C2))))),SET Qtot02 = Qtot2,SET Qtot2 = e2*Cmim2*(TAC_In - TBUarIn),SET TWBsaida2 =
TBUarIn + Qtot2/Ca2,SET Hsaida2 = @HFnTdbRhPb TWBsaida2 1 Se_PbarIn,SET ERRO2 = (Qtot2-
Qtot02)^2,SET LOOPTorre2 = LOOPTorre2 + 1,ENDWHILE,SET TWout2 = TAC_In - Qtot2/Cw2,SET
TWBsaida3 = TWBsaida0,SET Hsaida3 = Hsaida0,WHILE ERRO3>(0.1^8) && LOOPTorre3<20,SET
cpe3 = (Hsaida3-HarIn)/(TWBsaida3-TBUarIn),SET UAe3 = UAalta*cpe3/ (@CpAirFnWTdb Se_WarIn
Se_TB SarIn),SET Ca3 = (Var_alta*Se_DarIn)*cpe3,SET Cw3 = Se_m_Torre*(@CpCW TAC_In),IF Cw3 <
Ca3,SET Cmim3 = Cw3,SET Cmax3 = Ca3,ELSE,SET Cmim3 = Ca3,SET Cmax3 = Cw3,ENDIF,SET C3 =
Cmim3/Cmax3,SET NUT3 = UAe3/Cmim3,SET e3 = (1- (@EXP(0-NUT3*(1-C3))))/(1-C3*(@EXP(0-
NUT3*(1-C3))))),SET Qtot03 = Qtot3,SET Qtot3 = e3*Cmim3*(TAC_In - TBUarIn),SET TWBsaida3 =

```



```
TBUarIn + Qtot3/Ca3,SET Hsaida3 = @HFnTdbRhPb TWBsaida3 1 Se_PbarIn,SET ERRO3 = (Qtot3-Qtot03)^2,SET LOOPTorre3 = LOOPTorre3 + 1,ENDWHILE,SET TWout3 = TAC_In - Qtot3/Cw3,IF TWout1 <= TAC_DIF,SET TWout=TWout1,SET PotTorre = 0,SET LEVEL = 0,SET w = 0,ELSEIF TWout2 <= TAC_DIF,SET w = (TAC_DIF - TWout1)/(TWout2 - TWout1),SET PotTorre = w*P100*0.16,SET LEVEL = 1,ELSEIF TWout3 <= TAC_DIF,SET w = (TAC_DIF - TWout2)/(TWout3 - TWout2),SET PotTorre = w*P100 + (1-w)*P100*0.16,SET LEVEL = 2,ELSE,SET TWout = TWout3,SET PotTorre = P100,SET w = 1,SET LEVEL = 2,ENDIF,,,,,,,,,,,,;
```

```
EnergyManagementSystem:Subroutine,Calculo_Pot_Chiller,SET TAG_In = Tag_pri_InDIF,SET TAG_Out = TagChillerOutDIF,SET TAC_Out_DIF = TAC_DIF,SET LOOPTMC2 = 0,SET ERROTCM2 = 1.5,SET MtankC2 = Vol_AC*(@RhoH2O TtankConsumo02)*1/2,SET TtankConsumo02 = Se_TacChillerIn,SET TtankC02 = Se_TacChillerIn,WHILE ERROTCM2 > (0.1^8) && LOOPTMC2<20,SET XTankC02 = MtankC2*(@CpCW TtankC02)/(Se_m_Torre*(@CpCW Se_TAC_Sched)*dt),SET TtankConsumo02 = TtankC02,SET TtankC02=Se_TAC_Sched+(Se_TacChillerIn-Se_TAC_Sched)/(XTankC02*(1-(@EXP (0-1/XTankC02))))),SET LOOPTMC2 = LOOPTMC2 + 2,SET ERROTCM2 = (TtankConsumo02-TtankC02)^2,ENDWHILE,SET X_TtankC2 = MtankC2*(@CpCW TtankC02)/(Se_m_Torre*(@CpCW TAC_Out_DIF)*dt),SET TMC2 = TAC_Out_DIF + X_TtankC2*(TtankC02 - TAC_Out_DIF)*(1-(@EXP (0-1/X_TtankC2))),SET TAC_In = TMC2,IF ModeloTAC == 2 && TAC_DIF <> Tcond_Setpoint,SET TAC_In = TAC_DIF,ENDIF,SET CargaChiller0 = m_max*(@CpCW Se_TagChillerIn) * (Se_TagChillerIn - Se_TagChillerOut),SET ERROCargaChiller = CargaChiller0/Se_CargaChiller,IF DIF>0,SET CargaAcrescida = m_max*(@CpCW TAG_In) * (DIF/2)*0,ELSE,SET CargaAcrescida = 0,ENDIF,SET CargaChiller = (m_max*(@CpCW TAG_In) * (TAG_In - TAG_Out))/ERROCargaChiller + CargaAcrescida,SET CurvaCAPFTempPar1 = 0.85079162-0.01425319*(TAG_Out)-0.00161799*(TAG_Out^2),SET CurvaCAPFTempPar2 = +0.02638438*(TAC_In)-0.00091543*(TAC_In^2),SET CurvaCAPFTempPar3 = +0.00169601*(TAG_Out)*(TAC_In),SET CurvaCAPFTemp = CurvaCAPFTempPar1+CurvaCAPFTempPar2+CurvaCAPFTempPar3,SET PLR_Chiller = CargaChiller/(CargaChillerMax*CurvaCAPFTemp),SET CurvaEIRFTempPar1 = 0.64167415+0.00630389*(TAG_Out)+0.00092334*(TAG_Out^2),SET CurvaEIRFTempPar2 = -0.00455294*(TAC_In)+0.00082568*(TAC_In^2),SET CurvaEIRFTempPar3 = -0.00156152*(TAG_Out)*(TAC_In),SET CurvaEIRFTemp = CurvaEIRFTempPar1+CurvaEIRFTempPar2+CurvaEIRFTempPar3,SET CurvaEIRFPLR = 0.30374833+0.23554291*(PLR_Chiller)+0.46070828*(PLR_Chiller^2),IF CargaChiller > 0.00001,SET PotChiller = (CargaChillerMax/COPref)*CurvaCAPFTemp*CurvaEIRFTemp*CurvaEIRFPLR,ELSE,SET PotChiller = 0,ENDIF,SET CargaCond = CargaChiller + PotChiller,SET TacChillerOutDIF = TAC_In + CargaCond/(Se_m_Cond*(@CpCW TAC_In_DIF)),SET LOOPTMC1 = 0,SET ERROTCM1 = 1.5,SET MtankC1 = Vol_AG*(@RhoH2O TtankConsumo01)*1/2,SET TtankConsumo01 = Se_TacTorreIn,SET TtankC01 = Se_TacTorreIn,WHILE ERROTCM1 > (0.1^8) && LOOPTMC1<20,SET XTankC01 = MtankC1*(@CpCW TtankC01)/(Se_m_Torre*(@CpCW Se_TacChillerOut)*dt),SET TtankConsumo01 = TtankC01,SET TtankC01=Se_TacChillerOut+(Se_TacTorreIn-Se_TacChillerOut)/(XTankC01*(1-(@EXP (0-1/XTankC01))))),SET LOOPTMC1 = LOOPTMC1 + 1,SET ERROTCM1 = (TtankConsumo01-TtankC01)^2,ENDWHILE,SET X_TtankC1 = MtankC1*(@CpCW TtankC01)/(Se_m_Torre*(@CpCW TacChillerOutDIF)*dt),SET TMC1 = TacChillerOutDIF + X_TtankC1*(TtankC01 - TacChillerOutDIF)*(1-(@EXP (0-1/X_TtankC1))),SET TacTorreInDIF = TMC1,,,,,,,,,,,,;
```

```
EnergyManagementSystem:Subroutine,Calculo_Pot_FanCoil,IF mFAN < 0.001,SET FUN_PLR_Fan = 0,ELSEIF mFAN >= 0.001,SET PLR_Fan = mFAN/(VFanMax*(@RHoAirFnPbTdbW 92043 20 0)),IF PLR_Fan < 0.2,SET PLR_Fan = 0.2,ENDIF,SET FUN_PLR_Fan = 0.0013+0.147*(PLR_Fan)+0.9506*(PLR_Fan^2)-0.0998*(PLR_Fan^3)+(0*(PLR_Fan^4)),ENDIF,SET PotFan = PotFanMax*FUN_PLR_Fan,,,,,,,,;
```

```
EnergyManagementSystem:Subroutine,Calculo_Tag_RetornoDIF,SET TFCarOut = Se_TFCarOut + DIFins,SET TFCarIn = Se_TFCarIn,SET A0 = TFCarIn - Se_TFCagOut,SET B0 = Se_TFCarOut - Se_TFCagIn,SET UA = (Se_CargaTermica_FC * (@Ln(A0/B0)))/(A0 - B0),SET LOOPTM1 = 0,SET
```

```

ERROTM1 = 1.5,SET Mtank1 = Vol_AG*(@RhoH2O Ttank01)*3/4,SET Ttank001 = Se_TFCagIn,SET
Ttank01 = Se_TFCagIn,WHILE ERROTM1 > (0.1^8) && LOOPTM1<20,SET XTank01 =
Mtank1*(@CpCW Ttank01)/(m_max*(@CpCW Se_TagChillerOut)*dt),SET Ttank001 = Ttank01,SET
Ttank01 = Se_TagChillerOut+(Se_TFCagIn-Se_TagChillerOut)/(XTank01*(1-(@EXP (0-
1/XTank01)))),SET LOOPTM1 = LOOPTM1 + 1,SET ERROTM1 = (Ttank001-Ttank01)^2,ENDWHILE,SET
X_Ttank1 = Mtank1*(@CpCW Ttank01)/(m_max*(@CpCW TagChillerOutDIF)*dt),SET TM1 =
TagChillerOutDIF + X_Ttank1*(Ttank01 - TagChillerOutDIF)*(1-(@EXP (0-1/X_Ttank1))),SET
TFCagInDIF = TM1,SET LOOP = 0,SET Xk0 = A0,SET ERRO = 1,SET A1 = TFCarIn - Se_TFCagOut,WHILE
ERRO > (0.1^8) && LOOP<50,SET B1 = TFCarOut - TFCagInDIF,SET FX = B1 - Xk0 +
(Se_CargaTermica_FC/UA)*(@Ln(Xk0/B1)),SET dFX = ((Se_CargaTermica_FC/UA)/Xk0) - 1,SET Xk =
Xk0 - FX/dFX,SET Xk0= Xk,SET A1 = Xk,SET ERRO = FX^2,SET LOOP = LOOP + 1,ENDWHILE,SET
TFCagOutDIF = TFCarIn - Xk,SET m = CargaTermica / ((@CpCW TFCagInDIF)*(TFCagOutDIF -
TFCagInDIF)),SET LOOPTM2 = 0,SET ERROTM2 = 1.5,SET Mtank2 = Vol_AG*(@RhoH2O
Ttank002)*1/4,SET Tsaida0 = (Se_Tag_pri_In*m_max - Se_TFCagIn*(m_max-
Se_VMassicaSec))/Se_VMassicaSec,SET Ttank002 = Tsaida0,SET Ttank02 = Tsaida0,WHILE ERROTM2
> (0.1^8) && LOOPTM2 < 10,SET XTank02 = Mtank2*(@CpCW Ttank02)/(Se_VMassicaSec*(@CpCW
Se_TFCagOut)*dt),SET Ttank002 = Ttank02,SET Ttank02 = Se_TFCagOut+(Tsaida0-
Se_TFCagOut)/(XTank02*(1-(@EXP (0-1/XTank02)))),SET LOOPTM2 = LOOPTM2 + 1,SET ERROTM2 =
(Ttank002-Ttank02)^2,ENDWHILE,SET X_Ttank2 = Mtank2*(@CpCW Ttank02)/(m*(@CpCW
TFCagOutDIF)*dt),SET TM2 = TFCagOutDIF + X_Ttank2*(Ttank02 - TFCagOutDIF)*(1-(@EXP (0-
1/X_Ttank2))),SET Tag_pri_InDIF = (TM2*m + (m_max-m)*TFCagInDIF)/m_max,,,,;

```

```

EnergyManagementSystem:Subroutine,Calculo_mFan_PotFan_FunTins,SET PressaoCoil =
Se_PaFCarOut,SET TemperaturaCoil = Se_TFCarOut,SET HentalpyCoil = Se_HFCarOut,SET
UmidadeCoil = Se_WFCarOut,SET URCoil = Se_RHFCarOut,SET TBUCoil = Se_TbuHeatarOut,SET
URNova = Se_RHFCarOut,SET TinsDIF = Se_TFCarOut + DIFins,SET Hnova = (@HFnTdbRhPb TinsDIF
(URNova/100) Se_PaFCarOut),SET ERROins = 1.5,SET LOOPins = 0,SET Hear = Se_HFCarIn,SET mar_ins
= Se_m_FAN,WHILE ERROins > (0.1^8) && LOOPins<20,SET mar_ins0 = mar_ins,SET mar_ins =
Se_CargaTermica_FC / (Hear - Hnova),SET PLR_Fan = mar_ins/(50.231*(@RHoAirFnPbTdbW 92043
20 0)),SET FUN_PLR_Fan = 0.0013+0.147*(PLR_Fan)+0.9506*(PLR_Fan^2)-
0.0998*(PLR_Fan^3)+(0*(PLR_Fan^4)),SET PotFan = PotFanMax*FUN_PLR_Fan,SET Hear =
Se_Hmistura + PotFan/mar_ins,SET ERROins = (mar_ins0 - mar_ins)^2,SET LOOPins = LOOPins
+1,ENDWHILE,SET ERRO = 100*(1-mar_ins/Se_m_FAN),SET TFCarInDIF = @TdbFnHW Hear
Se_WFCarIn,SET TagChillerOutDIF = Se_TagChillerOut,RUN Calculo_Tag_RetornoDIF,SET mFAN =
mar_ins,RUN Calculo_Pot_FanCoil,SET Pfan = PotFan,RUN Calculo_Pot_Bomba,SET Ppump =
PotBomba,RUN Calculo_Pot_Chiller,SET Pchiller = PotChiller,RUN Calculo_Pot_Torre,SET Ptorre =
PotTorre,SET ConTotal_Ins = Pfan+Ppump+Pchiller+Ptorre,SET HantigaX = Se_HFCarOut,;

```

```

EnergyManagementSystem:Subroutine,Calculo_CargaTermica_Corrigida,SET PressaoCoil =
Se_PaFCarOut,SET TemperaturaCoil = Se_TFCarOut,SET HentalpyCoil = Se_HFCarOut,SET
UmidadeCoil = Se_WFCarOut,SET URCoil = Se_RHFCarOut,SET TBUCoil = Se_TbuHeatarOut,SET
URNova = Se_RHFCarOut,SET APAGAR = 0,SET Hnova = (@HFnTdbRhPb 12.8 (URNova/100)
Se_PaFCarOut),SET WNova = @WFnTdbH 12.8 Hnova,SET ERROins = 1.5,SET LOOPins = 0,SET Hear =
Se_HFCarIn,SET mar_ins = Se_m_FAN,WHILE ERROins > (0.1^8) && LOOPins<20,SET mar_ins0 =
mar_ins,SET mar_ins = Se_CargaTermica_FC / (Hear - Hnova),SET PLR_Fan =
mar_ins/(50.231*(@RHoAirFnPbTdbW 92043 20 0)),SET FUN_PLR_Fan =
0.0013+0.147*(PLR_Fan)+0.9506*(PLR_Fan^2)-0.0998*(PLR_Fan^3)+(0*(PLR_Fan^4)),SET PotFan =
PotFanMax*FUN_PLR_Fan,SET Hear = Se_Hmistura + PotFan/mar_ins,SET ERROins = (mar_ins0 -
mar_ins)^2,SET LOOPins = LOOPins +1,ENDWHILE,SET ERRO = 100*(1-mar_ins/Se_m_FAN),SET
TFCarInDIF = @TdbFnHW Hear Se_WFCarIn,SET TagChillerOutDIF = Se_TagChillerOut,RUN
Calculo_Tag_RetornoDIF,SET mFAN = mar_ins,SET CalculoA = ((Hear - Hnova) * mFAN),SET CalculoB
= (mFAN*hlv*(UmidadeCoil - WNova)*1000),IF Se_TFCarOut > 12.81,SET CT_CorrigidaX = CalculoA +
CalculoB,ELSE,SET CT_CorrigidaX = Se_CargaTermica_FC,ENDIF,,,,;

```

EnergyManagementSystem:Subroutine,Calculo_Mw,IF DayOfYear == 1,SET Mw = 0,ENDIF,IF
DayOfYear >1 && DayOfWeek == 1,SET Mw = 0,ELSEIF DayOfYear >1 && DayOfWeek == 2,SET Mw =
24*Timestep*3,ELSEIF DayOfYear >1 && DayOfWeek >= 3 && DayOfWeek <= 6,SET Mw =
24*Timestep,ELSEIF DayOfYear >1 && DayOfWeek == 7,SET Mw = 24*Timestep,ENDIF,,,,,;

EnergyManagementSystem:GlobalVariable,dt,DIF,Timestep,ModeloTAG,TagMax,TarMax,hlv,Modelo
Tins,ModeloTAC,,,,,;EnergyManagementSystem:GlobalVariable,Tag_pri_InDIF,CargaTermica,m,
TagChillerOutDIF,,,,,;EnergyManagementSystem:GlobalVariable,PotBomba,PotBombaMax,T
FCagInDIF;EnergyManagementSystem:GlobalVariable,PotFanMax,PotFan,TFCarInDIF,DIFins,mFAN,Co
nTotal_Ins,TinsDIF,,,,,;EnergyManagementSystem:GlobalVariable,PotChiller,CargaChillerMax,C
OPref,TacTorreInDIF,TBS_ext,Vol_AG,,,,,;EnergyManagementSystem:GlobalVariable,PotTorre,
P100,Var_alta,UAalta,TBU_ext,Har_ext,DIFac,TAC_DIF,Vol_AC,,,,,;EnergyManagementSystem:G
lobalVariable,Totima,HistoricoCT,CargaAntigaTrend,TinsAntiga,CT_CorrigidaX,Mw,,,,,;Energy
ManagementSystem:GlobalVariable,VBombaMax,VFanMax,;

EnergyManagementSystem:OutputVariable,teste_Output,TAG_Setpoint,Averaged,SystemTimestep,P
rograma_TAGotima,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,teste2_Output,T,Averaged,SystemTi
mestep,Controle_Temp_Condensacao,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,teste3_Output,Tc
ond_Setpoint,Averaged,SystemTimestep,Controle_Temp_Condensacao,;EnergyManagementSystem:
OutputVariable,teste4_Output,Tcond_SetpointASHRAE,Averaged,SystemTimestep,Controle_Temp_C
ondensacao,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,TAG_Output,TAG_Setpoint,Averaged,Syste
mTimestep,Programa_TAGotima,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,CargaTermica_Output,
HistoricoCT,Averaged,SystemTimestep,Programa_TAGotima,;EnergyManagementSystem:OutputVari
able,CargaAntiga_Output,CargaAntiga,Averaged,SystemTimestep,Programa_TAGotima,;EnergyMana
gementSystem:OutputVariable,Carga1h_Output,Carga1h,Averaged,SystemTimestep,Programa_TAGo
tima,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,CargaAntiga1h_Output,CargaAntiga1h,Averaged,Sy
stemTimestep,Programa_TAGotima,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,CargaMaxDia_Outp
ut,CargaMaxDia,Averaged,SystemTimestep,Programa_TAGotima,;EnergyManagementSystem:Output
Variable,CargaFCmax_Output,CargaFCmax,Averaged,SystemTimestep,Programa_TAGotima,;Energy
ManagementSystem:OutputVariable,CargaAntigaFCmax_Output,CargaAntigaFCmax,Averaged,Syste
mTimestep,Programa_TAGotima,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,Tmax_Output,Tmax,Av
eraged,SystemTimestep,Programa_TAGotima,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,TagChiller
OutDIF_Output,TagChillerOutDIF,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Tag_RetornoDIF,;EnergyManag
ementSystem:OutputVariable,Mtank1_Output,Mtank1,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Tag_Reto
rnoDIF,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,XTank01_Output,XTank01,Averaged,SystemTime
step,Calculo_Tag_RetornoDIF,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,Ttank01_Output,Ttank01,
Averaged,SystemTimestep,Calculo_Tag_RetornoDIF,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,LO
OPTM1_Output,LOOPM1,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Tag_RetornoDIF,;EnergyManagement
System:OutputVariable,X_Ttank1_Output,X_Ttank1,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Tag_Retorno
DIF,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,TFCagInDIF_Output,TFCagInDIF,Averaged,SystemTi
mestep,Calculo_Tag_RetornoDIF,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,FX_Output,FX,Average
d,SystemTimestep,Calculo_Tag_RetornoDIF,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,dFX_Output
,dFX,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Tag_RetornoDIF,;EnergyManagementSystem:OutputVariabl
e,ERRO_Output,ERRO,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Tag_RetornoDIF,;EnergyManagementSyste
m:OutputVariable,LOOP_Output,LOOP,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Tag_RetornoDIF,;EnergyM
anagementSystem:OutputVariable,TFCagOutDIF_Output,TFCagOutDIF,Averaged,SystemTimestep,Cal
culo_Tag_RetornoDIF,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,m_Output,m,Averaged,SystemTi
mestep,Calculo_Tag_RetornoDIF,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,Mtank2_Output,Mtan
k2,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Tag_RetornoDIF,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,
Tsaida0_Output,Tsaida0,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Tag_RetornoDIF,;EnergyManagementSys
tem:OutputVariable,XTank02_Output,XTank02,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Tag_RetornoDIF,;
EnergyManagementSystem:OutputVariable,Ttank02_Output,Ttank02,Averaged,SystemTimestep,Calc
ulo_Tag_RetornoDIF,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,LOOPM2_Output,LOOPM2,Aver

aged,SystemTimestep,Calculo_Tag_RetornoDIF;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,X_Ttank2_Output,X_Ttank2,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Tag_RetornoDIF;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,TM2_Output,TM2,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Tag_RetornoDIF;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,Tag_pri_InDIF_Output,Tag_pri_InDIF,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Tag_RetornoDIF;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,CargaChiller_Output,CargaChiller,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_Chiller;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,PLRChiller_Output,PLR_Chiller,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_Chiller;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,PotChiller_Output,PotChiller,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_Chiller;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,PLR_Fan_Output,PLR_Fan,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_FanCoil;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,FUN_PLR_Fan_Output,FUN_PLR_Fan,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_FanCoil;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,PotFan_Output,PotFan,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_FanCoil;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,CargaCond_Output,CargaCond,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_Chiller;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,Hsaida0_Output,Hsaida0,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_Torre;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,W01_Output,W01,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_Torre;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,TWBsaida0_Output,TWBsaida0,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_Torre;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,Qtot1_Output,Qtot1,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_Torre;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,TWBsaida1_Output,TWBsaida1,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_Torre;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,Hsaida1_Output,Hsaida1,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_Torre;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,TWout1_Output,TWout1,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_Torre;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,Qtot2_Output,Qtot2,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_Torre;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,TWBsaida2_Output,TWBsaida2,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_Torre;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,Hsaida2_Output,Hsaida2,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_Torre;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,TWout2_Output,TWout2,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_Torre;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,Qtot3_Output,Qtot3,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_Torre;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,TWBsaida3_Output,TWBsaida3,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_Torre;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,Hsaida3_Output,Hsaida3,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_Torre;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,TWout3_Output,TWout3,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_Torre;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,w_Output,w,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_Torre;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,LEVEL_Output,LEVEL,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_Torre;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,PotTorre_Output,PotTorre,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_Torre;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,ERRO1_Output,ERRO1,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_Torre;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,ERRO2_Output,ERRO2,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_Torre;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,ERRO3_Output,ERRO3,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_Torre;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,TacTorreInDIF_Output,TacTorreInDIF,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_Chiller;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,TacChillerOutDIF_Output,TacChillerOutDIF,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_Chiller;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,TAC_In_DIF_Output,TAC_In_DIF,Averaged,SystemTimestep,Calculo_Pot_Chiller;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,Consumo0_Output,Consumo0,Averaged,SystemTimestep,Programa_Consumo_TAG;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,ConsumoP1_Output,ConsumoP1,Averaged,SystemTimestep,Programa_Consumo_TAG;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,ConsumoP2_Output,ConsumoP2,Averaged,SystemTimestep,Programa_Consumo_TAG;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,ConsumoP3_Output,ConsumoP3,Averaged,SystemTimestep,Programa_Consumo_TAG;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,ConsumoP4_Output,ConsumoP4,Averaged,SystemTimestep,Programa_Consumo_TAG;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,ConsumoP5_Output,ConsumoP5,Averaged,SystemTimestep,Programa_Consumo_TAG;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,ConsumoN1_Output,ConsumoN1,Averaged,SystemTimestep,Programa_Consumo_TAG;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,ConsumoN2_Output,ConsumoN2,Averaged,SystemTimestep,Programa_Consumo_TAG;;EnergyManagementSystem:OutputVariable,ConsumoN3_Output,ConsumoN3,A

averaged, SystemTimestep, Programa_Consumo_TAG;; EnergyManagementSystem:OutputVariable, Con
 sumoN4_Output, ConsumoN4, Averaged, SystemTimestep, Programa_Consumo_TAG;; EnergyManagem
 entSystem:OutputVariable, ConsumoN5_Output, ConsumoN5, Averaged, SystemTimestep, Programa_C
 onsumo_TAG;; EnergyManagementSystem:OutputVariable, PotBomba0_Output, PotBomba0, Average
 d, SystemTimestep, Programa_Consumo_TAG;; EnergyManagementSystem:OutputVariable, PotBomba
 P1_Output, PotBombaP1, Averaged, SystemTimestep, Programa_Consumo_TAG;; EnergyManagementS
 ystem:OutputVariable, PotBombaP2_Output, PotBombaP2, Averaged, SystemTimestep, Programa_Cons
 umo_TAG;; EnergyManagementSystem:OutputVariable, PotBombaP3_Output, PotBombaP3, Averaged,
 SystemTimestep, Programa_Consumo_TAG;; EnergyManagementSystem:OutputVariable, PotBombaP4
 _Output, PotBombaP4, Averaged, SystemTimestep, Programa_Consumo_TAG;; EnergyManagementSyst
 em:OutputVariable, PotBombaP5_Output, PotBombaP5, Averaged, SystemTimestep, Programa_Consum
 o_TAG;; EnergyManagementSystem:OutputVariable, PotBombaN1_Output, PotBombaN1, Averaged,
 SystemTimestep, Programa_Consumo_TAG;; EnergyManagementSystem:OutputVariable, PotBombaN
 2_Output, PotBombaN2, Averaged, SystemTimestep, Programa_Consumo_TAG;; EnergyManagementSy
 stem:OutputVariable, PotBombaN3_Output, PotBombaN3, Averaged, SystemTimestep, Programa_Cons
 umo_TAG;; EnergyManagementSystem:OutputVariable, PotBombaN4_Output, PotBombaN4, Averaged
 , SystemTimestep, Programa_Consumo_TAG;; EnergyManagementSystem:OutputVariable, PotBombaN
 5_Output, PotBombaN5, Averaged, SystemTimestep, Programa_Consumo_TAG;; EnergyManagementSy
 stem:OutputVariable, PotChiller0_Output, PotChiller0, Averaged, SystemTimestep, Programa_Consumo
 _TAG;; EnergyManagementSystem:OutputVariable, PotChillerP1_Output, PotChillerP1, Averaged, Syste
 mTimestep, Programa_Consumo_TAG;; EnergyManagementSystem:OutputVariable, PotChillerP2_Out
 put, PotChillerP2, Averaged, SystemTimestep, Programa_Consumo_TAG;; EnergyManagementSystem:O
 utputVariable, PotChillerP3_Output, PotChillerP3, Averaged, SystemTimestep, Programa_Consumo_TA
 G;; EnergyManagementSystem:OutputVariable, PotChillerP4_Output, PotChillerP4, Averaged, SystemTi
 mestep, Programa_Consumo_TAG;; EnergyManagementSystem:OutputVariable, PotChillerP5_Output,
 PotChillerP5, Averaged, SystemTimestep, Programa_Consumo_TAG;; EnergyManagementSystem:Outp
 utVariable, PotChillerN1_Output, PotChillerN1, Averaged, SystemTimestep, Programa_Consumo_TAG;; E
 nergyManagementSystem:OutputVariable, PotChillerN2_Output, PotChillerN2, Averaged, SystemTimes
 tep, Programa_Consumo_TAG;; EnergyManagementSystem:OutputVariable, PotChillerN3_Output, Pot
 ChillerN3, Averaged, SystemTimestep, Programa_Consumo_TAG;; EnergyManagementSystem:OutputV
 ariable, PotChillerN4_Output, PotChillerN4, Averaged, SystemTimestep, Programa_Consumo_TAG;; Ener
 gyManagementSystem:OutputVariable, PotChillerN5_Output, PotChillerN5, Averaged, SystemTimestep
 , Programa_Consumo_TAG;; EnergyManagementSystem:OutputVariable, PotTorre0_Output, PotTorre0
 , Averaged, SystemTimestep, Programa_Consumo_TAG;; EnergyManagementSystem:OutputVariable, P
 otTorreP1_Output, PotTorreP1, Averaged, SystemTimestep, Programa_Consumo_TAG;; EnergyManage
 mentSystem:OutputVariable, PotTorreP2_Output, PotTorreP2, Averaged, SystemTimestep, Programa_C
 onsumo_TAG;; EnergyManagementSystem:OutputVariable, PotTorreP3_Output, PotTorreP3, Averaged,
 SystemTimestep, Programa_Consumo_TAG;; EnergyManagementSystem:OutputVariable, PotTorreP4_
 Output, PotTorreP4, Averaged, SystemTimestep, Programa_Consumo_TAG;; EnergyManagementSyste
 m:OutputVariable, PotTorreP5_Output, PotTorreP5, Averaged, SystemTimestep, Programa_Consumo_T
 AG;; EnergyManagementSystem:OutputVariable, PotTorreN1_Output, PotTorreN1, Averaged, SystemTi
 mestep, Programa_Consumo_TAG;; EnergyManagementSystem:OutputVariable, PotTorreN2_Output, P
 otTorreN2, Averaged, SystemTimestep, Programa_Consumo_TAG;; EnergyManagementSystem:Output
 Variable, PotTorreN3_Output, PotTorreN3, Averaged, SystemTimestep, Programa_Consumo_TAG;; Ener
 gyManagementSystem:OutputVariable, PotTorreN4_Output, PotTorreN4, Averaged, SystemTimestep, P
 rograma_Consumo_TAG;; EnergyManagementSystem:OutputVariable, PotTorreN5_Output, PotTorreN
 5, Averaged, SystemTimestep, Programa_Consumo_TAG;; EnergyManagementSystem:OutputVariable,
 PotFan0_Output, PotFan0, Averaged, SystemTimestep, Programa_Consumo_TAG;; EnergyManagement
 System:OutputVariable, PotFanP1_Output, PotFanP1, Averaged, SystemTimestep, Programa_Consumo_
 TAG;; EnergyManagementSystem:OutputVariable, PotFanP2_Output, PotFanP2, Averaged, SystemTime
 step, Programa_Consumo_TAG;; EnergyManagementSystem:OutputVariable, PotFanP3_Output, PotFa
 nP3, Averaged, SystemTimestep, Programa_Consumo_TAG;; EnergyManagementSystem:OutputVariabl

[illegible]

gyManagementSystem:OutputVariable,PotChillerTAC_P3_Output,PotChillerTAC_P3,Averaged,SystemTimestep,Controle_Temp_Condensacao,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,PotTorreTAC_P3_Output,PotTorreTAC_P3,Averaged,SystemTimestep,Controle_Temp_Condensacao,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,PotChillerTAC_P4_Output,PotChillerTAC_P4,Averaged,SystemTimestep,Controle_Temp_Condensacao,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,PotTorreTAC_P4_Output,PotTorreTAC_P4,Averaged,SystemTimestep,Controle_Temp_Condensacao,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,PotChillerTAC_P5_Output,PotChillerTAC_P5,Averaged,SystemTimestep,Controle_Temp_Condensacao,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,PotTorreTAC_P5_Output,PotTorreTAC_P5,Averaged,SystemTimestep,Controle_Temp_Condensacao,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,PotChillerTAC_N1_Output,PotChillerTAC_N1,Averaged,SystemTimestep,Controle_Temp_Condensacao,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,PotTorreTAC_N1_Output,PotTorreTAC_N1,Averaged,SystemTimestep,Controle_Temp_Condensacao,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,PotChillerTAC_N2_Output,PotChillerTAC_N2,Averaged,SystemTimestep,Controle_Temp_Condensacao,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,PotTorreTAC_N2_Output,PotTorreTAC_N2,Averaged,SystemTimestep,Controle_Temp_Condensacao,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,PotChillerTAC_N3_Output,PotChillerTAC_N3,Averaged,SystemTimestep,Controle_Temp_Condensacao,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,PotTorreTAC_N3_Output,PotTorreTAC_N3,Averaged,SystemTimestep,Controle_Temp_Condensacao,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,PotChillerTAC_N4_Output,PotChillerTAC_N4,Averaged,SystemTimestep,Controle_Temp_Condensacao,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,PotTorreTAC_N4_Output,PotTorreTAC_N4,Averaged,SystemTimestep,Controle_Temp_Condensacao,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,PotChillerTAC_N5_Output,PotChillerTAC_N5,Averaged,SystemTimestep,Controle_Temp_Condensacao,;EnergyManagementSystem:OutputVariable,PotTorreTAC_N5_Output,PotTorreTAC_N5,Averaged,SystemTimestep,Controle_Temp_Condensacao,;

EnergyManagementSystem:TrendVariable,TREND_Historico,HistoricoCT,500;EnergyManagementSystem:TrendVariable,TREND_CargaAntigaTrend,CargaAntigaTrend,60;

AvailabilityManager:NightCycle,Fan_Coil Availability,HVACTemplate-Always 1,sch_fans,StayOff,0.2,3600,;

AvailabilityManagerAssignmentList,Fan_Coil Availability Managers,AvailabilityManager:NightCycle,Fan_Coil Availability,,,,,,,,;

SetpointManager:Scheduled,Fan_Coil Heating Supply Air Temp Manager,Temperature,HVACTemplate-Always 10,Fan_Coil Heating Coil Outlet;

SetpointManager:MixedAir,Fan_Coil Cooling Coil Air Temp Manager,Temperature,Fan_Coil Cooling Coil Outlet,Fan_Coil Mixed Air Outlet,Fan_Coil Supply Fan Outlet,Fan_Coil Mixed Air Nodes;

Curve:Quadratic,CHILLER

ScrewEIRFPLR,0.30374833,0.23554291,0.46070828,0,1,,,,;Curve:Quadratic,CHILLER ScrewEIRFPLR inicial,0.33018833,0.23554291,0.46070828,0,1,,,,;

Curve:Biquadratic,CHILLER ScrewCapFT,0.85079162,-0.01425319,-0.00161799,0.02638438,-0.00091543,0.00169601,5,10,15,40,,,,;Curve:Biquadratic,CHILLER

ScrewEIRFT,0.64167415,0.00630389,0.00092334,-0.00455294,0.00082568,-0.00156152,5,10,15,40,,,,;Curve:Biquadratic,CHILLER ScrewCapFT inicial,0.81302462,-0.01425319,-0.00161799,0.02638438,-0.00091543,0.00169601,5,10,24,35,,,,;Curve:Biquadratic,CHILLER ScrewEIRFT inicial,0.63812315,0.00630389,0.00092334,-0.00455294,0.00082568,-0.00156152,5,10,24,35,,,,;

Output:VariableDictionary,regular,;

Output:Surfaces:Drawing,DXF,RegularPolyline,;

Output:Table:SummaryReports,AllSummary,,;

Output:Table:Monthly,Consumo de Energia Elétrica por Uso

Final,0,InteriorLights:Electricity,SumOrAverage,ExteriorLights:Electricity,SumOrAverage,InteriorEquipment:Electricity,SumOrAverage,ExteriorEquipment:Electricity,SumOrAverage,Cooling:Electricity,SumOrAverage,Heating:Electricity,SumOrAverage,Fans:Electricity,SumOrAverage,Pumps:Electricity,SumOrAverage,HeatRejection:Electricity,SumOrAverage,,,,,,,,,,,,;Output:Table:Monthly,Demanda de Energia Elétrica por Uso

Final,0,InteriorLights:Electricity,Maximum,ExteriorLights:Electricity,Maximum,InteriorEquipment:Electricity,Maximum,ExteriorEquipment:Electricity,Maximum,Cooling:Electricity,Maximum,Heating:Electricity,Maximum,Fans:Electricity,Maximum,Pumps:Electricity,Maximum,HeatRejection:Electricity,Maximum,,,,,,,,,,,,;

OutputControl:Table:Style,Comma,JtoKWH;

OutputControl:ReportingTolerances,1.0,1.0;

Output:Variable,*,Pump Electric Power ,Timestep;;Output:Variable,*,Chiller Electric Power ,Timestep;;Output:Variable,*,Cooling Tower Fan Electric Power ,Timestep;;Output:Variable,*,Fan Electric Power ,Timestep;;Output:Variable,Fan_Coil Cooling Coil Outlet,System Node Temperature ,Timestep;;Output:Variable,Fan_Coil Supply Fan Outlet,System Node Temperature,Timestep;;Output:Variable,Fan_Coil Cooling Coil Outlet,System Node Enthalpy ,Timestep;;Output:Variable,Fan_Coil Supply Fan Outlet,System Node Enthalpy ,Timestep;;Output:Variable,*,teste_Output,Timestep;;Output:Variable,*,teste2_Output,Timestep;;Output:Variable,*,teste3_Output,Timestep;;Output:Variable,*,teste4_Output ,Timestep;;Output:Variable,*,Cooling Coil Sensible Cooling Rate ,Timestep;;Output:Variable,Fan_Coil Supply Fan Outlet,System Node Mass Flow Rate ,Timestep;;Output:Variable,*,Pump Mass Flow Rate ,Timestep;;Output:Variable,*,TAG_Output,Timestep;;Output:Variable,*,PotChillerTAC_P0_Output,Timestep;;Output:Variable,*,PotChillerTAC_P1_Output,Timestep;;Output:Variable,*,PotChillerTAC_P2_Output,Timestep;;Output:Variable,*,PotChillerTAC_P3_Output,Timestep;;Output:Variable,*,PotChillerTAC_P4_Output,Timestep;;Output:Variable,*,PotChillerTAC_P5_Output,Timestep;;Output:Variable,*,PotChillerTAC_N1_Output,Timestep;;Output:Variable,*,PotChillerTAC_N2_Output,Timestep;;Output:Variable,*,PotChillerTAC_N3_Output,Timestep;;Output:Variable,*,PotChillerTAC_N4_Output,Timestep;;Output:Variable,*,PotChillerTAC_N5_Output,Timestep;;Output:Variable,*,PFan_Output,Timestep;;Output:Variable,*,PChiller_Output,Timestep;;Output:Variable,*,PTorre_Output,Timestep;;Output:Variable,*,PPump_Output,Timestep;;Output:Variable,Fan_Coil Cooling Coil Outlet,System Node Relative Humidity ,Timestep;;Output:Variable,*,PotTorreTAC_P0_Output,Timestep;;Output:Variable,*,PotTorreTAC_P1_Output,Timestep;;Output:Variable,*,PotTorreTAC_P2_Output,Timestep;;Output:Variable,*,PotTorreTAC_P3_Output,Timestep;;Output:Variable,*,PotTorreTAC_P4_Output,Timestep;;Output:Variable,*,PotTorreTAC_P5_Output,Timestep;;Output:Variable,*,PotTorreTAC_N1_Output,Timestep;;Output:Variable,*,PotTorreTAC_N2_Output,Timestep;;Output:Variable,*,PotTorreTAC_N3_Output,Timestep;;Output:Variable,*,PotTorreTAC_N4_Output,Timestep;;Output:Variable,*,PotTorreTAC_N5_Output,Timestep;;Output:Variable,*,Cooling Tower Outlet Temperature,Timestep;;Output:Variable,*,Cooling Tower Inlet Temperature ,Timestep;;Output:Variable,*,Chiller Condenser Inlet Temperature ,Timestep;;Output:Variable,*,Chiller Condenser Outlet Temperature ,Timestep;;Output:Variable,*,Cooling Tower Fan Speed Level ,Timestep;;Output:Variable,*,Site Outdoor Air Drybulb Temperature ,Hourly;;Output:Variable,*,Site Outdoor Air Wetbulb Temperature ,Hourly;;