

# PME 3501 - Simulação termo energética de edificações e seus sistemas

## Aula 04 – Análise de sistemas de climatização

Alberto Hernandez Neto

## Características dos sistemas de climatização

### Classificação de tipos de instalação

Finalidade

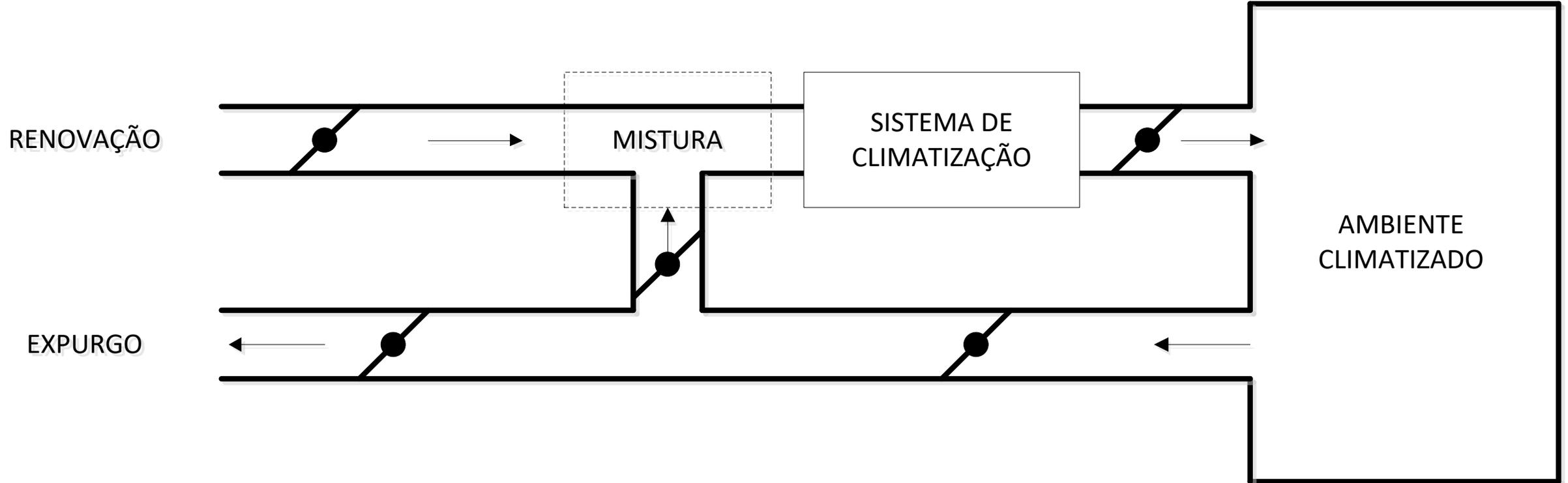
Processo de condicionamento

Trocadores de calor associados aos tratamentos térmicos

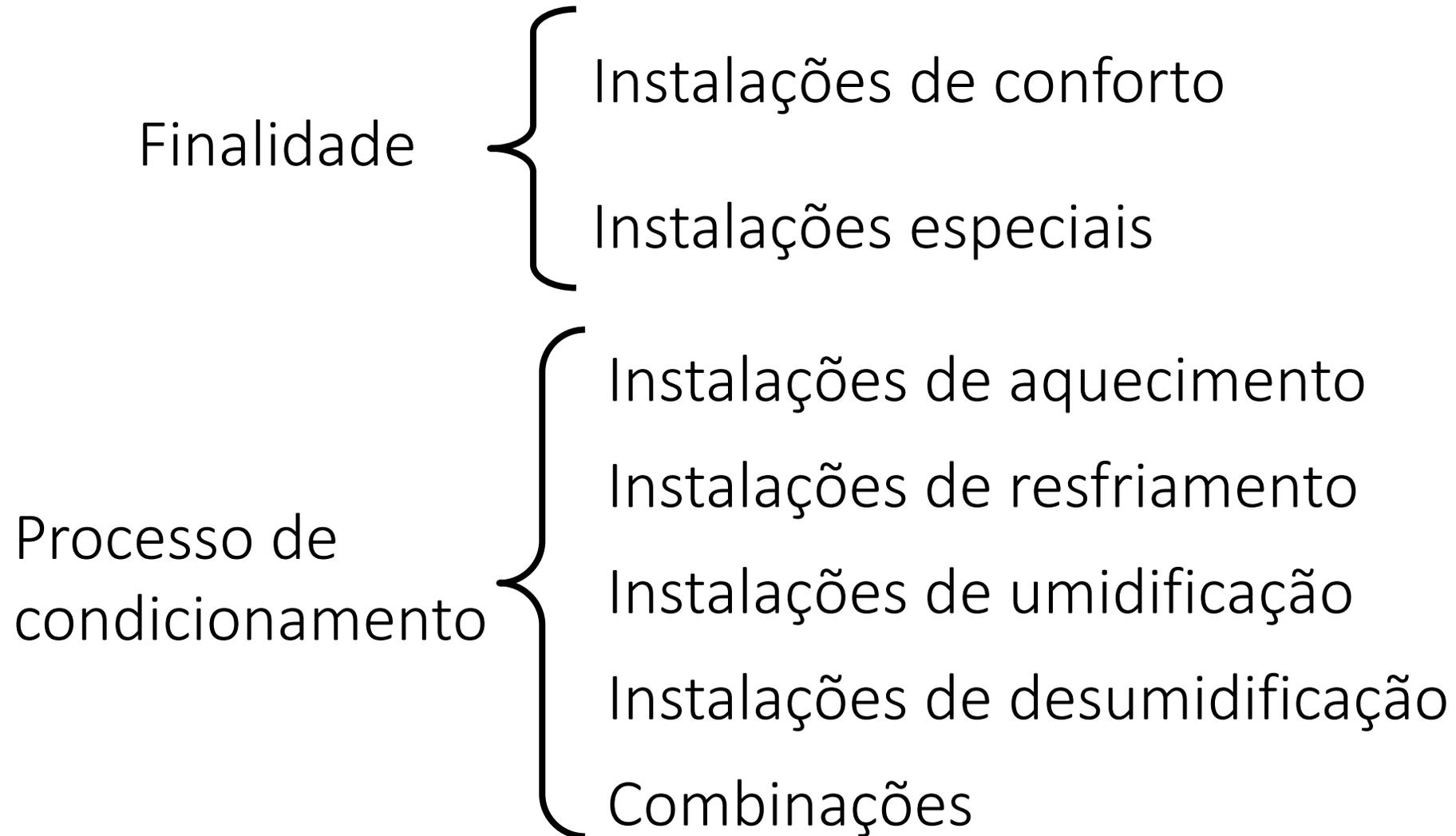
Grau de autonomia

Características específicas

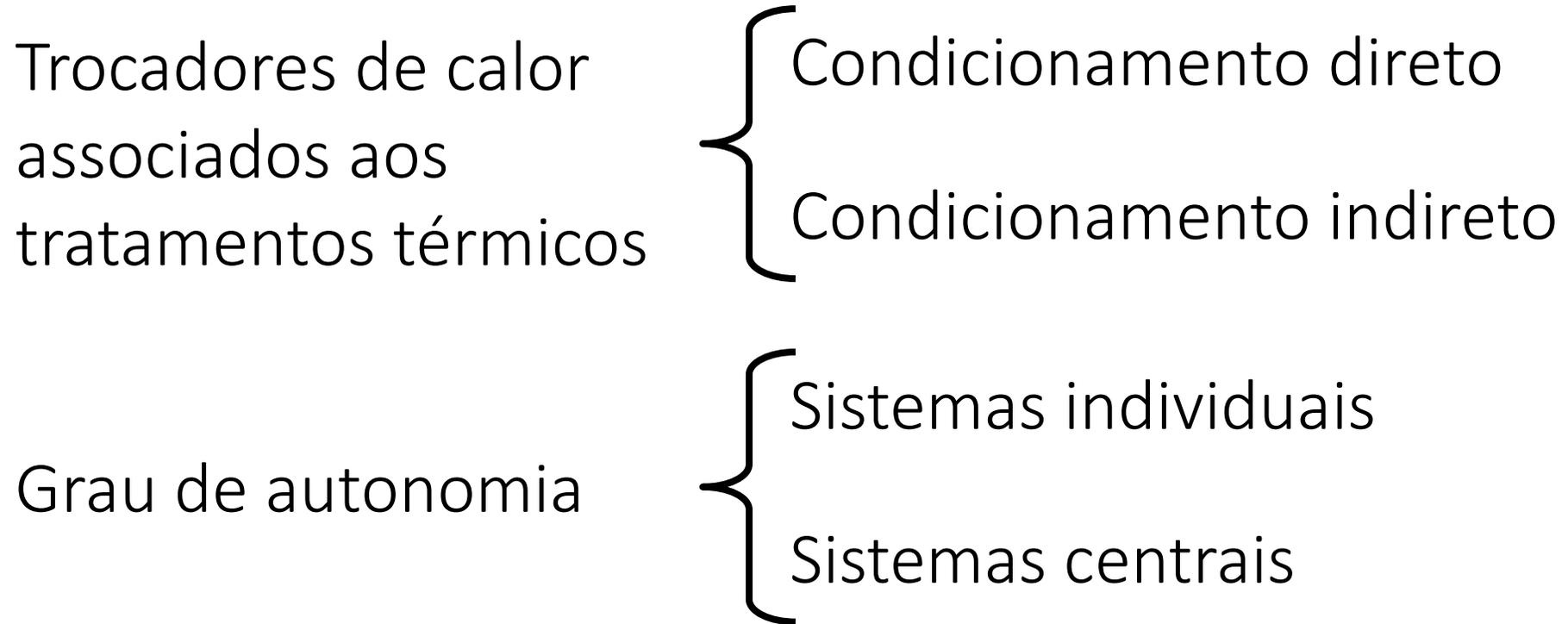
## Características dos sistemas de climatização



## Características dos sistemas de climatização



## Características dos sistemas de climatização



## Características dos sistemas de climatização

Características  
especiais

Vigas frias (sistema de indução)

Economizadores

VAV (Volume de Ar Variável)

VWV (Volume de Água Variável)

Termo-acumulação

Tratamento dedicado de ar externo

Filtragem dedicada (salas limpas)

## Características dos sistemas de climatização

### Ar Condicionado de Janela



- Adequado para condicionamento de recintos individuais
- Rendimento energético baixo ( $2,2 < \text{COP} < 3,0$ )
- Baixas capacidades (7.500 a 30.000 Btus/h)

## Características dos sistemas de climatização

### Ar Condicionado de Janela

- Não permite renovação de ar
- Deve ser instalado sistema de renovação de ar
- Ruído próximo ao ambiente condicionado
- Equipamento de baixo custo
- Instalação fácil
  - Um ponto de energia elétrica
  - Abertura na parede/janela voltada para o exterior
  - Suporte, em geral, metálico

# Características dos sistemas de climatização

## Sistema Split



Unidade evaporadora  
(interna)

Unidade condensadora  
(externa)



- Faixa de capacidade mais ampla (1 a 5 TR)
- Moderada eficiência ( $2,6 < COP < 3,3$ )
- Ruído fora do ambiente condicionado

## Características dos sistemas de climatização

### Sistema Split

- Equipamento de custo relativamente baixo
- Instalação fácil:
  - Pequena abertura na parede/janela para passagem de tubos de refrigerantes, dreno e alimentação elétrica → maior segurança contra invasões
- Adequado para condicionamento de recintos individuais ou ambientes coletivos de pequeno porte
- A maior parte dos equipamentos não renova o ar, só recircula o ar interno
- Deve ser instalado sistema de renovação de ar

## Características dos sistemas de climatização

### Sistema Split

#### Unidade Evaporadora



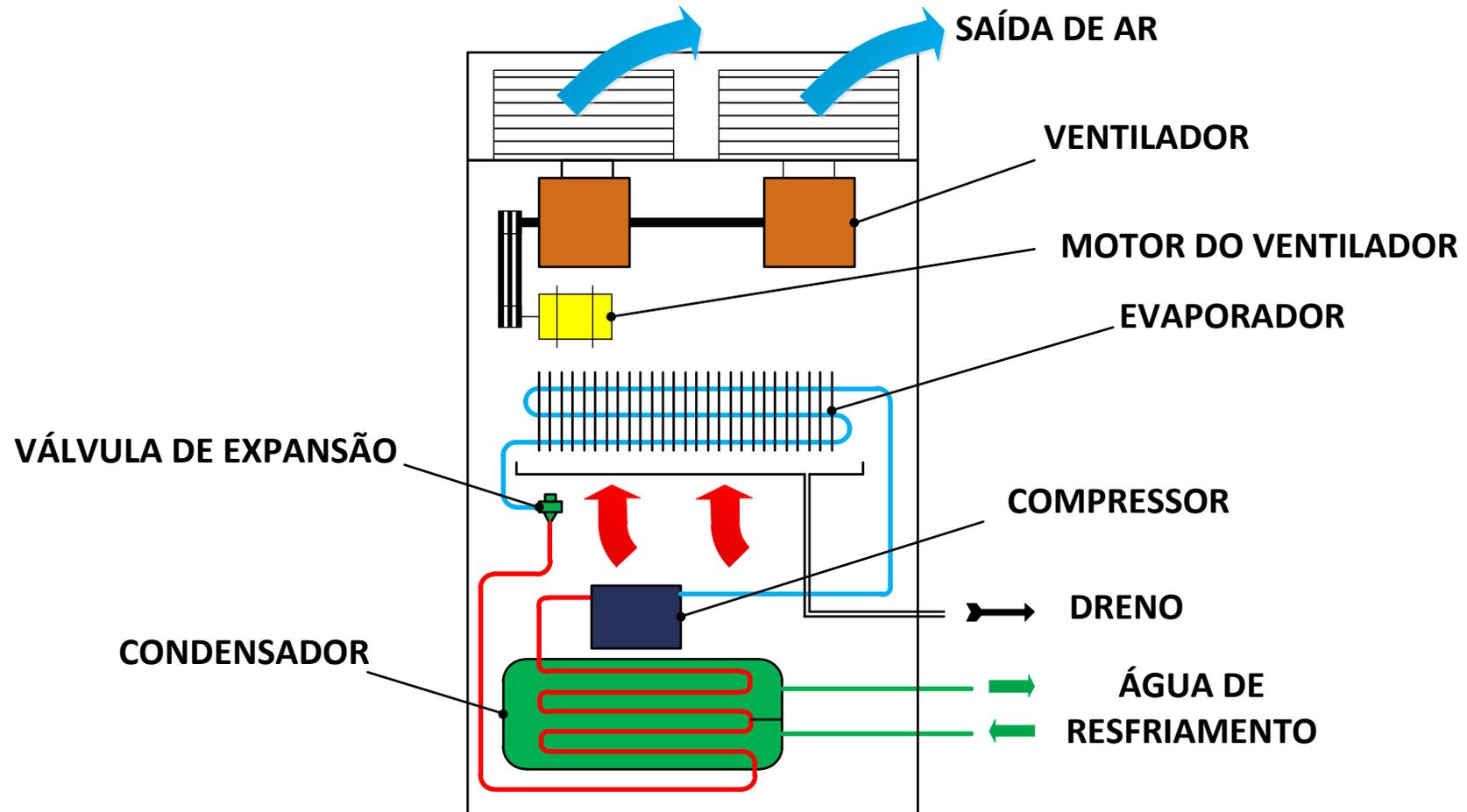
## Características dos sistemas de climatização

### Sistema Split Unidade Condensadora



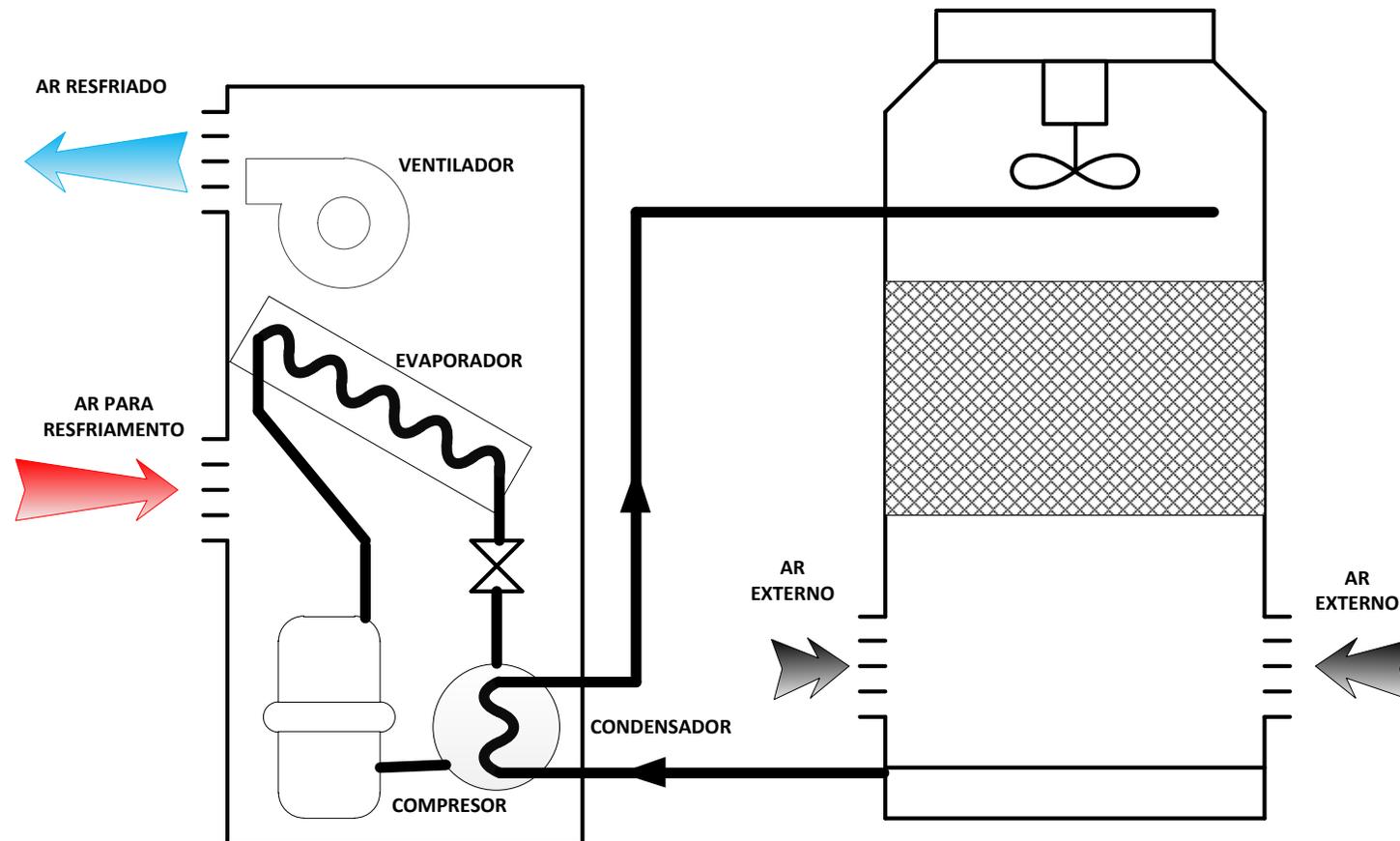
# Características dos sistemas de climatização

## Self Contained



## Características dos sistemas de climatização

### Self Contained



## Características dos sistemas de climatização

### Self Contained

- Sistema para aplicação em instalações de médio e grande porte
- Capacidades que variam de 5 a 40 TR
- Com insuflamento direto ou através de dutos de ar
- Com condensador resfriado a ar, incorporado ou remoto.
- Com condensador resfriado a água.

# Características dos sistemas de climatização

## Self Contained



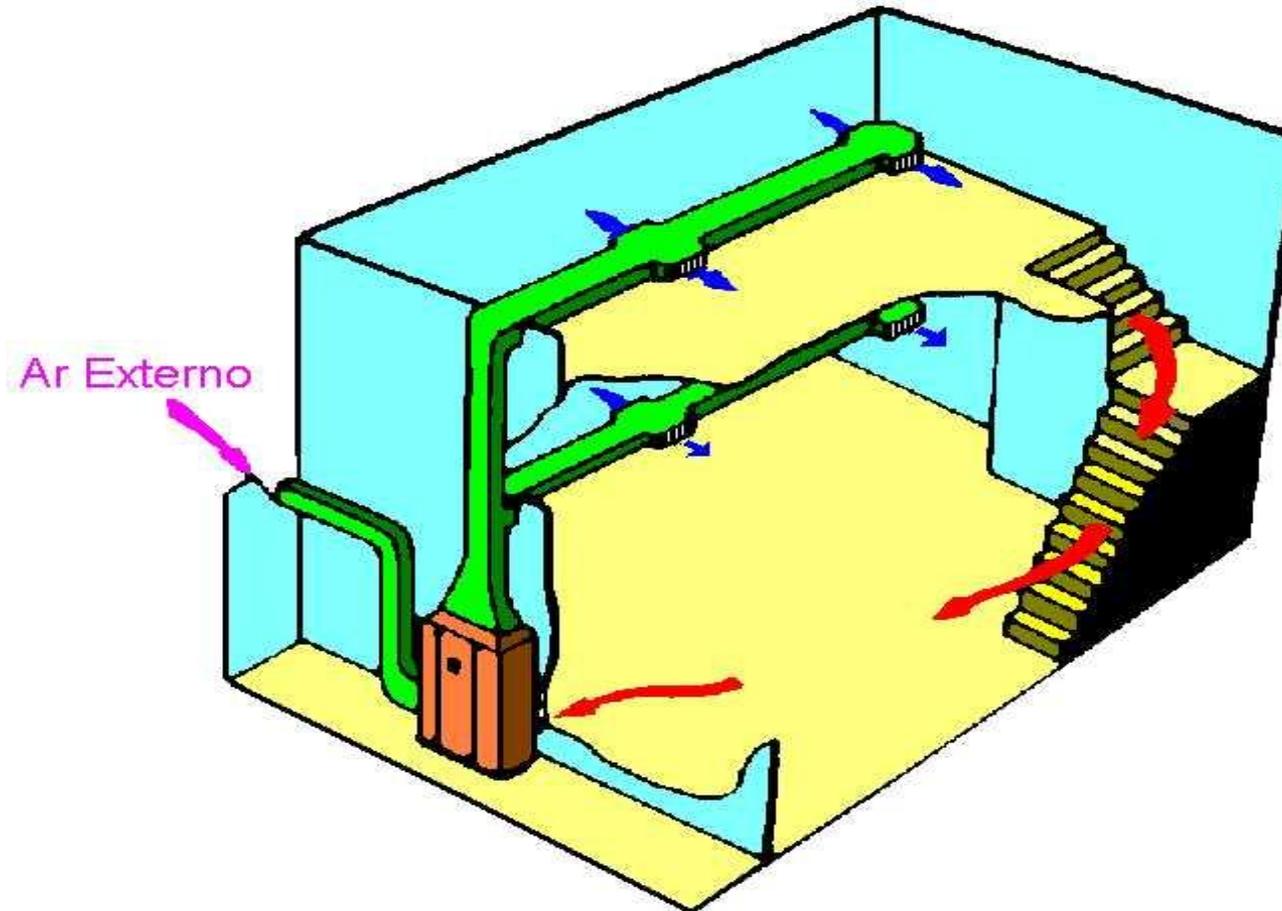
# Características dos sistemas de climatização

## Self Contained



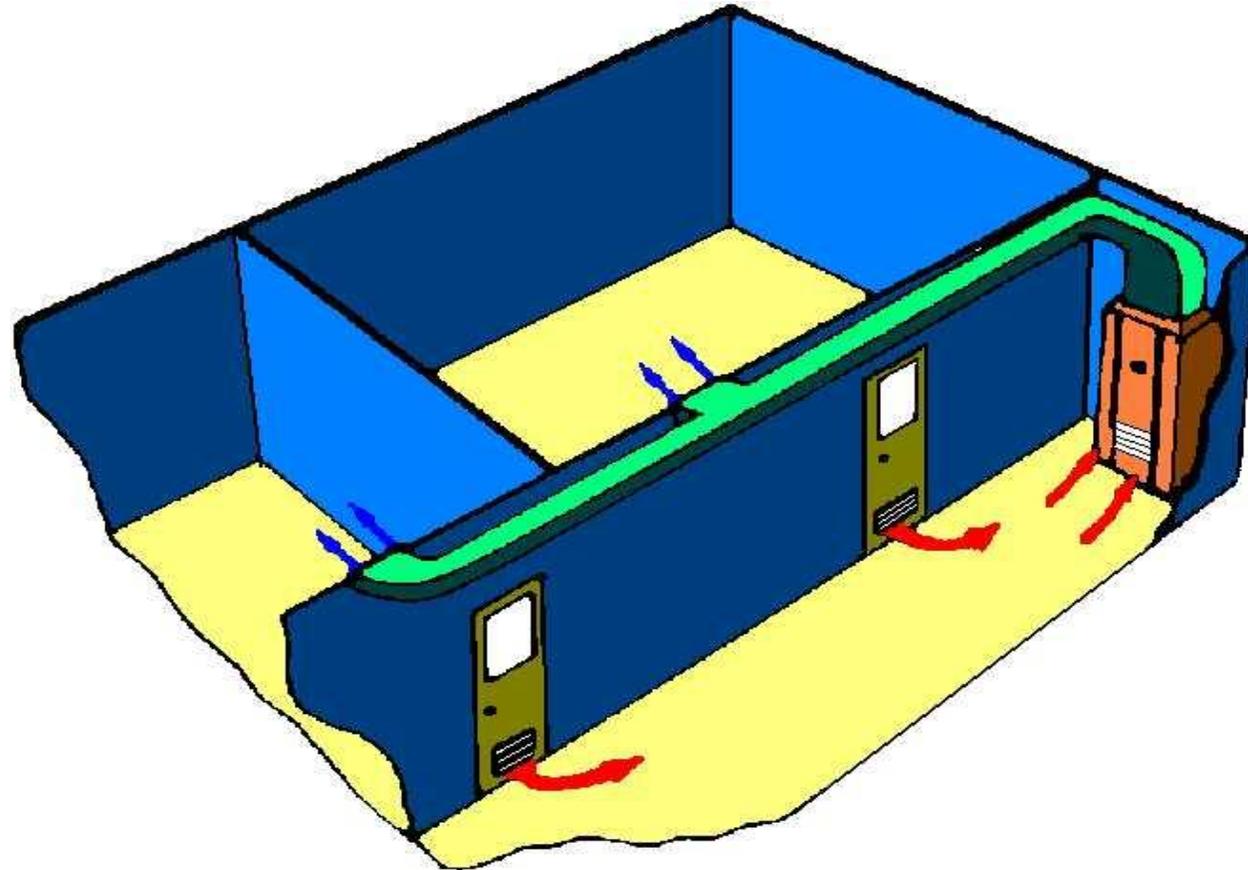
# Características dos sistemas de climatização

## Self Contained



# Características dos sistemas de climatização

## Self Contained



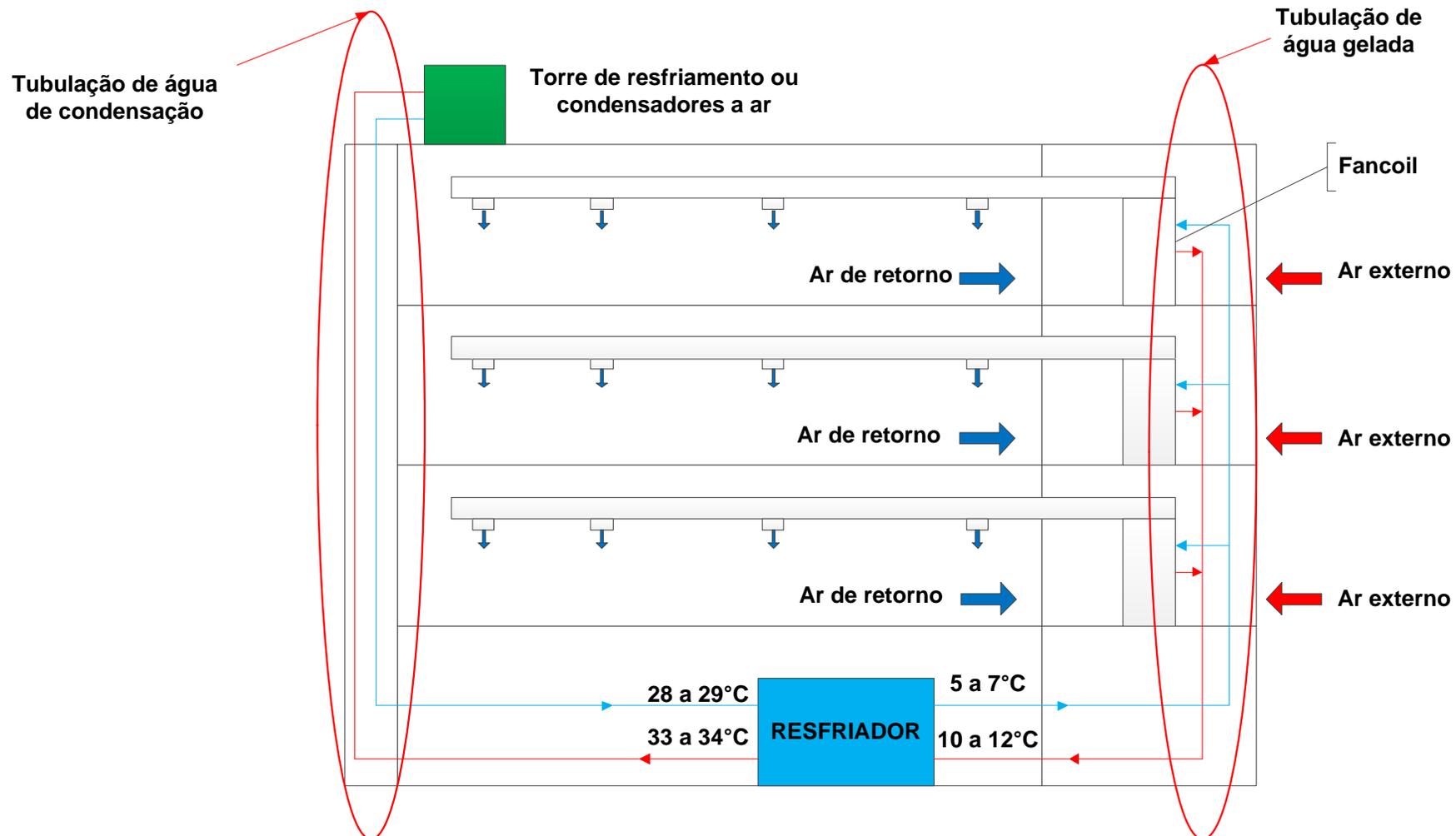
# Características dos sistemas de climatização

## Self Contained



# Características dos sistemas de climatização

## Sistema central

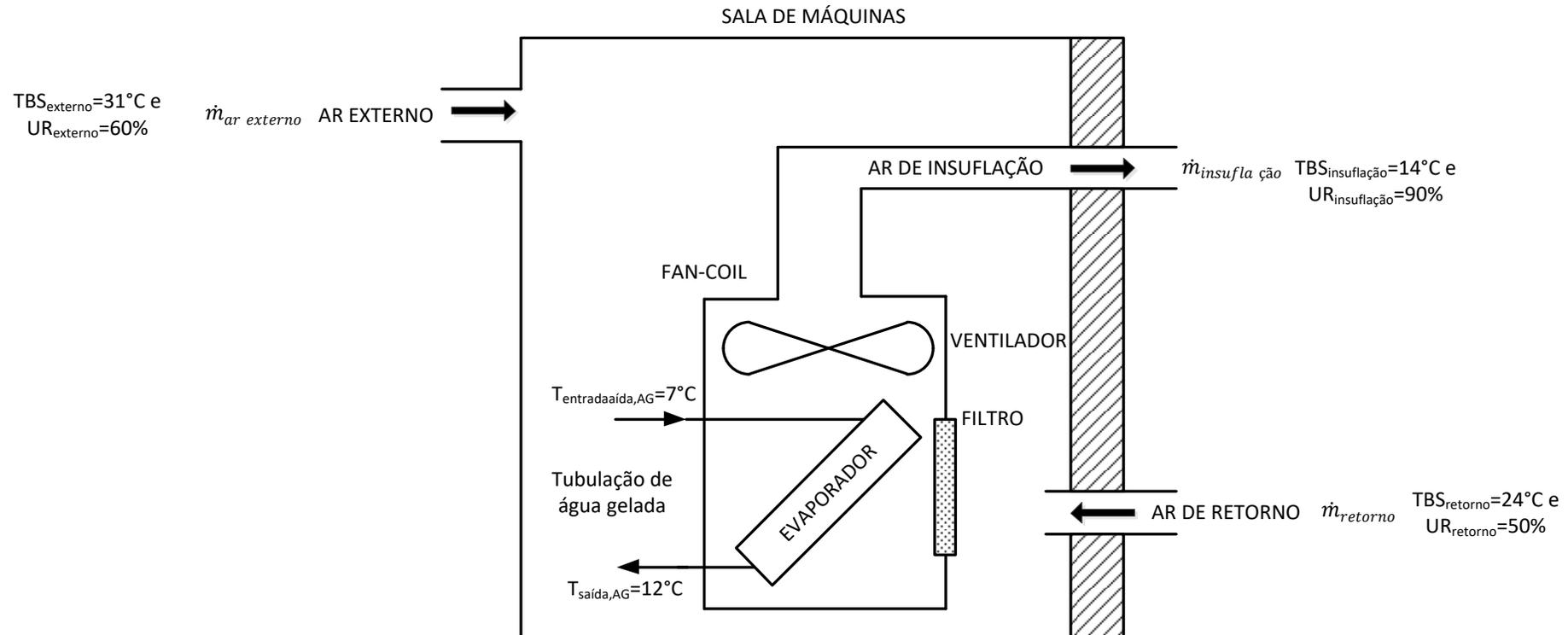


# Características dos sistemas de climatização

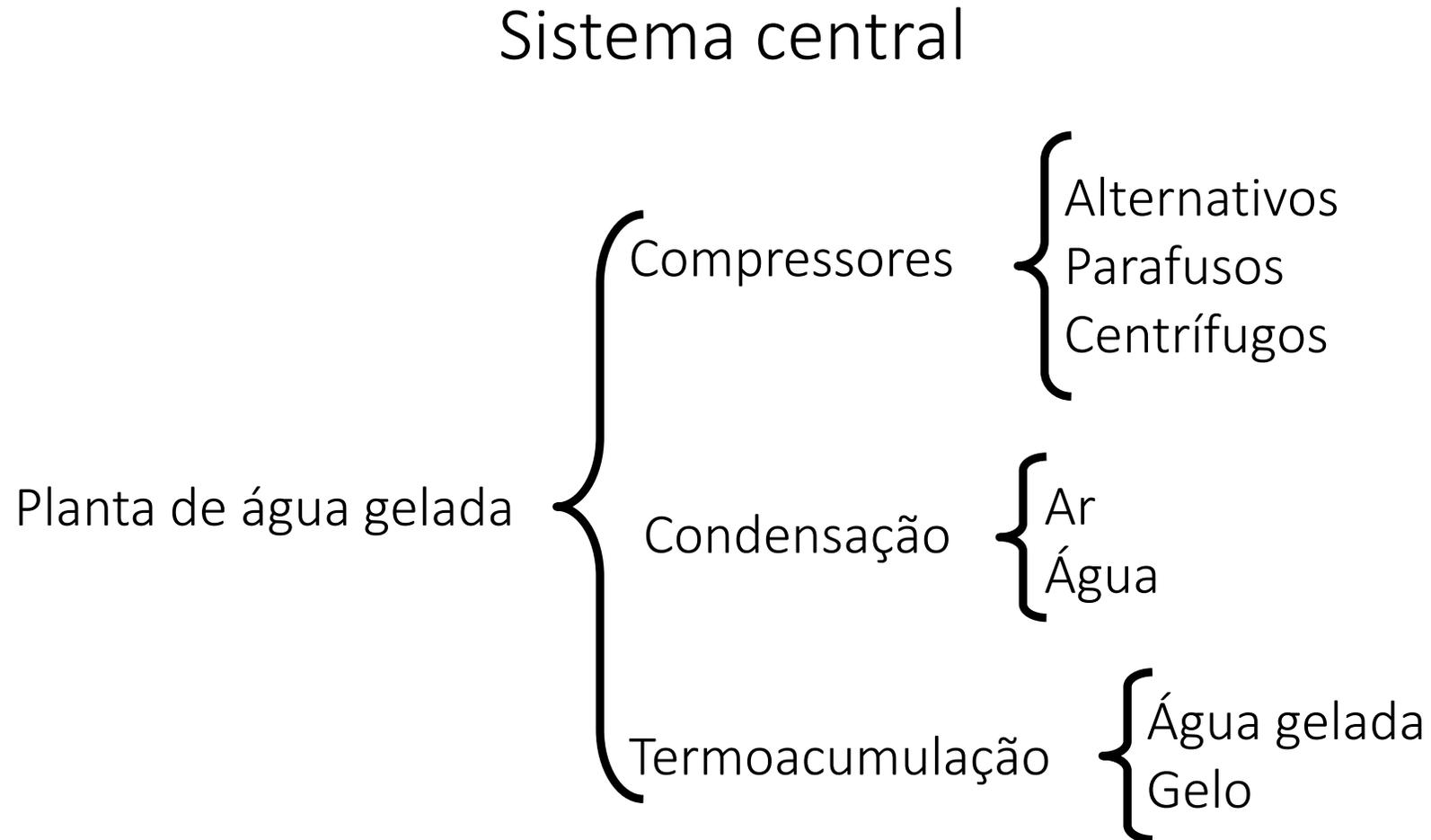
## Sistema central

- Meio de resfriamento: salmoura (água + etilenoglicol ou propilenoglicol) = água gelada
- Redução de temperatura da água gelada no resfriador (chiller)
- Resfriamento do ar nas serpentinas dos fancoils
- Mistura do ar externo e de retorno na sala de máquinas
- Filtragem do ar antes de passar pela serpentina

# Características dos sistemas de climatização



# Características dos sistemas de climatização



# Características dos sistemas de climatização

## Sistema central

### Resfriador (chiller)



# Características dos sistemas de climatização

## Sistema central Bomba de Água Gelada



# Características dos sistemas de climatização

## Sistema central

### Fancoil



# Características dos sistemas de climatização

## Sistema central Fancoil



# Características dos sistemas de climatização

## Sistema central

Tubulação de água gelada

Fan-coil



# Características dos sistemas de climatização

## Sistema central

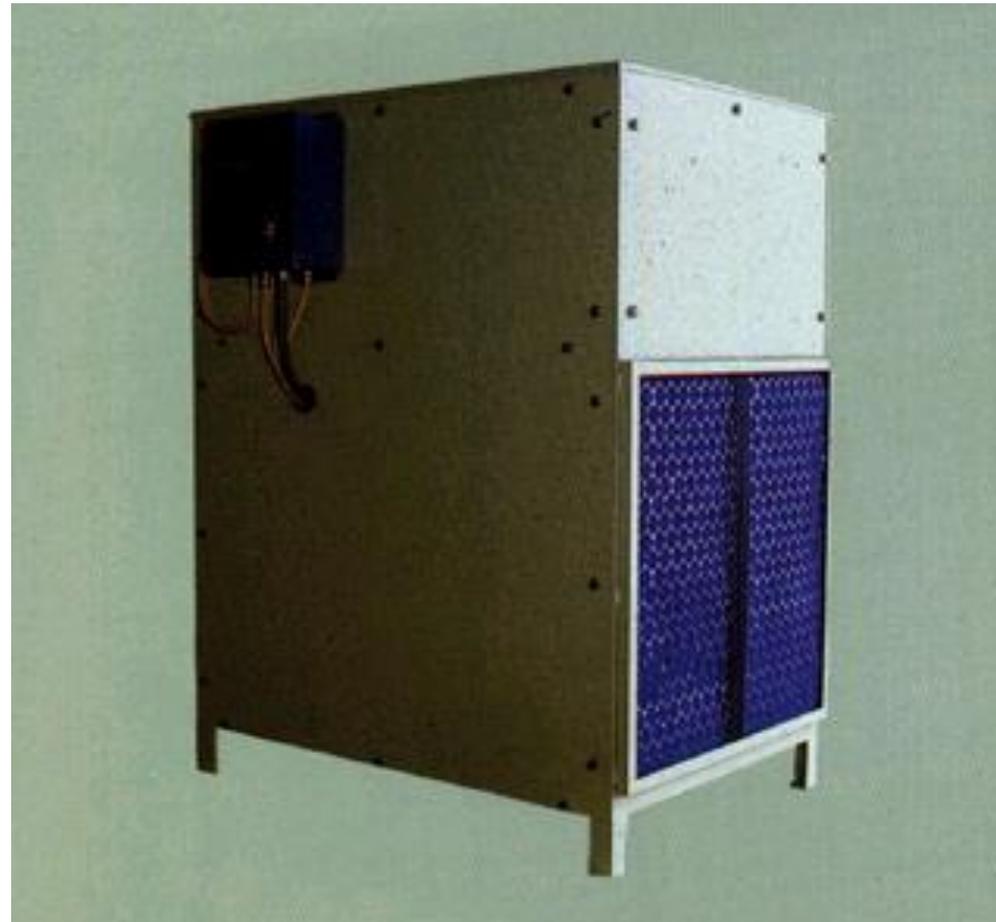
### Torre de Resfriamento - Condensação a Água



# Características dos sistemas de climatização

## Sistema central

Condensador - Condensação a Ar



# Características dos sistemas de climatização



Sistema central

Termoacumulação com água



Volumes maiores ocupados

# Características dos sistemas de climatização

## Sistema central



Termoacumulação de gelo

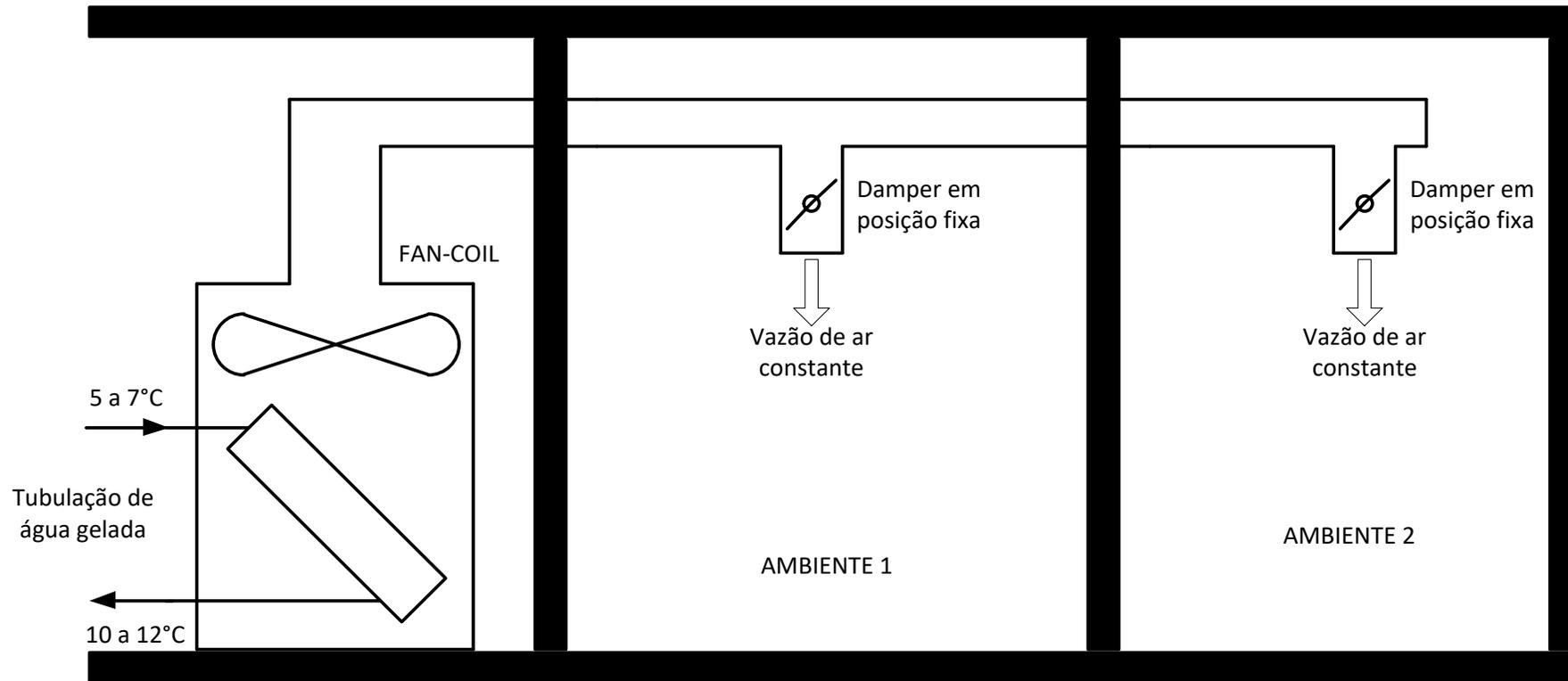


Volumes menores ocupados

# Características dos sistemas de climatização

## Sistema central

Volume de Ar Constante (VAC) ou Constant Air Volume (CAV)



# Características dos sistemas de climatização

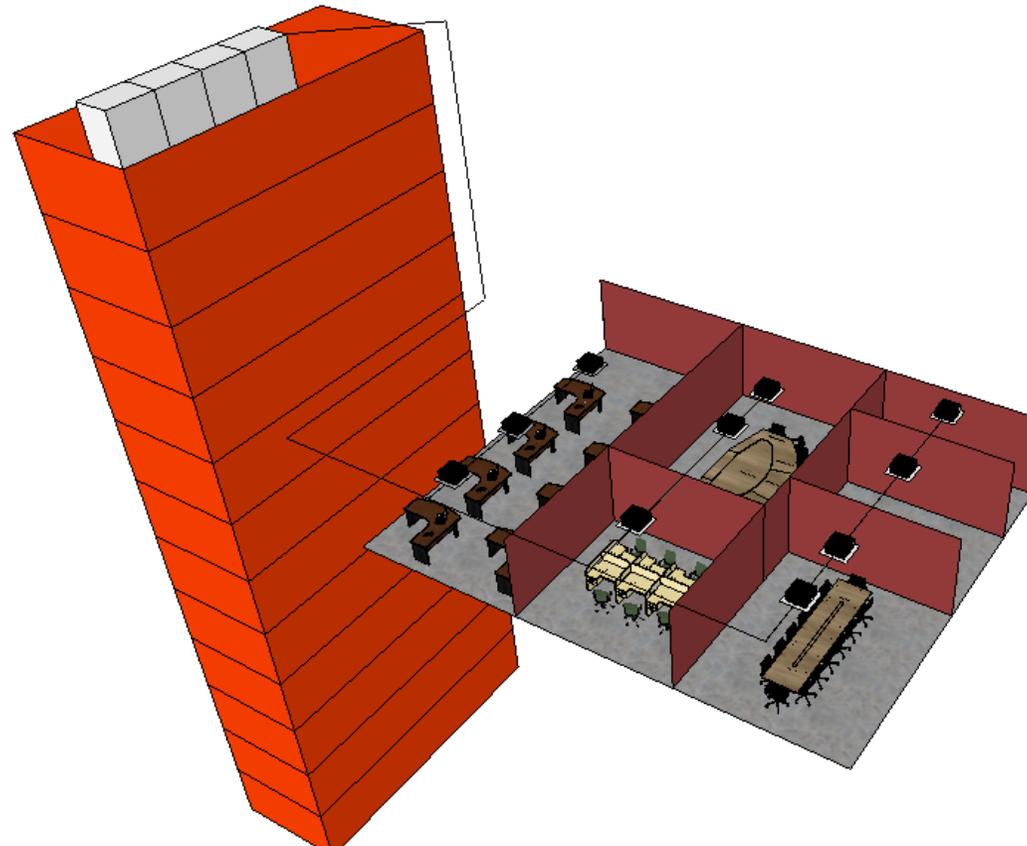
## Sistema central

Fancoletes: comum em climatização de quartos de hotel



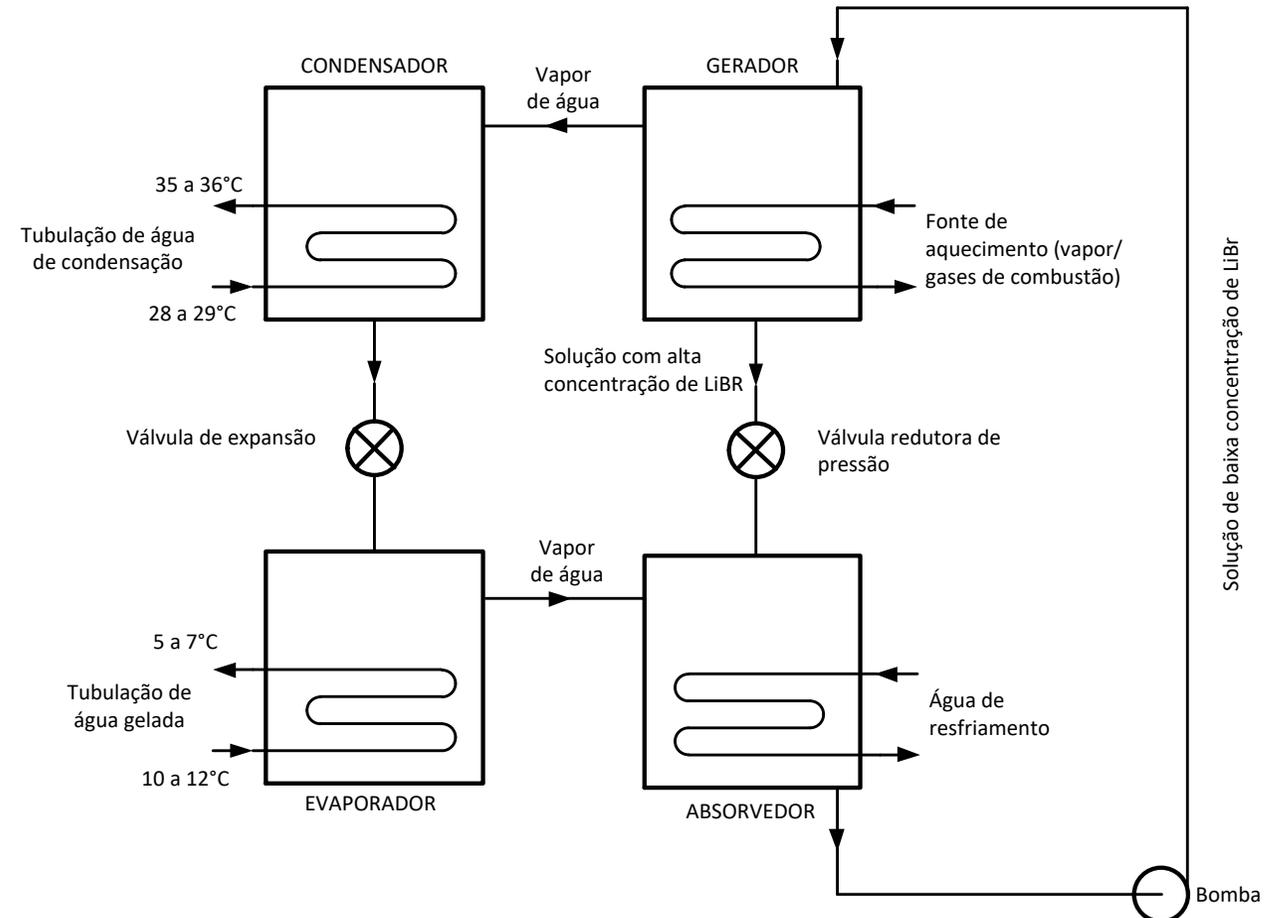
# Características dos sistemas de climatização

## Sistema VRF



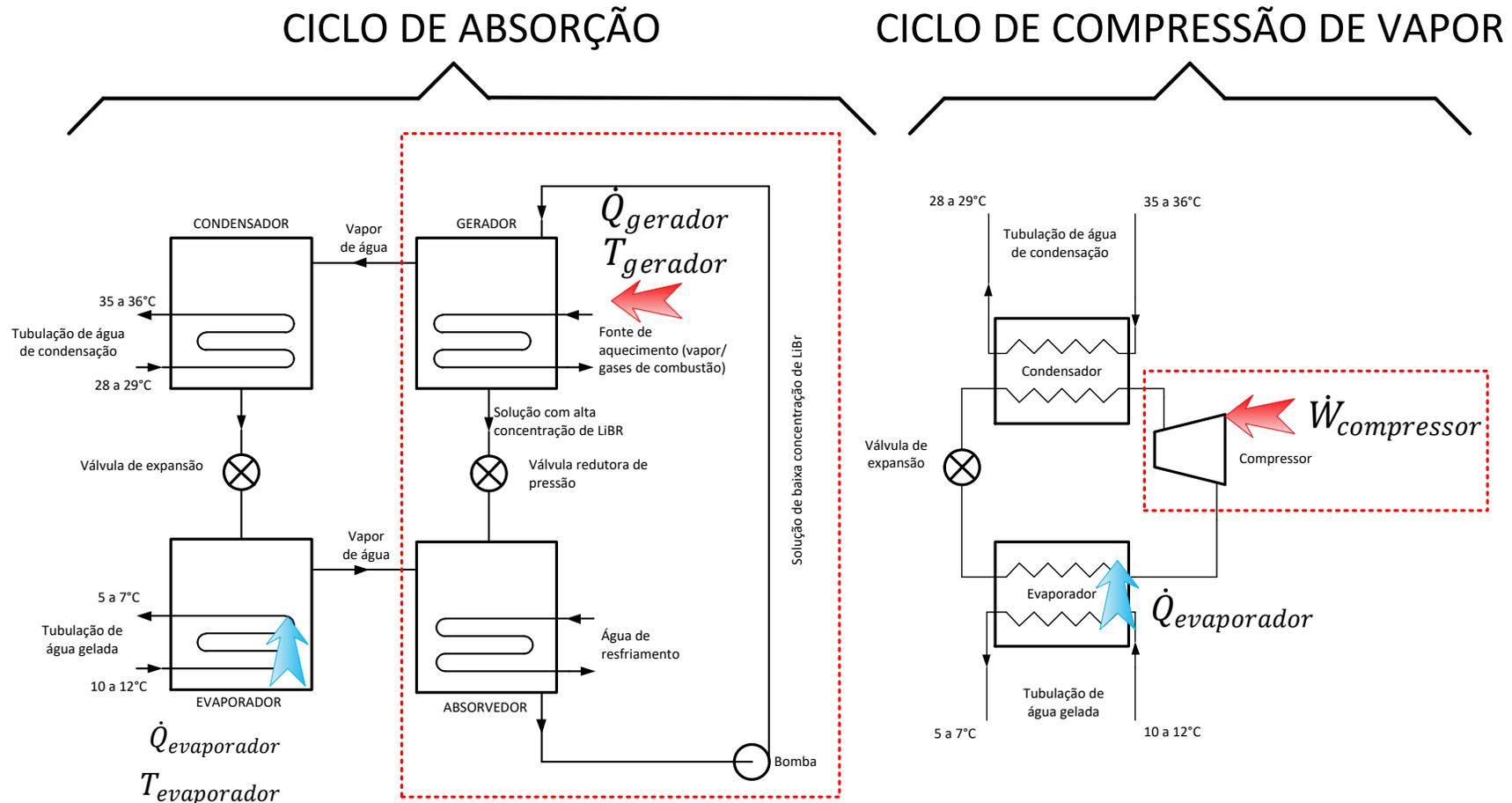
# Características dos sistemas de climatização

## Sistemas de absorção

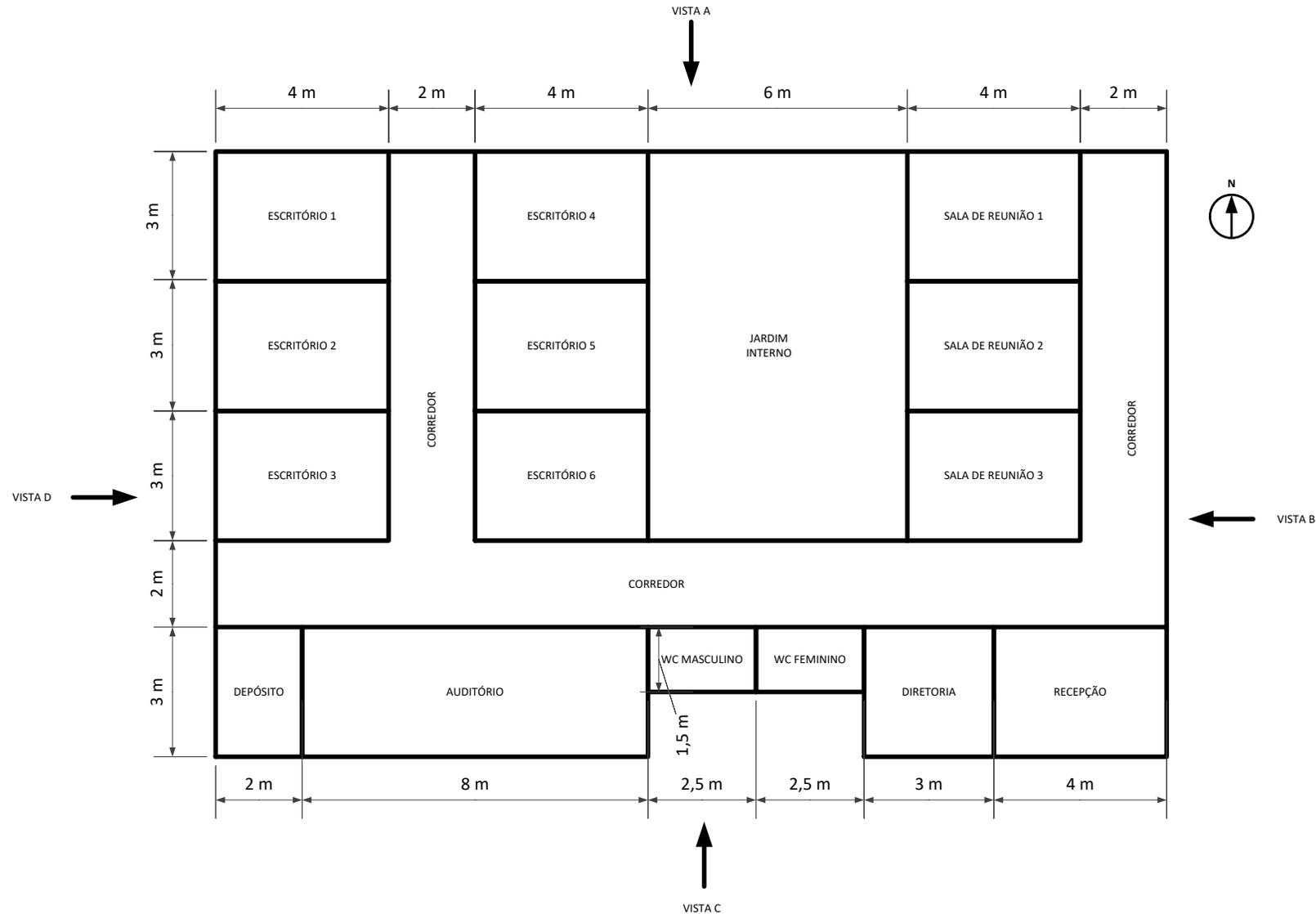


# Características dos sistemas de climatização

## Sistemas de absorção

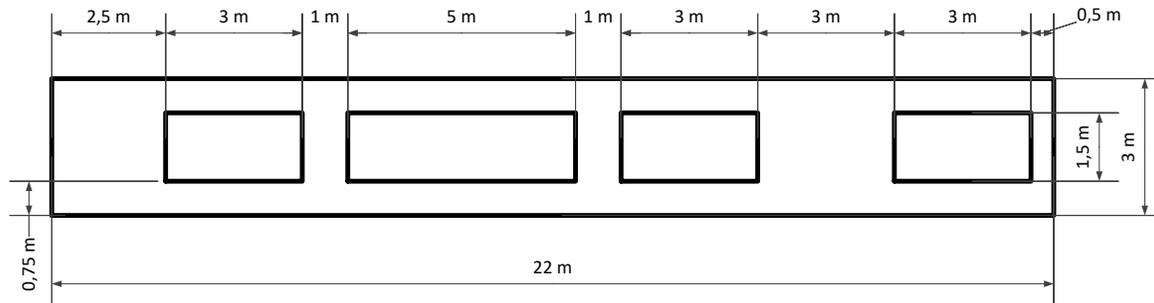


## Edificação de referência

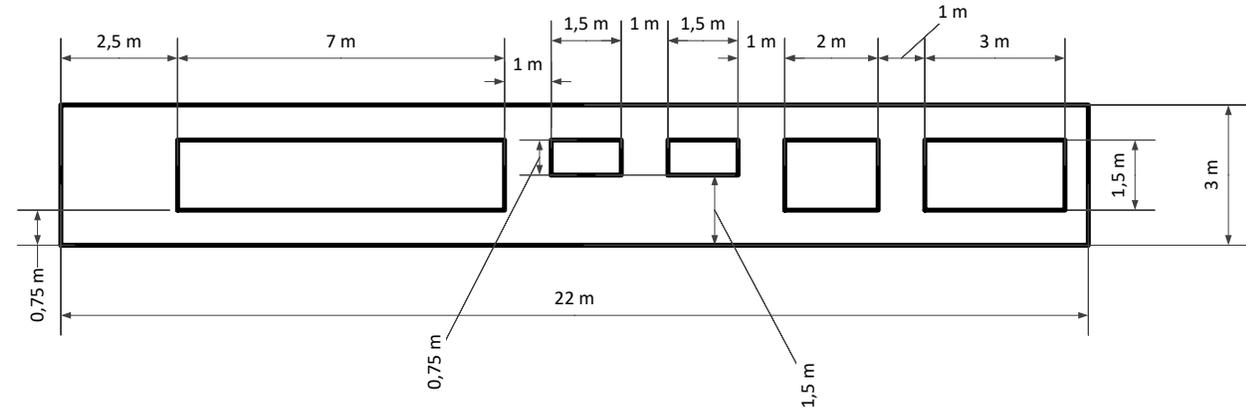


# Zoneamento térmico

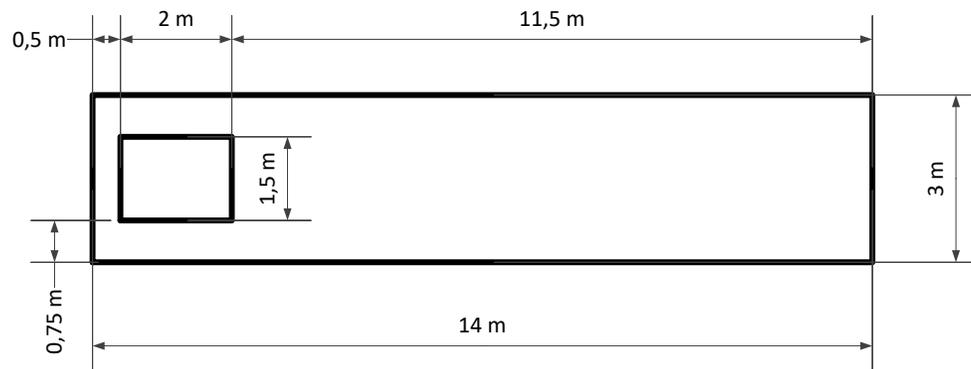
VISTA A



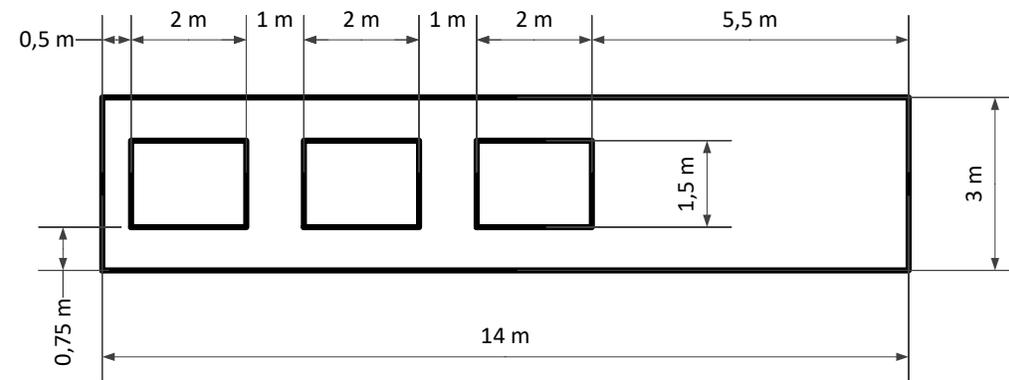
VISTA C



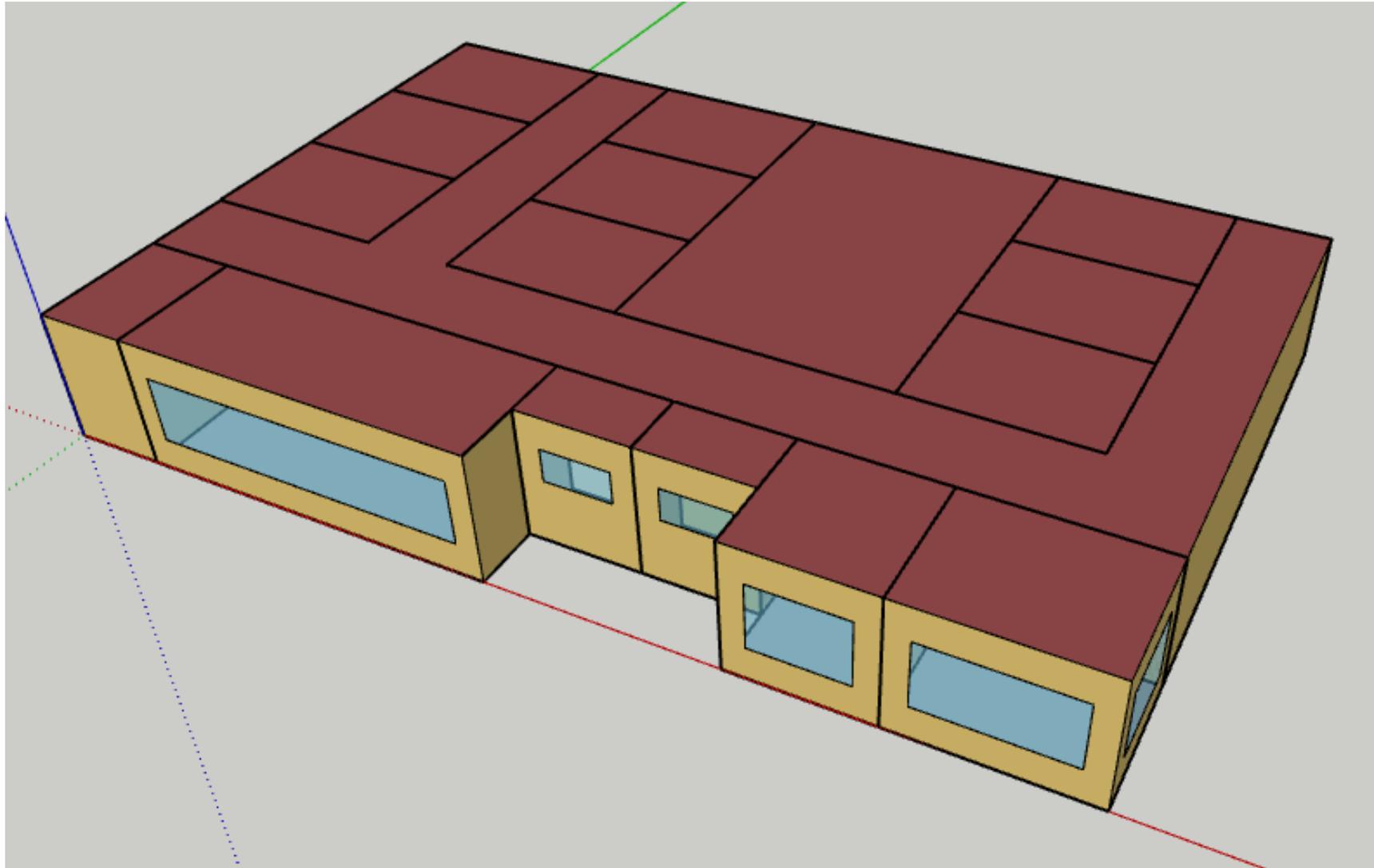
VISTA B



VISTA D



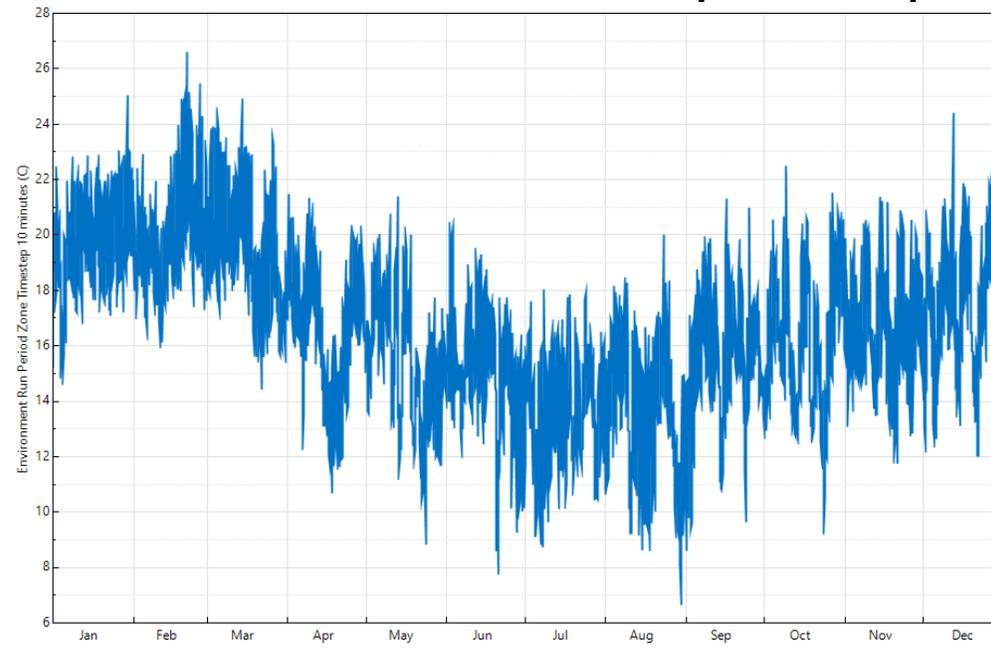
## Modelo da edificação



## Dados climáticos – Dias de projeto (Design Day)

SP	São Paulo Congonhas		Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem. anuais	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s	
			23,62S	46,65W	803m	92,04	82/01		28,2	34,3	0,9	5,8	2,5	
Mês>Qt	Freq. anual	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq. anual	Aquec.	Umidificação		
Fev	0,4%	TBS	TBUc	TBU	TBSc	TPO	w	TBSc	Jul	99,6%	TBS	TPO	w	TBSc
		32,0	20,3	23,2	27,8	22,1	18,5	25,3		99%	10,0	5,8	6,3	17,4
?Tmd	1%	31,0	20,4	22,6	27,1	21,2	17,5	24,3						
8,3	2%	30,0	20,4	22,1	26,7	21,0	17,2	24,0						

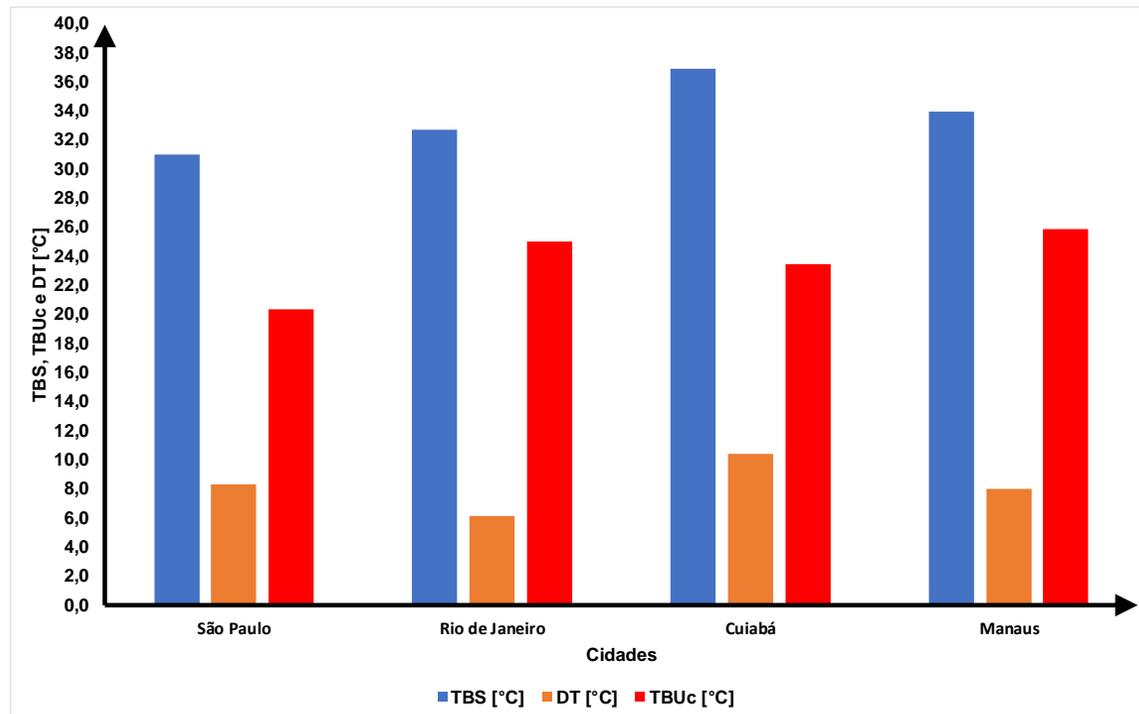
## Dados climáticos anuais: arquivos tipo epw



## Temperatura de bulbo seco – São Paulo [°C]

## Comparação de dados climáticos – Dias de projeto (Design Day)

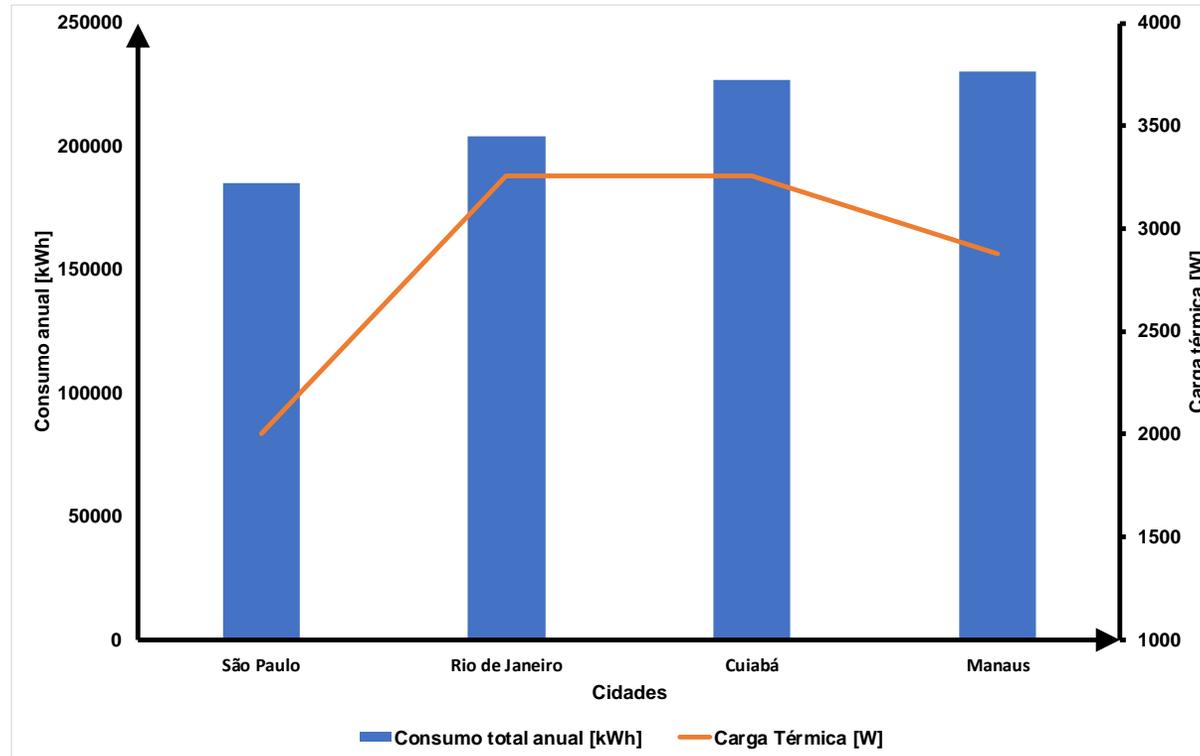
Clima	TBS [°C]	DT [°C]	TBUc [°C]
São Paulo	31,0	8,3	20,4
Rio de Janeiro	32,7	6,1	25,0
Cuiabá	36,9	10,4	23,5
Manaus	34,0	8,0	25,9



TBS=Temperatura de bulbo seco  
 DT = Variação diária da temperatura de bulbo seco  
 TBUc = Temperatura de bulbo úmido coincidente

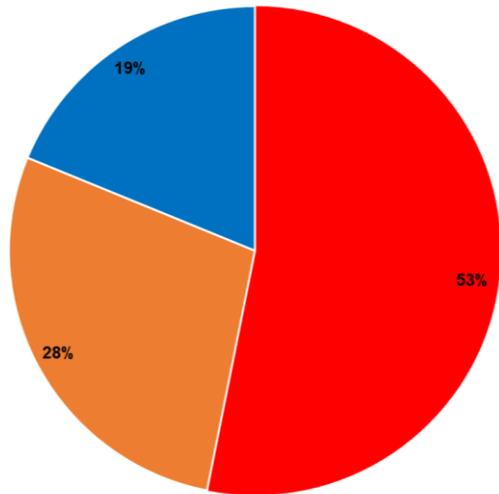
## Comparação de consumo anual e de uso final e carga térmica

Clima	Iluminação [kWh]	Equipamentos [kWh]	Resfriamento [kWh]	Aquecimento [kWh]	Ventiladores [kWh]	Climatização [kWh]	Carga Térmica [W]
São Paulo	98250	51944	17500	10778	6472	34750	2004
Rio de Janeiro	98250	51944	43833	1944	8056	53833	3257
Cuiabá	98250	51944	66083	917	9694	76694	3260
Manaus	98250	51944	71583	0	8444	80028	2879

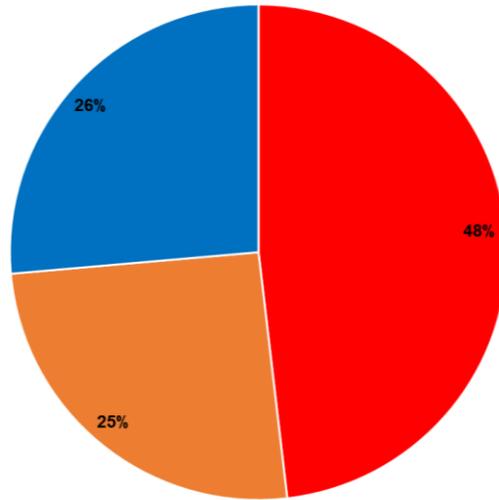


# Comparação de consumo anual

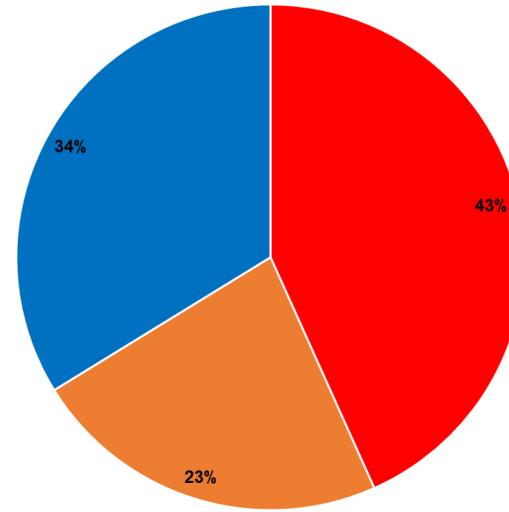
São Paulo



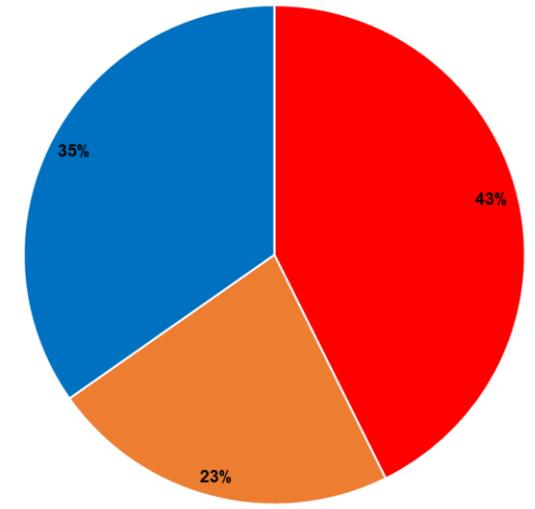
Rio de Janeiro



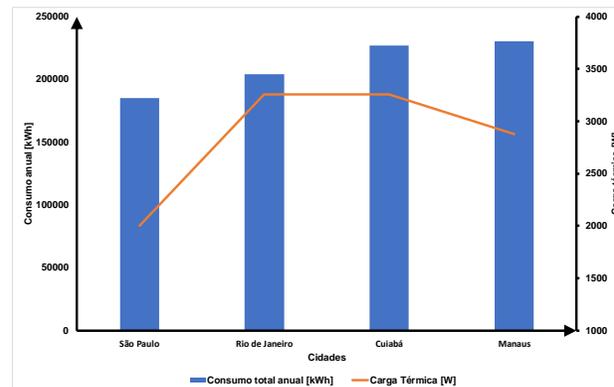
Cuiabá



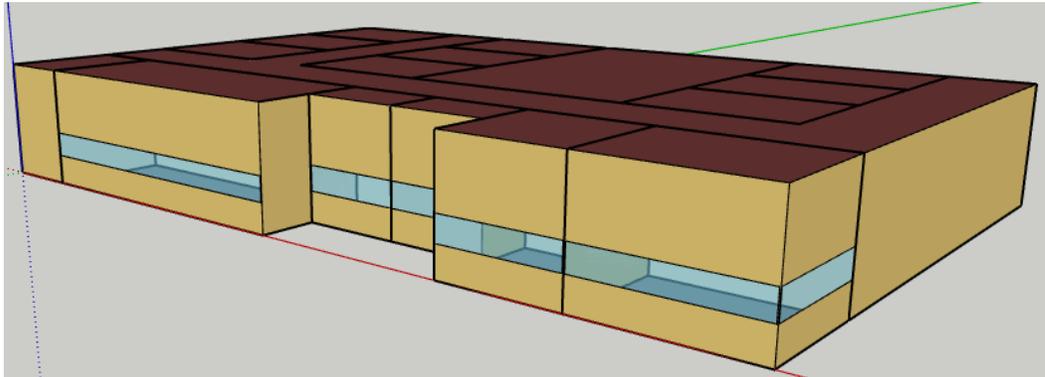
Manaus



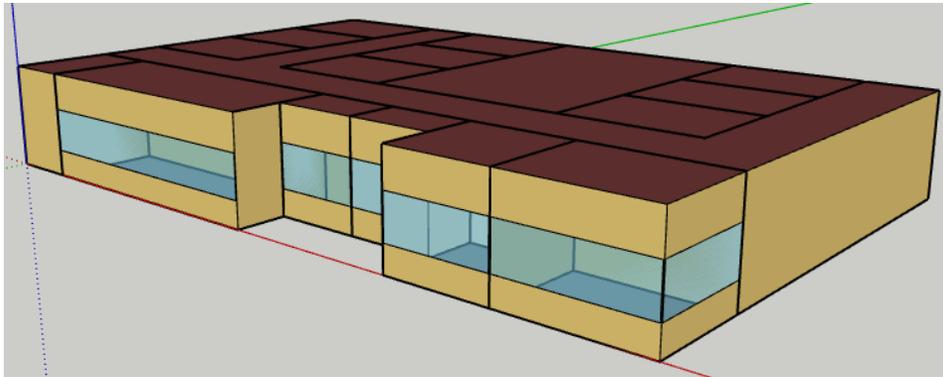
■ Iluminação [kWh] ■ Equipamentos [kWh] ■ Climatização [kWh] ■ Iluminação [kWh] ■ Equipamentos [kWh] ■ Climatização [kWh] ■ Iluminação [kWh] ■ Equipamentos [kWh] ■ Climatização [kWh] ■ Iluminação [kWh] ■ Equipamentos [kWh] ■ Climatização [kWh]



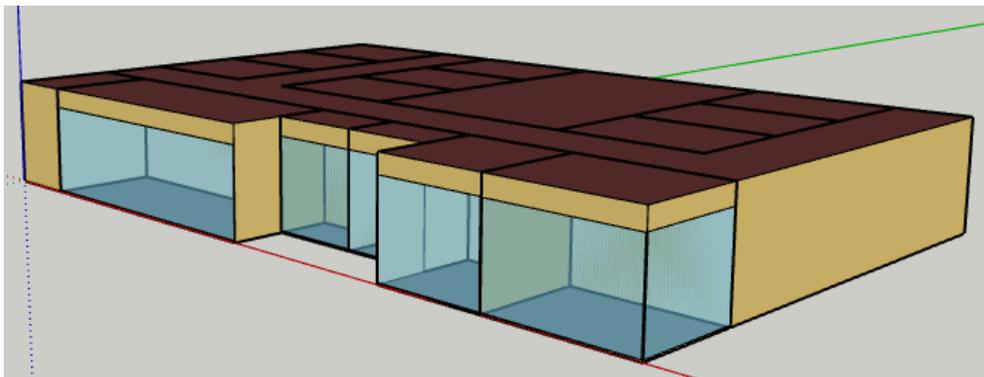
## Variação de porcentagem de área envidraçada (WWR)



WWR=20%

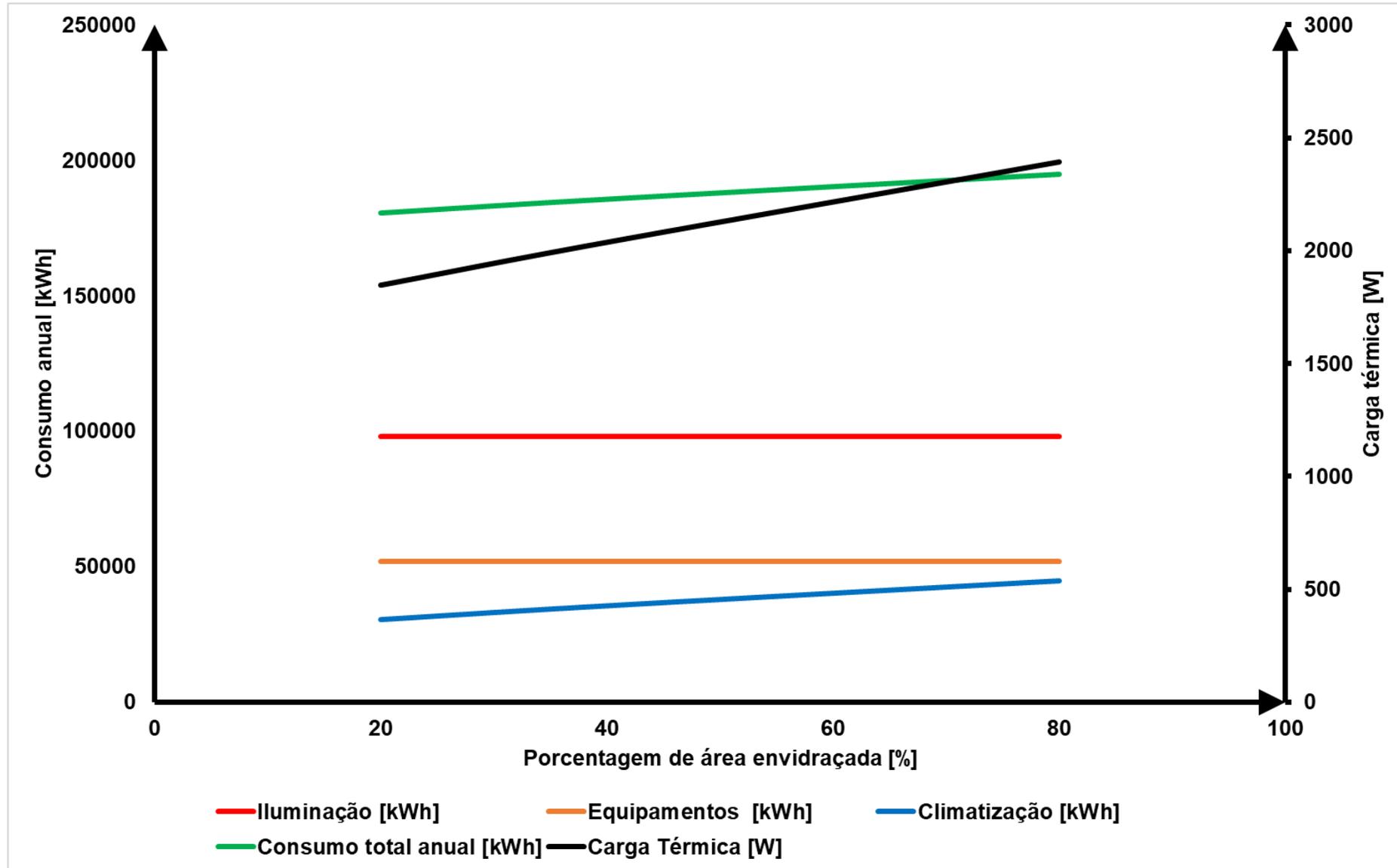


WWR=40%



WWR=80%

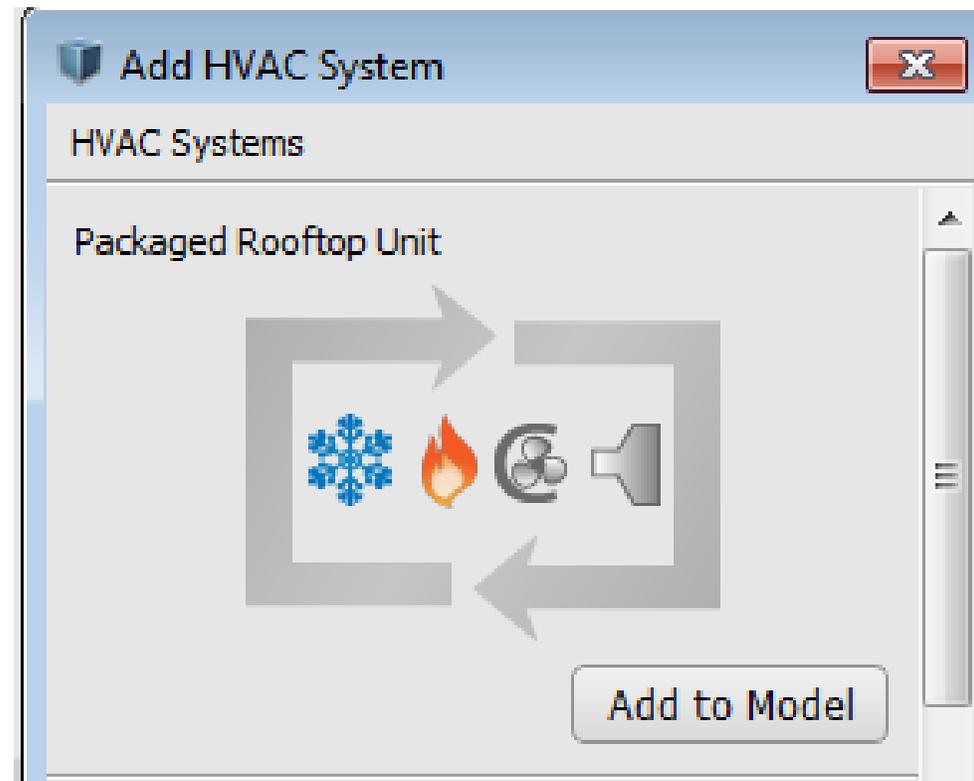
## Variação de porcentagem de área envidraçada



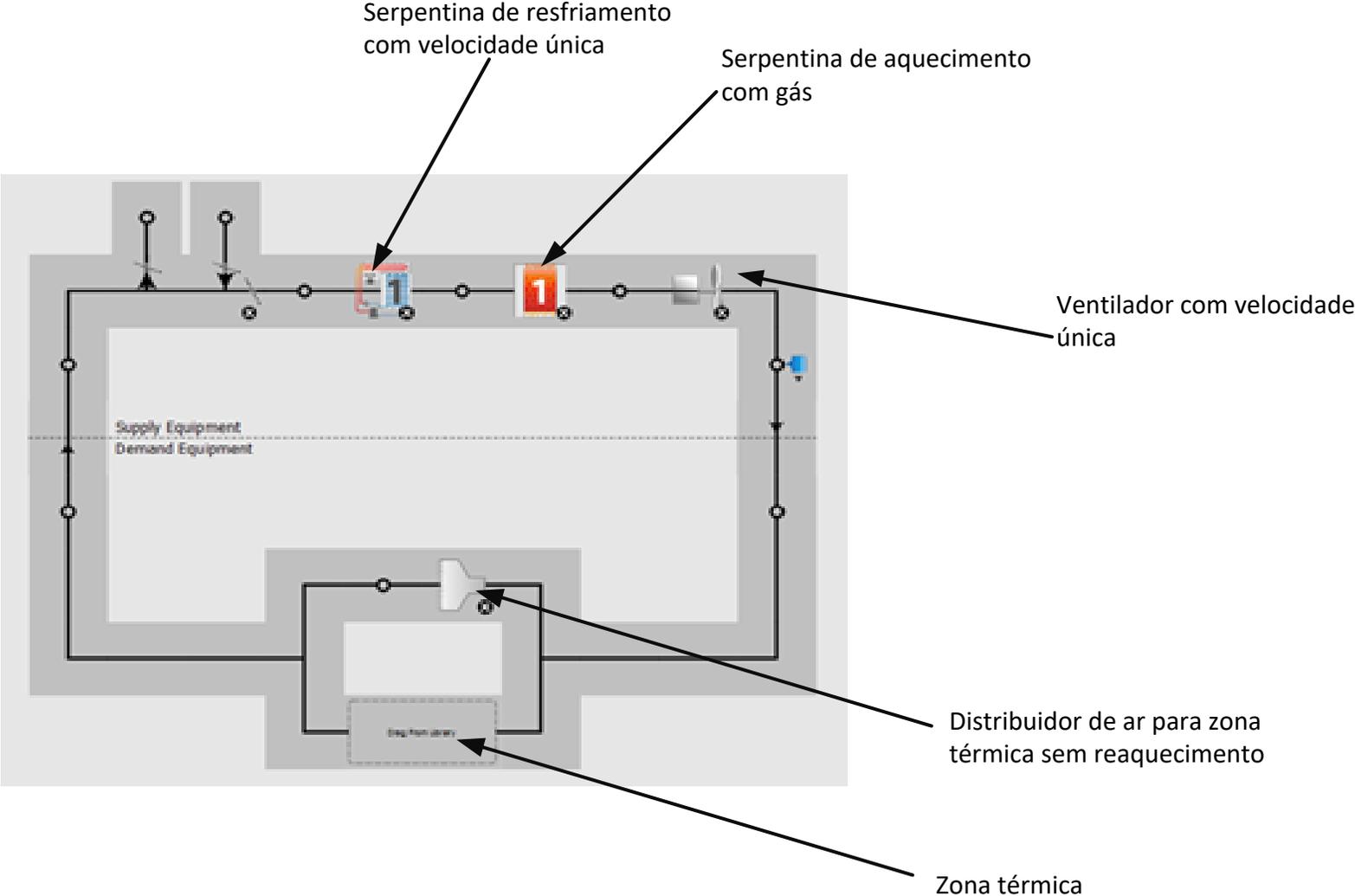
# Templates de Sistemas de Climatização – Open Studio

# Packaged Rooftop Unit

Usado para simular um sistema autônomo de climatização com aquecimento a gás

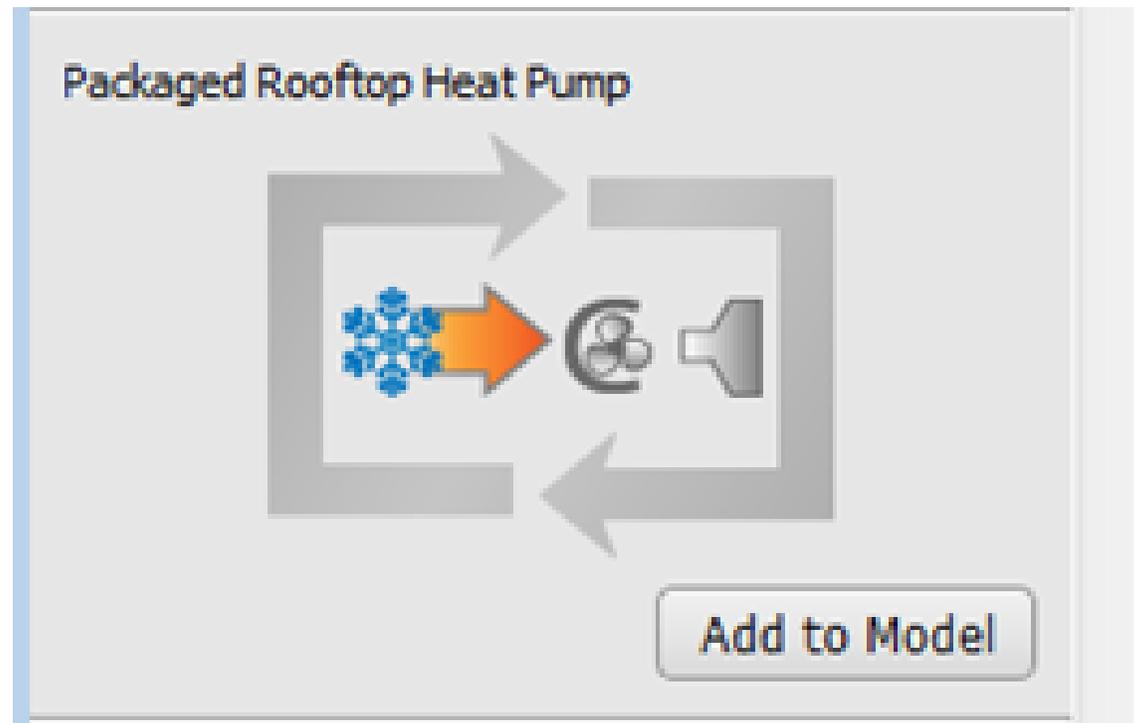


# Packaged Rooftop Unit

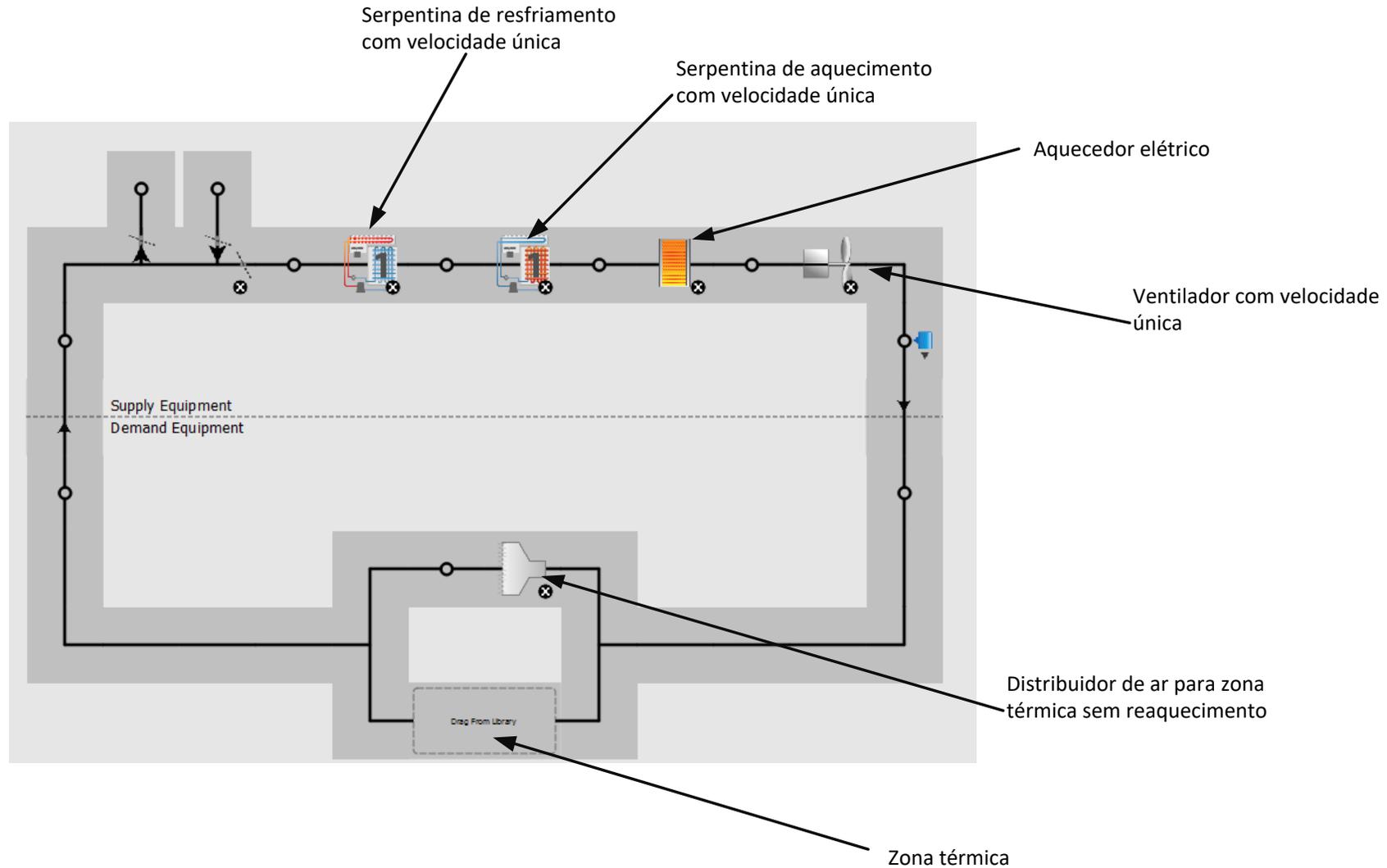


## Packaged Rooftop Heat Pump

Usado para simular um sistema autônomo de climatização com serpentina de aquecimento

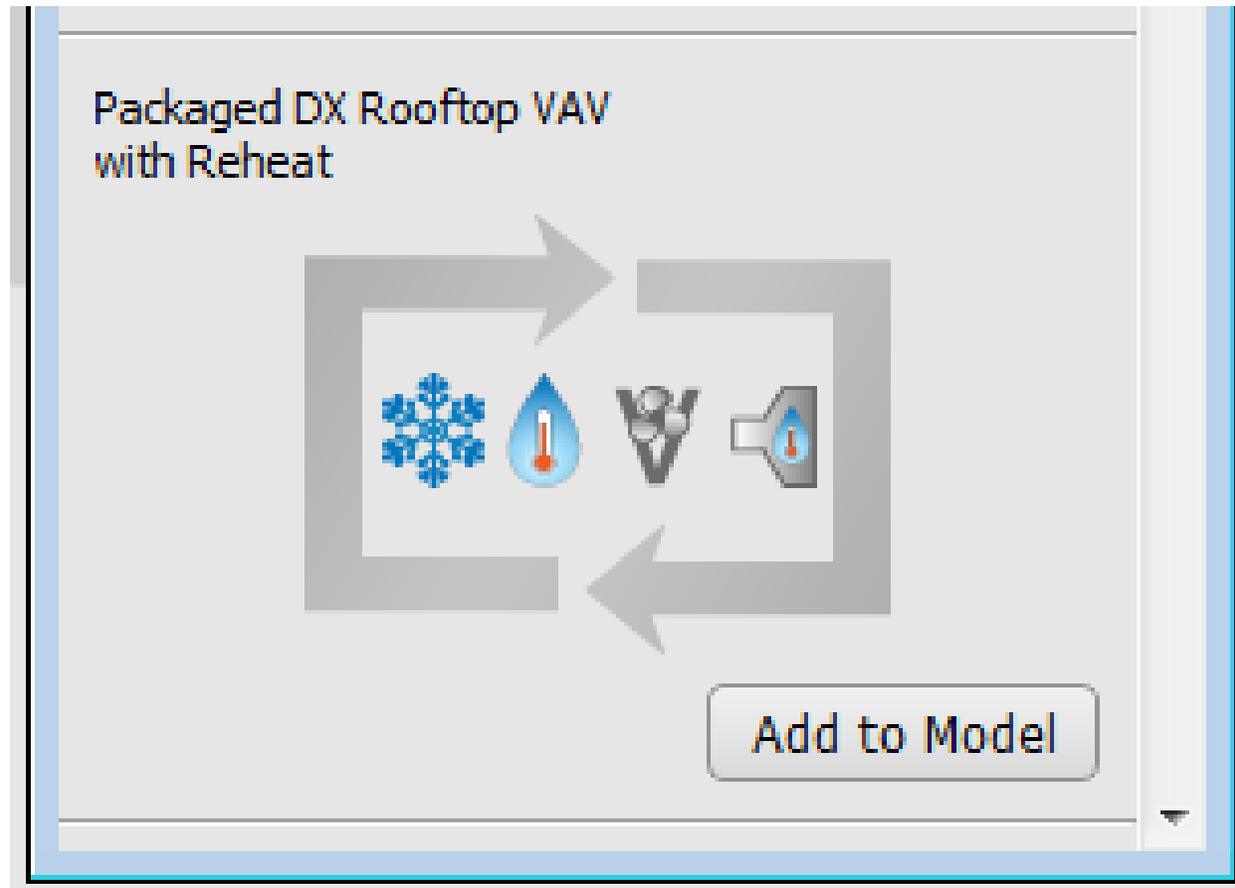


# Packaged Rooftop Heat Pump

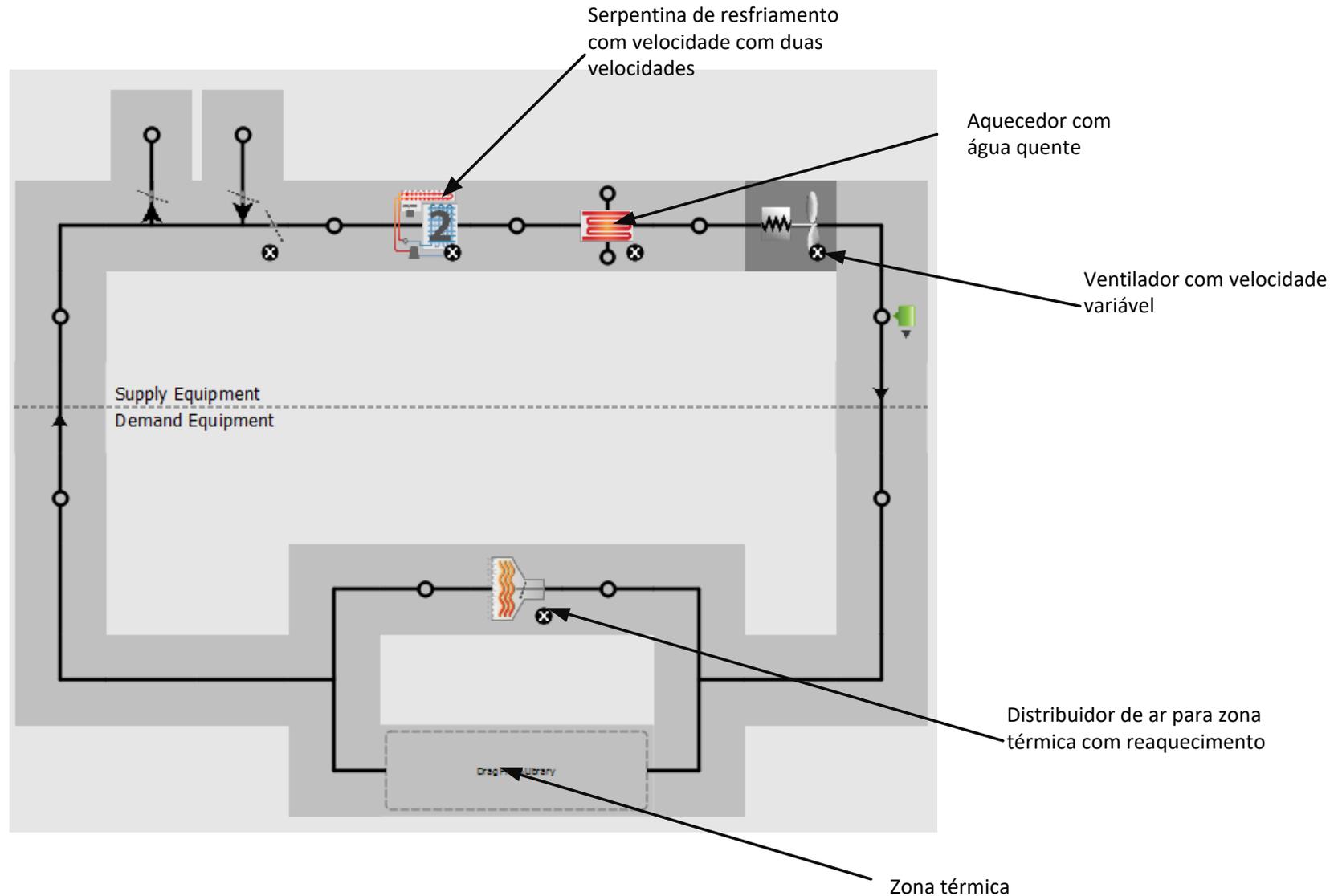


## Packaged DX Rooftop VAV with Reheat

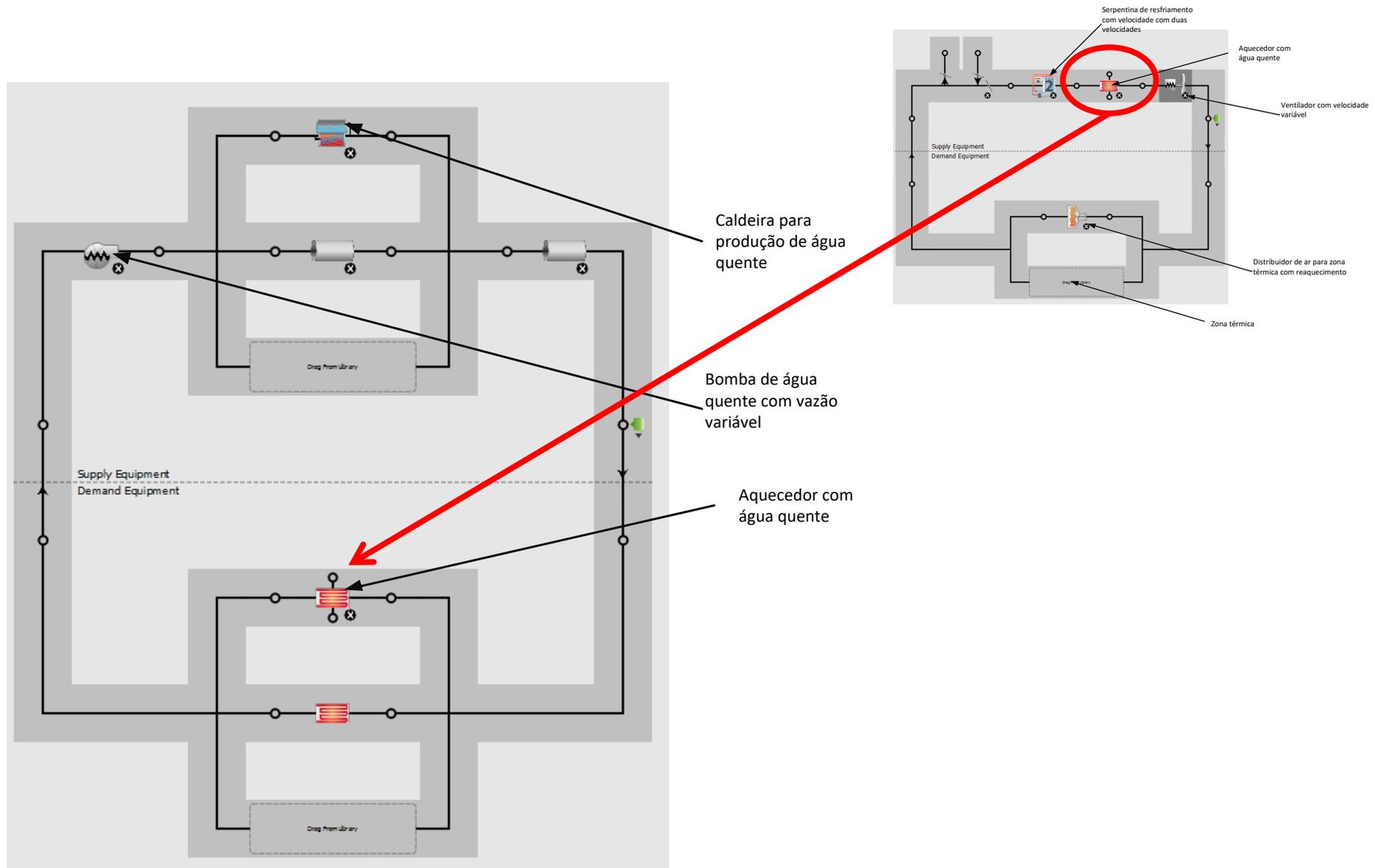
Usado para sistema de resfriamento tipo fancoil ou self com aquecimento por água quente com vazão de ar variável



# Packaged DX Rooftop VAV with Reheat

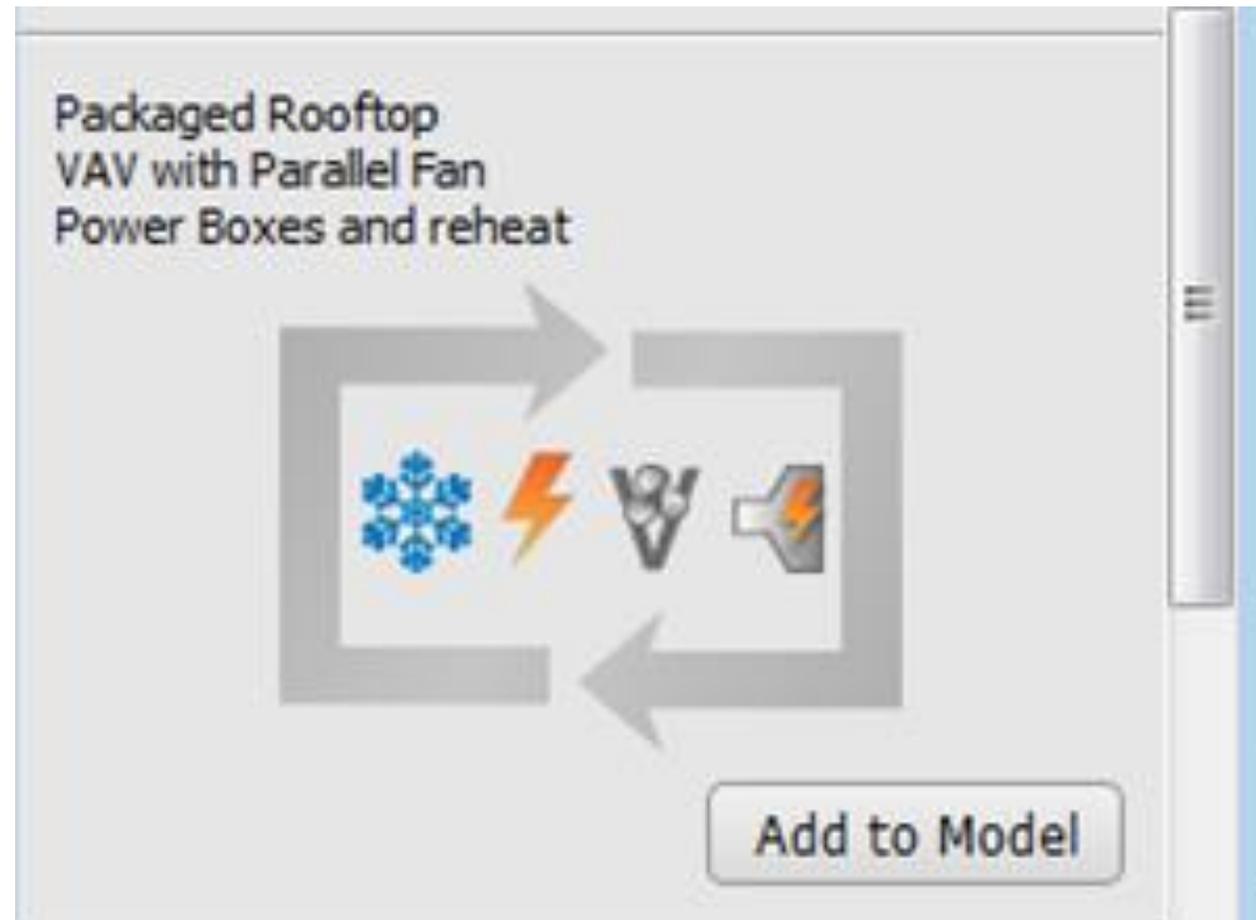


# Packaged DX Rooftop VAV with Reheat

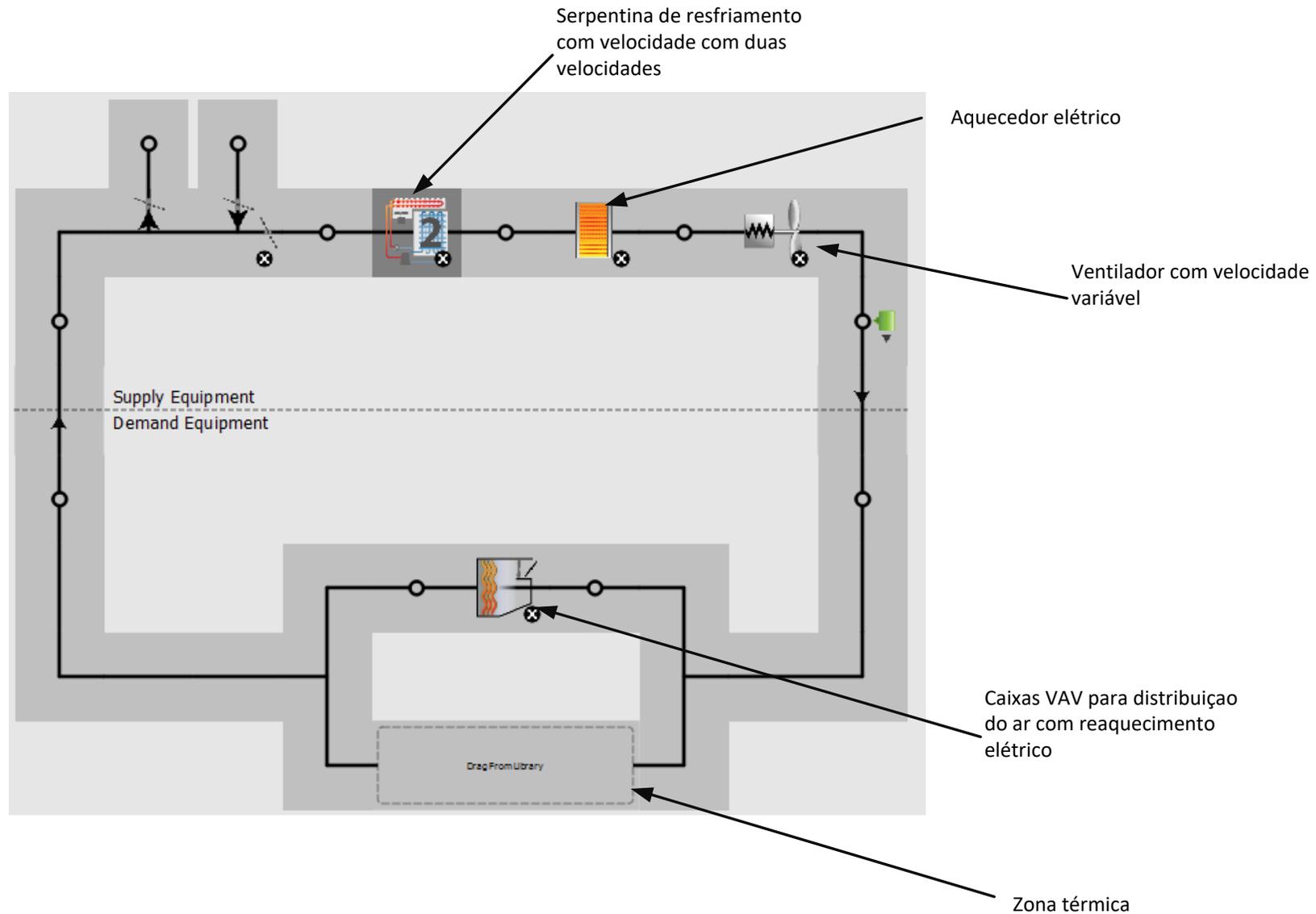


## Packaged Rooftop VAV with Parallel Fan Power Boxes and reheat

Usado para sistema de resfriamento tipo self com aquecimento elétrico com vazão de ar variável



# Packaged Rooftop VAV with Parallel Fan Power Boxes and reheat

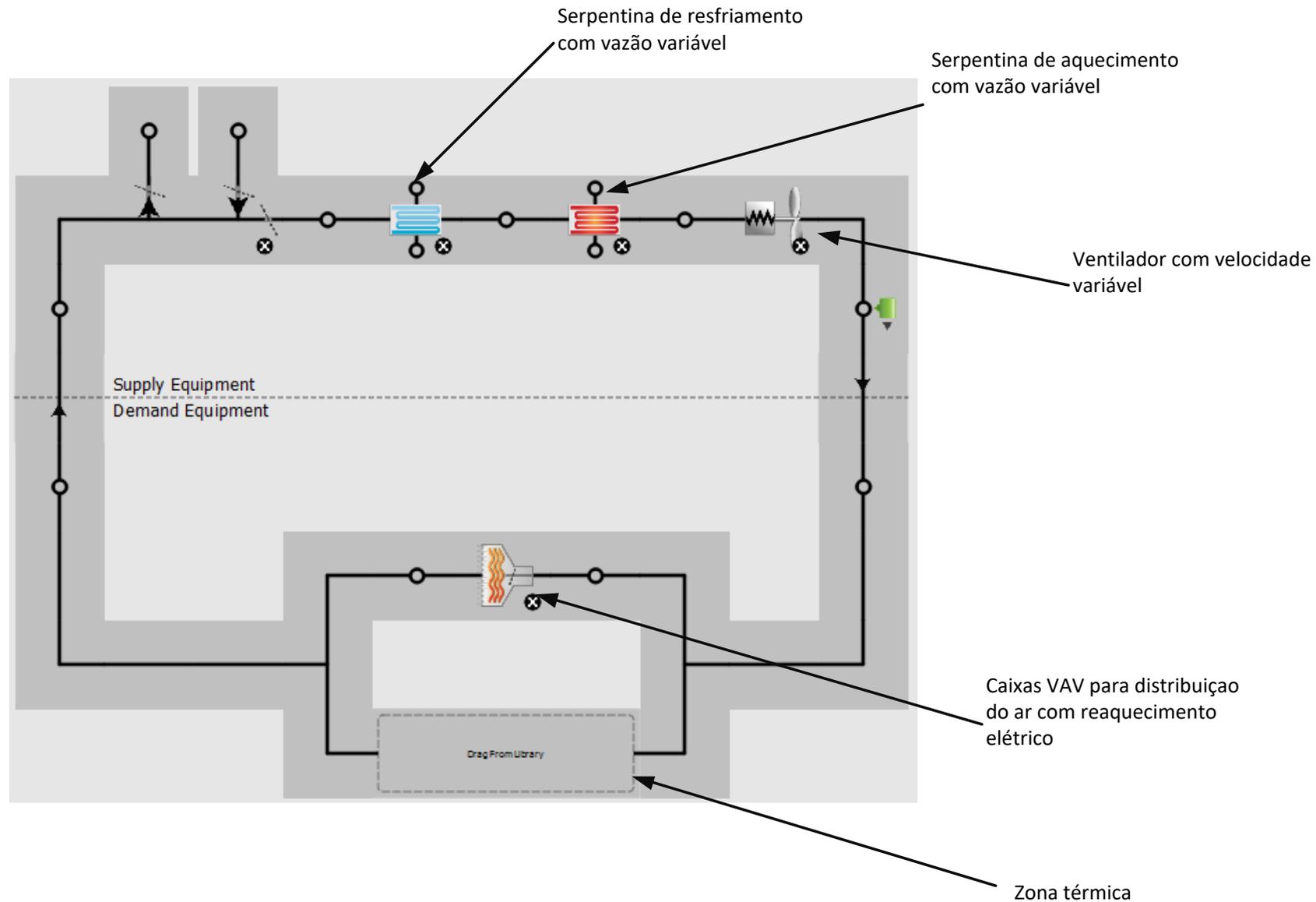


## Packaged Rooftop VAV with Reheat

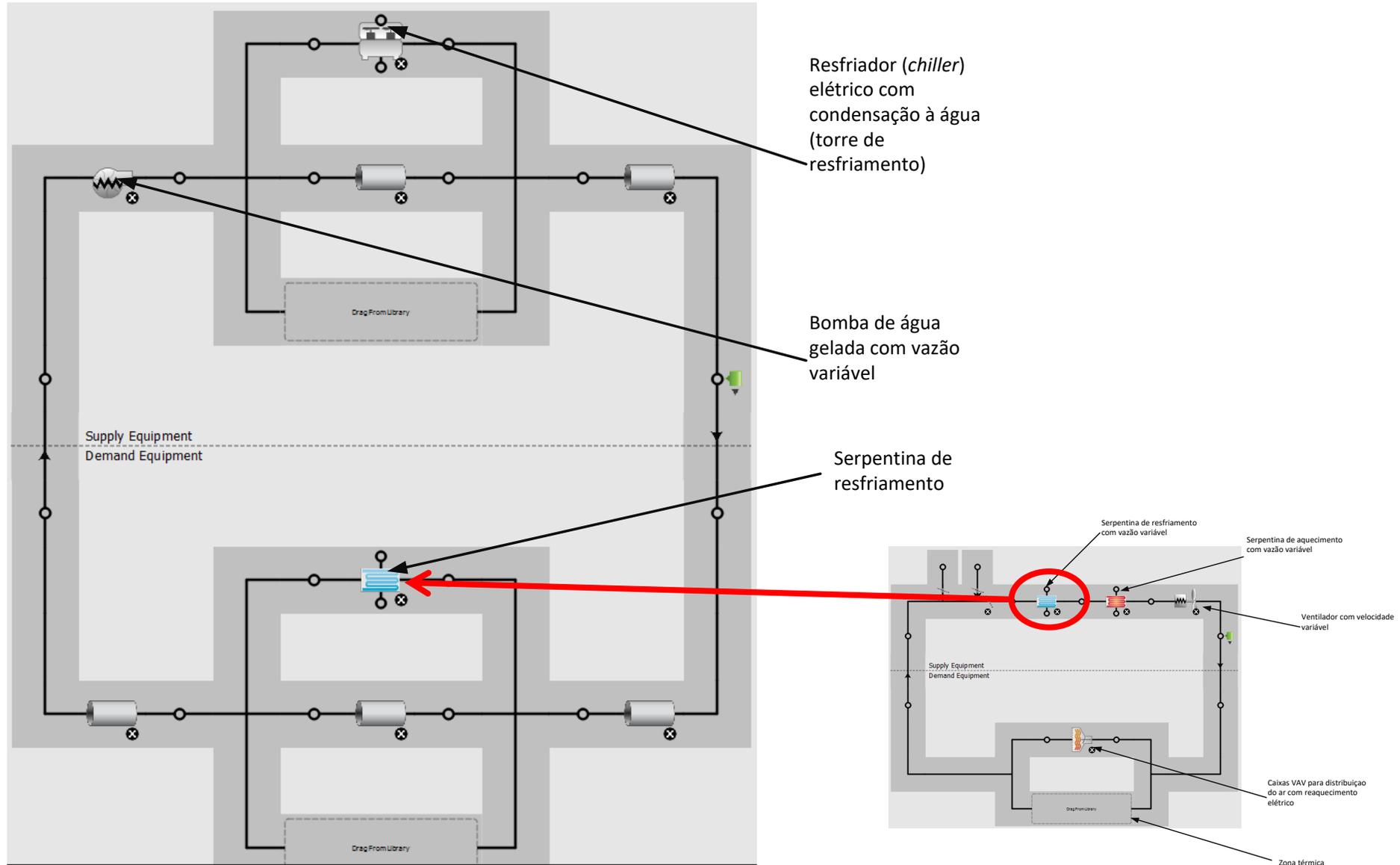
Usado para sistema de resfriamento com resfriador elétrico com condensação a água e aquecimento com água quente e vazão de ar variável



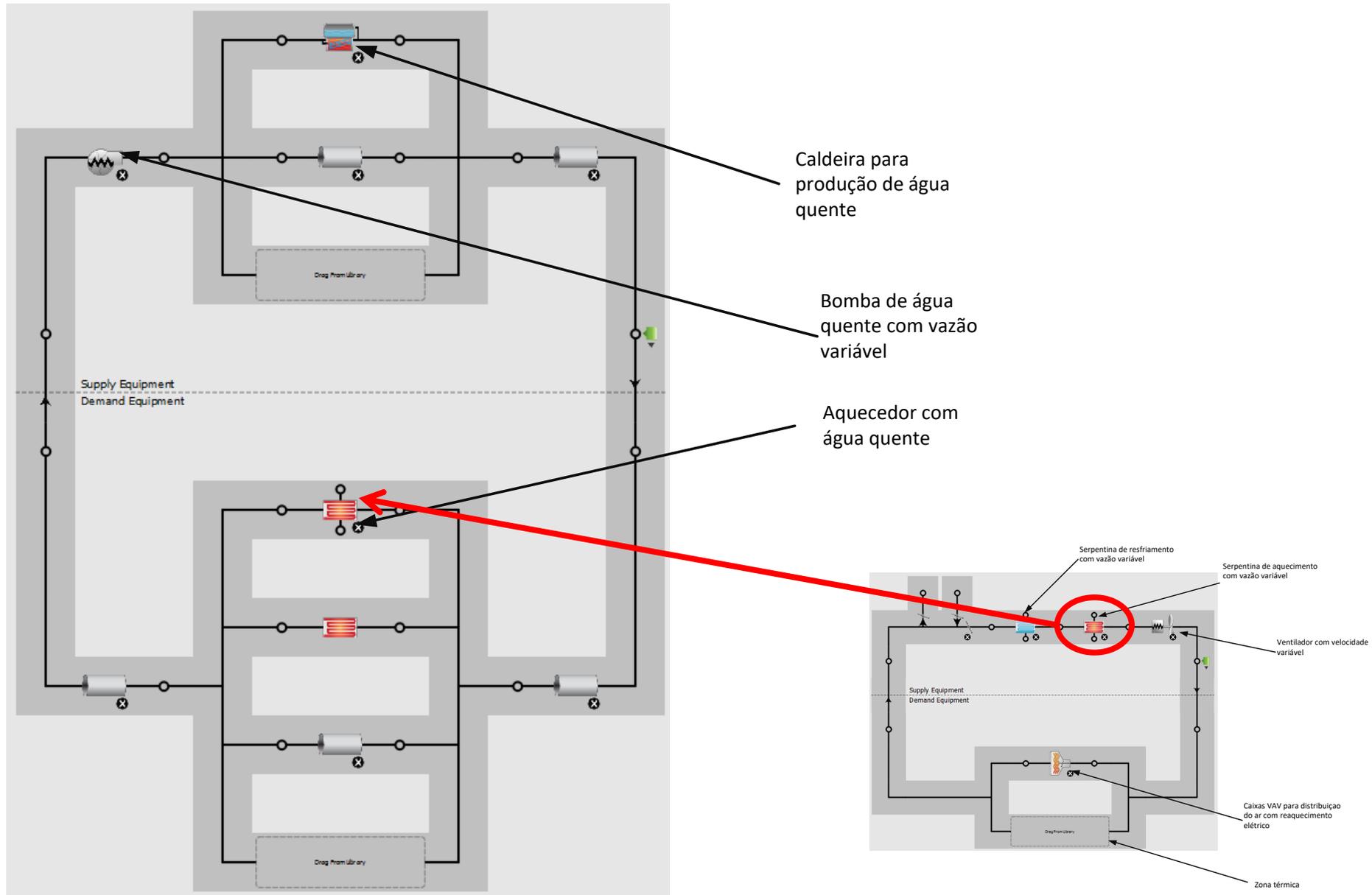
# Packaged Rooftop VAV with Reheat



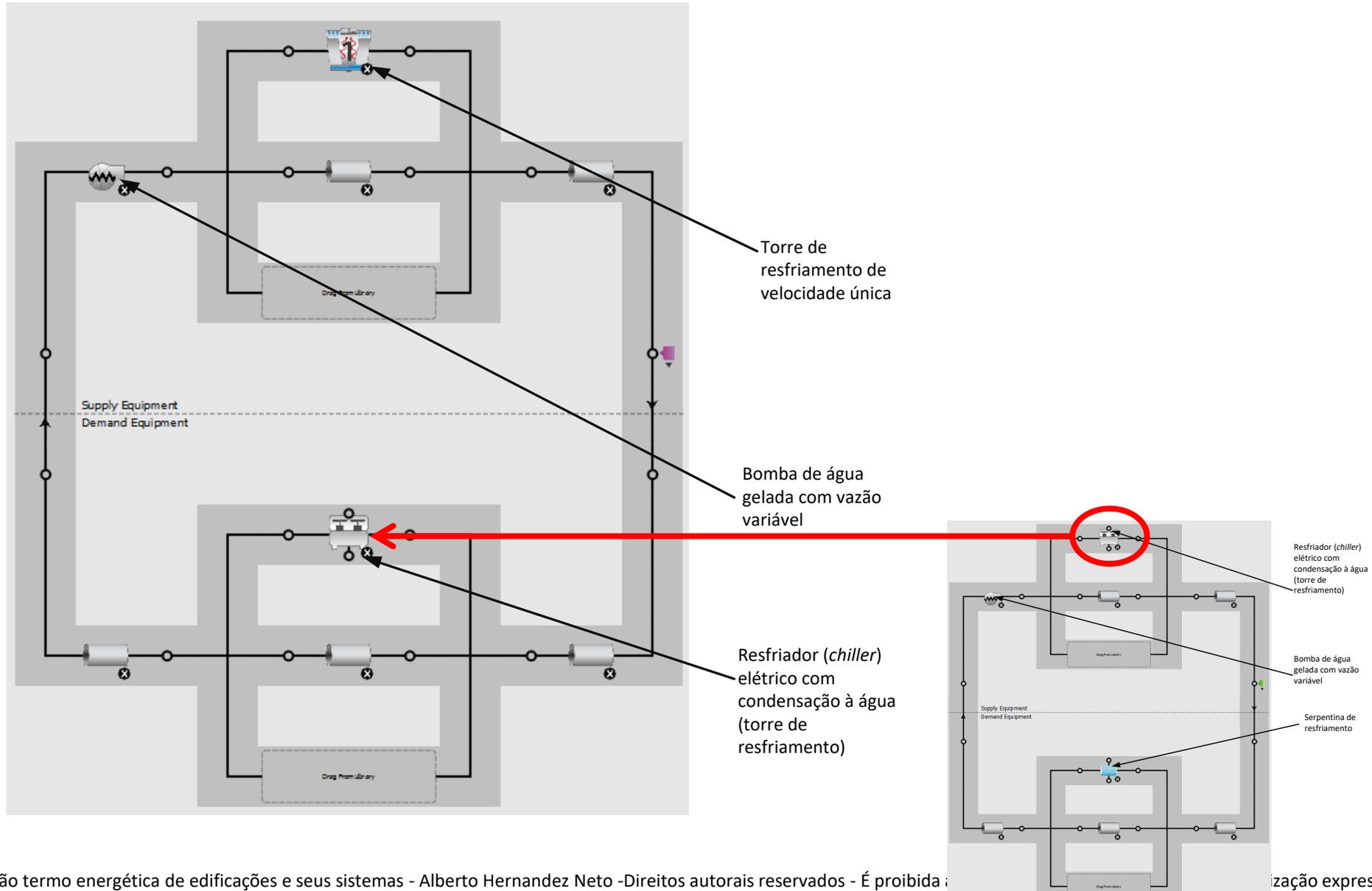
# Packaged Rooftop VAV with Reheat



# Packaged Rooftop VAV with Reheat



# Packaged Rooftop VAV with Reheat

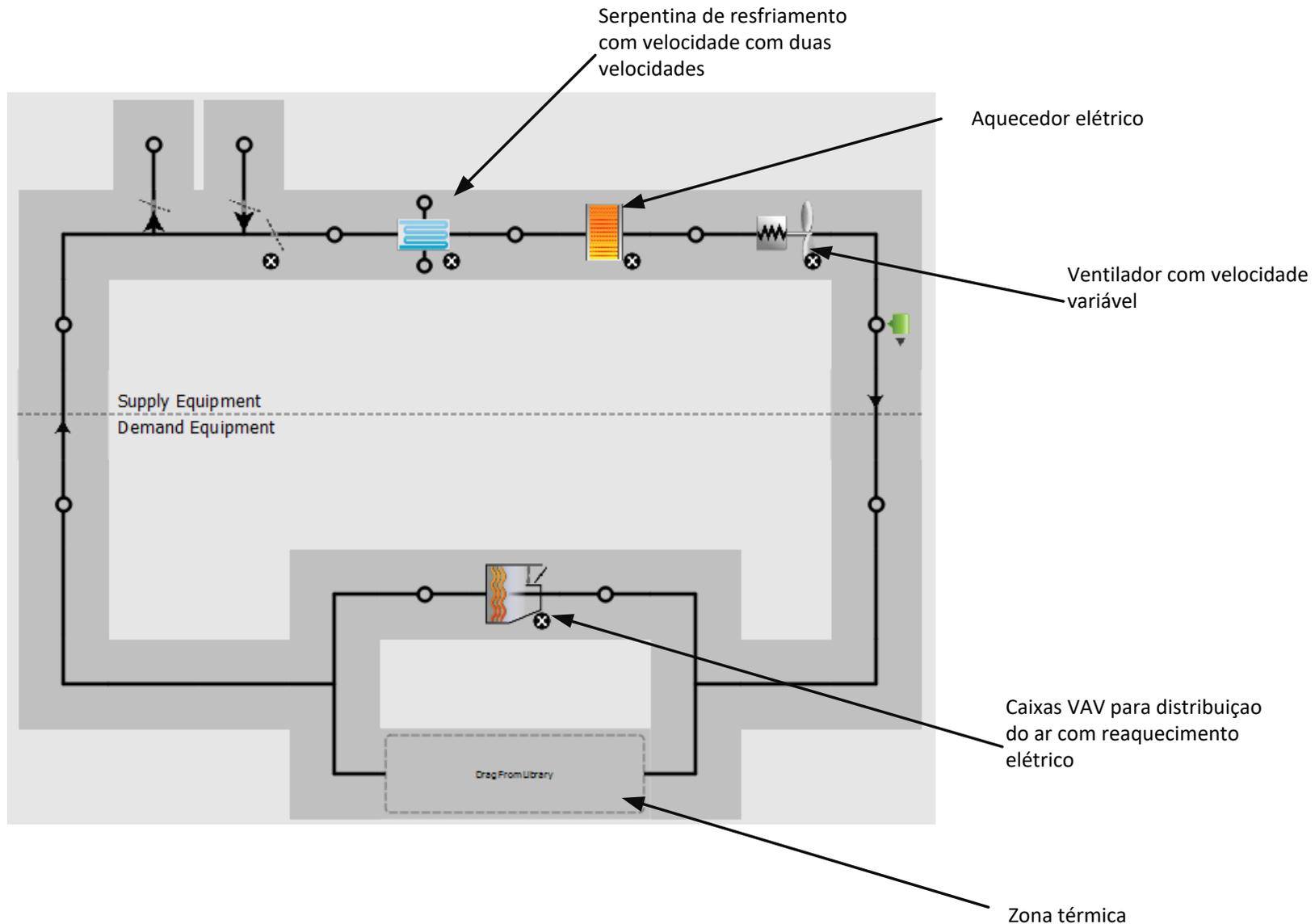


## VAV with Parallel Fan-Powered Boxes and Reheat

Usado para sistema de resfriamento com resfriador elétrico com condensação a ar e reaquecimento elétrico e vazão de ar variável



# VAV with Parallel Fan-Powered Boxes and Reheat



# VAV with Parallel Fan-Powered Boxes and Reheat

