RELATÓRIO DESEMPENHO TÉRMICO

NBR 15.575-1

Emenda 1 – 30.03.2021

YYY

Relatório XX | R00 – 00/00/0000

Inovatech

SUMÁRIO

SUMÁRIO

Clique para ir até a seção desejada

Sumário

Introdução

Parâmetros de Simulação

Conclusões

Anexos

INTRODUÇÃO

Objetivo

O presente estudo busca verificar as condições desempenho térmico no interior das unidades habitacionais do **empreendimento YYY, realizado pela XXX**, verificando a conformidade do empreendimento com os requisitos mínimos de desempenho térmico da norma ABNT NBR 15.575:2013/Em1:2021. Em vigor desde 2013, a norma ABNT NBR 15.575 Edificações Habitacionais – Desempenho aplica-se aos edifícios habitacionais novos e define parâmetros de desempenho que a construção deve atender, independente da solução construtiva adotada, enquadrando-a dentro de três níveis de desempenho: Mínimo (M), Intermediário (I) e Superior (S), sendo obrigatório se alcançar pelo menos o nível Mínimo definido pela norma. Para empreendimentos protocolados a partir de 26/09/2021, os itens de desempenho térmico deverão ser avaliados através dos requisitos da NBR 15.575:2013/EM1:2021 (partes 1, 4 e 5) São aceitos dois métodos de avaliação:

- Análise dos ambientes de permanência prolongada (Sala e Dormitórios) através de Simulação Computacional;
- Análise das propriedades Transmitância Térmica (U) e Capacidade Térmica (CT) das fachadas e coberturas do empreendimento, através de um cálculo prescritivo.

O presente estudo irá avaliar o empreendimento através de **Simulação Computacional**.

Requisitos 11.4 – NBR 15.575-1:2013/Em1

Tabela 1. Critério de avaliação de desempenho térmico da envoltória considerando ventilação natural

NÍVEL DE DESEMPENHO	Critério
Mínimo (M)	$PHFT_{UH,real} > 0,9.PHFT_{UH,ref}$
Intermediário (I)	$\Delta PHFT > \Delta PHFT_{mín}$
Superior (S)	$\Delta PHFT > \Delta PHFT_{mín}$
$\Delta PHFT$ é o incremento do $PHFT_{UH,real}$, em relação ao $PHFT_{UH,ref}$ $\Delta PHFT_{mín}$ é o incremento mínimo do $PHFT_{UH,real}$, em relação ao $PHFT_{UH,ref}$, com valor obtido por meio da Tabela 20, para o nível Intermediário, e da Tabela 21, para o nível Superior.	

Tabela 2. Critério de avaliação de desempenho térmico da envoltória desconsiderando ventilação natural

NÍVEL DE DESEMPENHO	Critério
Mínimo (M)	Não considera
Intermediário (I)	$RedCgTT \geq RedCgTT_{mín}$
Superior (S)	$RedCgTT \geq RedCgTT_{mín}$
RedCgTT é a redução da carga térmica total do Modelo Real ($CgTT_{UH,real}$), em relação à Referência (CgTTUH,ref). RedCgTTmín é a redução mínima da CgTTUH,real, em relação à referência (CgTTUH,ref), com valor obtido por meio da Tabela 20, para o nível Intermediário, e da Tabela 21, para o nível Superior.	

Modelo real (Real)

Modelo de simulação computacional termoenergética, que representa a unidade habitacional avaliada, conservando suas características geométricas, propriedades térmicas e composições construtivas.

Modelo de referência (Ref)

Modelo de simulação computacional termoenergética, que representa a unidade habitacional avaliada, adotando-se características de referência.

Percentual de horas ocupadas dentro de uma faixa de temperatura operativa (PHFT)

Razão entre as horas ocupadas dentro de uma faixa de temperatura operativa estabelecida, e o total de horas ocupadas do ambiente. O PHFT é calculado para cada APP, com PHFT da UH obtido a partir da média aritmética entre os valores de todos os APPs.

Carga térmica total (CgTT)

Quantidade total de calor, fornecida ou retirada do ar, para manter as condições desejadas em um ambiente.

Metodologia

Com o objetivo de avaliar o atendimento ao requisito de desempenho térmico da NBR 15.575 do empreendimento **XXX | YYY**, foi adotada a seguinte metodologia:

1. Modelagem tridimensional do empreendimento considerando todas as tipologias habitacionais de pavimento tipo e dos pavimentos que possuem contato com o solo e cobertura exposta;

2. Modelagem tridimensional da vizinhança e próxima a partir de imagens de satélite obtidas pelo *Google Maps* e volumetrias existentes no *CadMapper*; foram considerados somente os elementos cuja altura é maior do que a distância ao edifício estudado e cuja largura seja maior do que um terço da largura do edifício estudado, conforme recomendações da ASHRAE 90.1-2016 (Apêndice G);

3. Modelagem das composições construtivas do empreendimento em relação as suas propriedades térmicas;

4. Modelagem das características de carga interna e ventilação natural para avaliação do edifício **REAL COM VENTILAÇÃO NATURAL**;

Metodologia

5. Modelagem das características de carga interna e ventilação natural para avaliação do edifício **REFERÊNCIA COM VENTILAÇÃO NATURAL**;

6. Modelagem das características de carga interna e ventilação natural para avaliação do edifício **REAL SEM VENTILAÇÃO NATURAL**;

7. Modelagem das características de carga interna e ventilação natural para avaliação do edifício **REFERÊNCIA SEM VENTILAÇÃO NATURAL**;

8. Simulação do desempenho térmico de todas as tipologias habitacionais dos pavimentos a seguir para avaliação dos requisitos descritos no item 11.4.3 da NBR 15.575-1:2013/Em1:2021.

PARÂMETROS DE SIMULAÇÃO

Introdução aos parâmetros de simulação

Nesta seção serão detalhados os parâmetros utilizados para as simulações, mais especificamente:

1. Geometria do empreendimento
2. Clima e entorno
3. Sistemas construtivos
4. Esquadrias
5. Ventilação natural
6. Cálculo de carga térmica
7. Contato com o solo
8. Cargas e calendários
9. Documentos utilizados nas simulações
10. Configurações do software utilizado

1 – Geometria do empreendimento

Segundo o método de avaliação 11.4.7 da NBR 15.575-1:2013/Em1:2021, devem ser simulados os pavimentos tipo mais próximos do solo, um pavimento tipo intermediário e os pavimentos com cobertura exposta, garantindo análise de todas as tipologias e posicionamentos das Áreas de Permanência Prolongada (APP), modelando os pavimentos adjacentes como forma de controle. Assim, deve ser feita **análise dos pavimentos indicados, modelando os Subsolos, o Térreo/Mezanino e o Ático para controle**. A geometria das zonas térmicas foi considerada igual para o edifício real e o referência, com exceção das janelas (redimensionadas segundo critério da norma) e obstruções nas fachadas das unidades (excluídas do modelo referência).

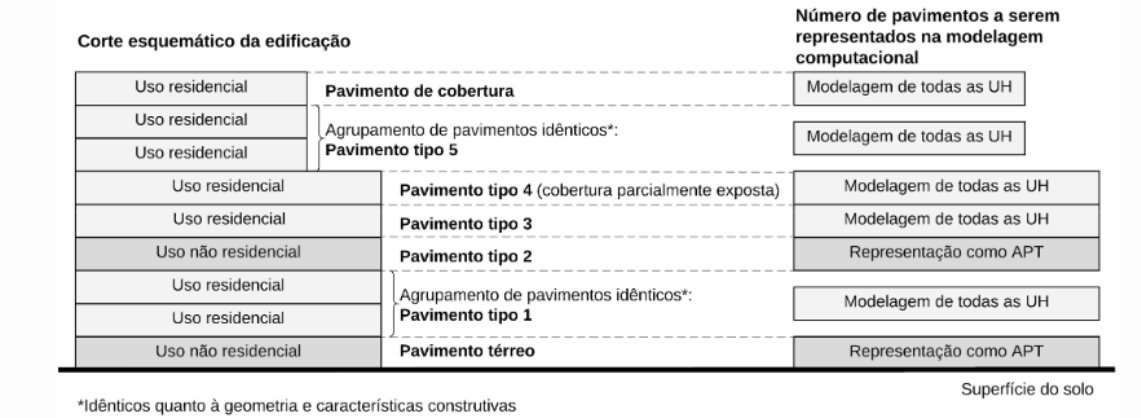
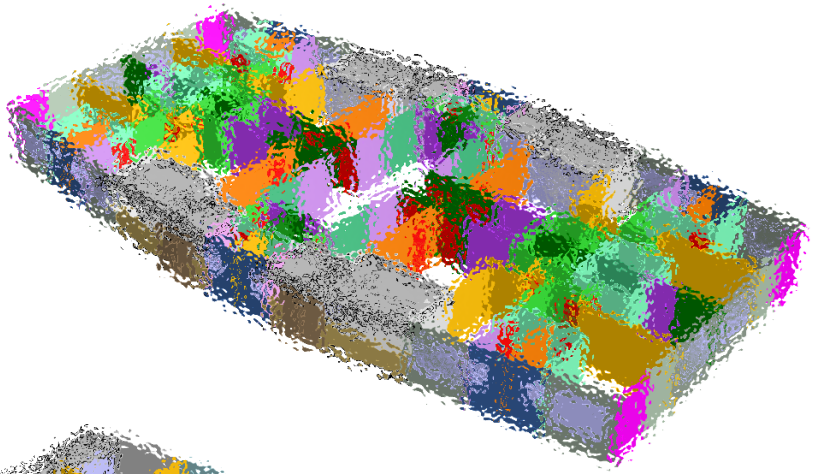


Figura 1 – Representação esquemática dos pavimentos a serem considerados pelo método de simulação da norma

1 – Geometria do empreendimento

TORRE 1 - PAVIMENTO TIPO



TORRE 2 - PAVIMENTO TIPO

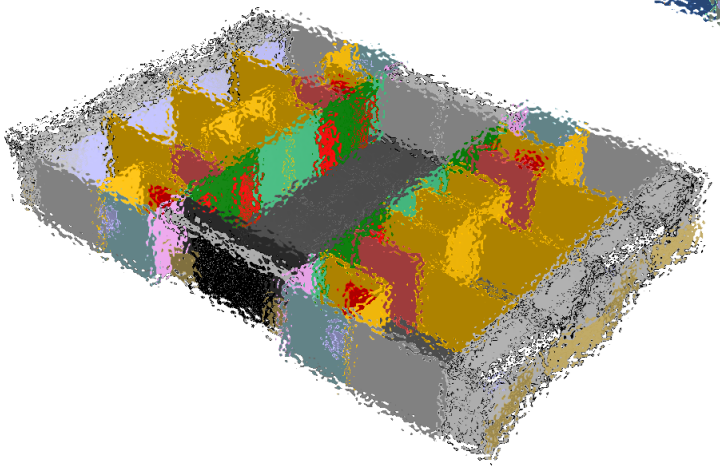
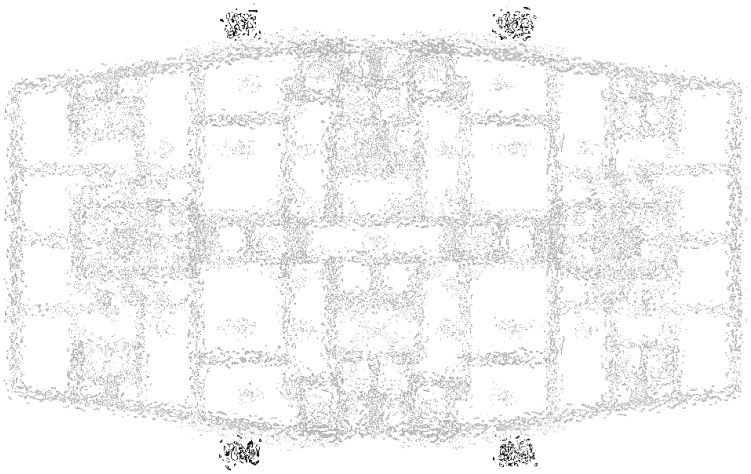


Figura 2 – Modelagem do empreendimento | Exemplo para o Pavimento Tipo de cada torre.
Cada conjunto de cor representa um sistema construtivo diferente.

1 – Geometria do empreendimento

Numeração adotada

TORRE 1



TORRE 2

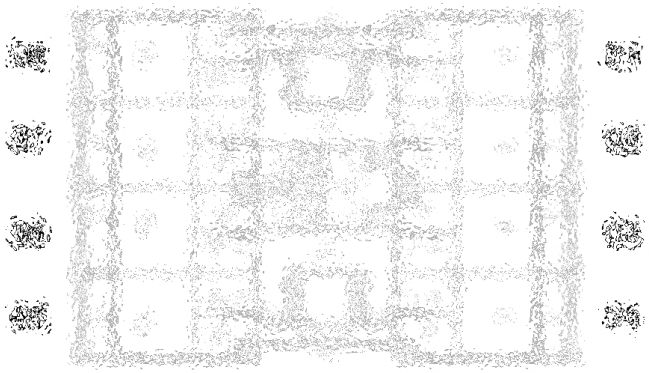
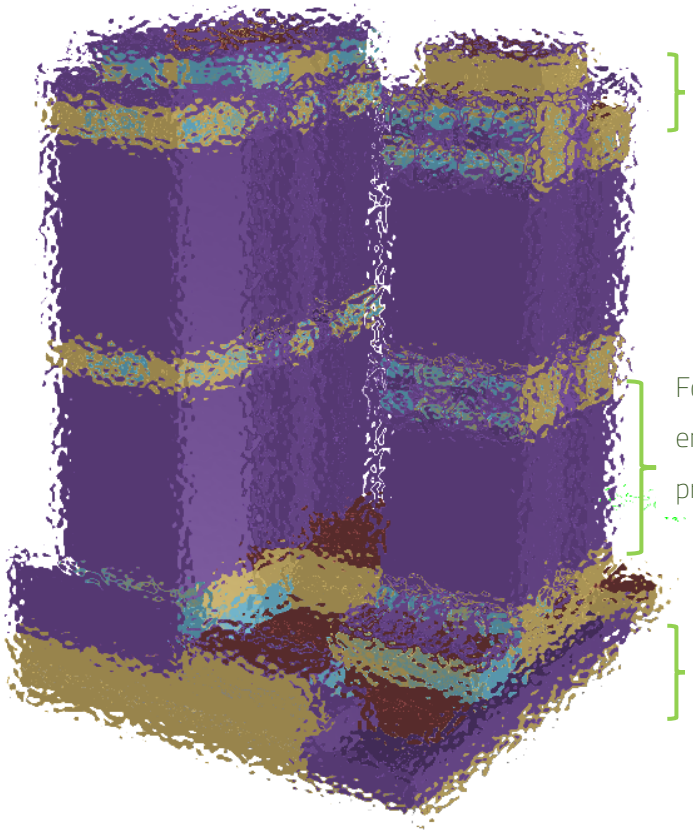


Figura 3 – Numeração de unidades adotada no modelo; indicação para os Pavimentos Tipo

1 – Geometria do empreendimento

Geometria completa do empreendimento REAL



Foram consideradas as massas de água nas piscinas internas e externas dos pavimento lazer, conforme áreas e níveis indicados preliminarmente

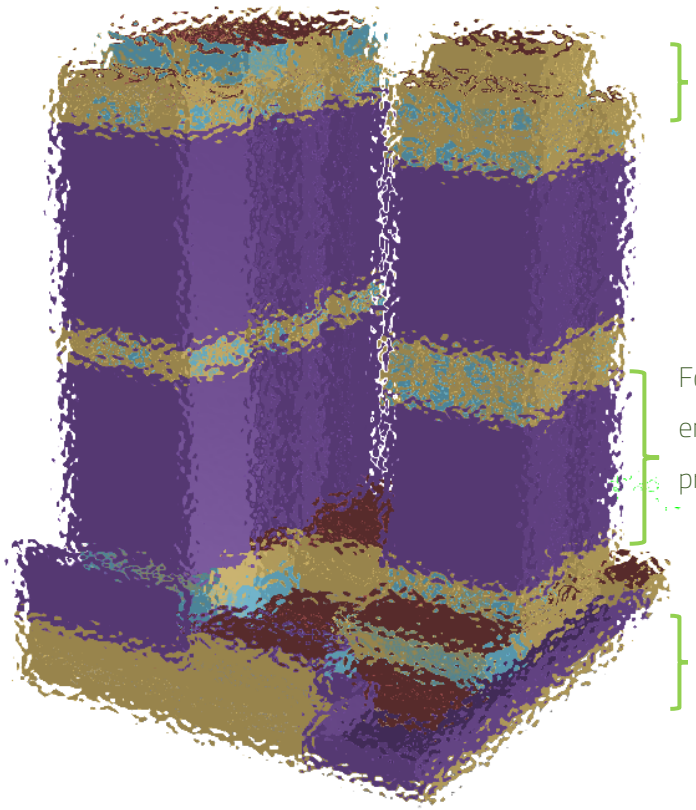
Foi considerada no EnergyPlus a troca de calor entre pisos e tetos de unidades na mesma projeção não adjacentes na modelagem

Foi considerado o contato com o solo (e a não incidência de sol e vento) nas paredes do SS

Figura 4 – Geometria completa do edifício REAL. Superfícies em amarelo e vermelho compõem as zonas térmicas e superfícies em roxo são obstruções do próprio empreendimento.

1 – Geometria do empreendimento

Geometria completa do empreendimento REFERÊNCIA



Foram consideradas as massas de água nas piscinas internas e externas dos pavimento lazer, conforme áreas e níveis indicados preliminarmente

Foi considerada no EnergyPlus a troca de calor entre pisos e tetos de unidades na mesma projeção não adjacentes na modelagem

Foi considerado o contato com o solo (e a não incidência de sol e vento) nas paredes do SS

Figura 5 – Geometria completa do edifício REFERÊNCIA. Superfícies em amarelo e vermelho compõem as zonas térmicas e superfícies em roxo são obstruções do próprio empreendimento.

2 – Clima e entorno

O empreendimento está localizado na cidade de São Paulo – SP. Portanto, está dentro da Zona Bioclimática 3, sendo aplicáveis os requisitos para essa zona. Foi utilizado o arquivo climático BRA_SP_Sao.Paulo-Guarulhos.Intl.AP.830750_TMYx.2004-2018, o que leva a uma média de temperatura externa de bulbo seco = 20,28 ° C, se enquadrando no intervalo 1 de temperaturas externas (Tabela 3 – Requisito 11.4.3).

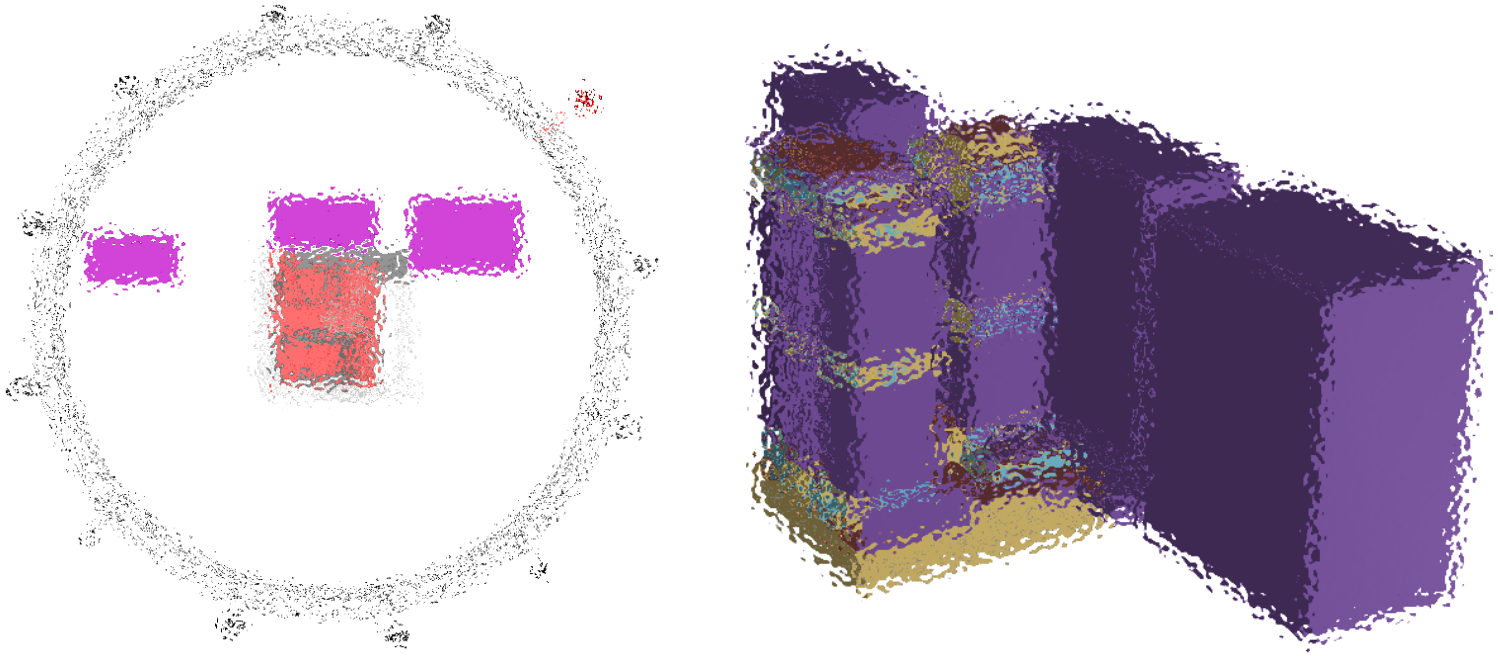


Figura 6 – Imagens indicando a direção do norte considerada na simulação e a modelagem do entorno imediato

3 – Sistemas construtivos - REAL

- As propriedades térmicas dos materiais estão descritas no Anexo do relatório

FACHADAS

- xxx
- xxx

- *As cores de fachada foram definidas com base nas elevações. Suas absortâncias foram definidas de acordo com a referência DORNELLES, Kelen Almeida: Absortância solar de superfícies opacas (2008) e estão indicadas abaixo:*

3 – Sistemas construtivos - REAL

- As propriedades térmicas dos materiais estão descritas no Anexo do relatório

VIDROS

- Vidro simples de 4 mm a 8 mm

PAREDES INTERNAS

TORRE 1

- Divisórias internas às unidades: xxx
- Divisórias internas às unidades: xxx
- Entre unidades & Entre unidades e área comum: xxx
- Conforme posicionamento em planta de EST: xxx

- *Considerou-se revestimento cerâmico onde indicado em planta.*

3 – Sistemas construtivos - REAL

- As propriedades térmicas dos materiais estão descritas no Anexo do relatório

PAREDES INTERNAS

TORRE 2

- Divisórias internas às unidades: xxx
- Entre unidades: xxx
- Entre unidades e área comum: xxx

- *Considerou-se revestimento cerâmico onde indicado em planta.*

3 – Sistemas construtivos - REAL

- As propriedades térmicas dos materiais estão descritas no Anexo do relatório

PISOS

- TORRE 1: xxx
- TORRE 2: xxx
- EMBASAMENTO: xxx

3 – Sistemas construtivos - REAL

- As propriedades térmicas dos materiais estão descritas no Anexo do relatório

COBERTURAS*

- Pisos de circulação de pedestres no embasamento: xxx
- Rampas de veículos no embasamento: xxx
- Lajes de cobertura sem isolamento térmico: xxx
- Lajes de cobertura com isolamento térmico: xxx

3 – Sistemas construtivos - REF

- As propriedades térmicas dos materiais estão descritas no Anexo do relatório

FACHADAS

- xxx

VIDROS

- xxx

PAREDES INTERNAS

- xxx

PISOS

- xxx

COBERTURAS

- xxx

4 – Esquadrias

Esquadrias do Modelo REAL

APP	65%	Vertical	0,08	56	70%	Não
APP	65%	Vertical	0,08	56	70%	Sim
APP	49%	Vertical	0,08	56	70%	Sim
APT	60%	Horizontal	0,08	56	70%	Não
APT	100%	Vertical	0,08	56	70%	Não
APT	47%	Vertical	0,08	56	70%	Não

4 – Esquadrias

Esquadrias do Modelo REFERÊNCIA

APP	45%	Vertical	0,05	56	58%	Não
APP	45%	Vertical	0,05	56	58%	Não
APP	45%	Vertical	0,05	56	58%	Não
APT	60%	Horizontal	0,05	56	58%	Não
APT	100%	Vertical	0,05	56	58%	Não
APT	47%	Vertical	0,05	56	58%	Não

5 – Ventilação natural

- As janelas de APTs devem ser estar sempre fechadas; a exceção são as janelas de banheiros, sempre abertas;
- Considera-se a abertura de janelas quando o APP está ocupado, se sua temperatura interna de bulbo seco for ≥ 19°C e superior à temperatura externa de bulbo seco;
- As portas internas devem estar sempre abertas, com exceção das portas do banheiros, sempre fechadas;
- As portas externas entre unidades e área comum devem estar sempre fechadas;
- Os parâmetros gerais para portas e janelas estão a seguir:

Coeficiente de fluxo de ar por frestas quando a abertura está fechada (kg/(s.m))	0,0024	0,00063
Expoente de fluxo de ar por frestas quando a abertura está fechada (adimensional)	0,59	0,63
Coeficiente de descarga (Cd) da abertura (adimensional)	0,6	0,6

6 – Cálculo de carga térmica

O empreendimento está situado na zona bioclimática 3, sendo necessário o cálculo das cargas de resfriamento e de aquecimento, sensíveis e latentes, nos APPs, considerando os seguintes parâmetros:

- Setpoint de 23°C para resfriamento, somente quando o APP está ocupado;
- Setpoint de 21°C para aquecimento, somente quando o APP está ocupado;
- Todas as janelas e portas fechadas durante todo o ano, com exceção da janela do banheiro, sempre aberta (alteram-se as configurações para abertura detalhadas na seção sobre ventilação natural).

7 – Contato com o solo

Foram modeladas as trocas de calor entre a edificação e o solo, de forma igual nos modelos real e referência. No caso do empreendimento YYY, foi atribuída a condição de contato com o solo às superfícies de piso do Subsolo.

As temperaturas médias do solo são obtidas diretamente do arquivo climático indicado previamente e as demais configurações das propriedades do solo estão a seguir:

- Condutividade térmica de 1,5 W/mK
- Densidade de 1250 kg/m³
- Calor específico de 1500 J/kgK

8 – Cargas e calendários

As cargas internas foram consideradas com valores e calendários estabelecidos pelo texto da norma. Essas cargas e calendários foram aplicados no modelo real e no modelo de referência. Seguem quadros resumos com os valores a serem adotados.

- Cargas aplicáveis em cada ambiente (modelos real e de referência)

	2 ocupantes
	Taxa metabólica de 81 W
	0,30 de fração radiante
	5 W/m²
	0,32 de fração radiante
	0,23 de fração visível
	100% de ocupação = 2 ocupantes por dormitório, com máximo de 4 ocupantes
	Taxa metabólica de 108 W
	0,30 de fração radiante
	5 W/m²
	0,32 de fração radiante
	0,23 de fração visível
	120 W
	0,30 de fração radiante

8 – Cargas e calendários

- Calendários aplicáveis às cargas (modelos real e de referência)

	00:00 – 07:59
	22:00 – 23:59
	06:00 – 07:59
	22:00 – 23:59
	14:00 – 17:59 (50% de ocupação)
	18:00 – 21:59 (100% de ocupação)
	16:00 – 21:59
	14:00 – 21:59

9 - Documentos utilizados nas simulações

10 – Configurações do software utilizado

Nome	EnergyPlus
Versão	9.0.0
Timestep	4
Max Warmup Days	25
Min Warmup Days	6
Módulo de troca de calor com solo	GroundDomain:Basement
Módulo de ventilação	AirflowNetwork

CONCLUSÕES

Conclusão e discussão dos resultados

O empreendimento **YYY, realizado pela XXX**, foi modelado no software EnergyPlus em função das suas características geométricas, das propriedades térmicas de seus materiais construtivos e dos parâmetros de simulação da norma. Através de simulações computacionais, foram avaliadas as temperaturas operativas e cargas de resfriamento/aquecimento ideais das APPs (áreas de permanência prolongada) do **xxx**.

Os resultados dos estudos de desempenho térmico **demonstraram a conformidade do empreendimento com os requisitos do item 11.4.3– Desempenho da envoltória da NBR 15.575:2013/Em1:2021**. Com os parâmetros considerados, foram atendidos os critérios de temperatura operativa (11.4.4 e 11.4.5) no nível Mínimo para todas as APPs simuladas. Além do critério mínimo, foi verificado que algumas APPs atendem os níveis Intermediário e Superior (considerando a análise combinada dos critérios 11.4.4, 11.4.5 e 11.4.6.)

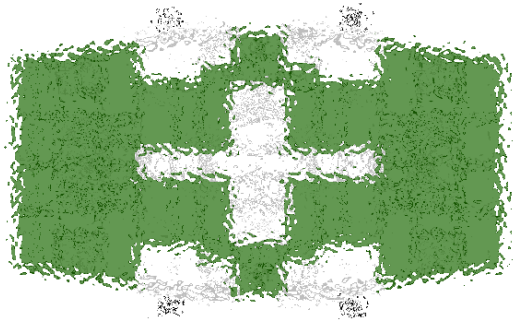
Conclusões

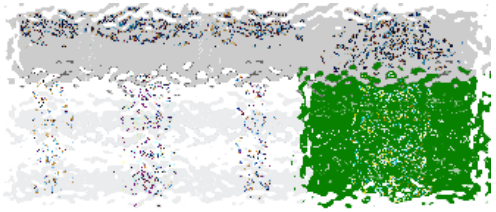
Torre 1 | Nível de desempenho das UH

Nível de Atendimento

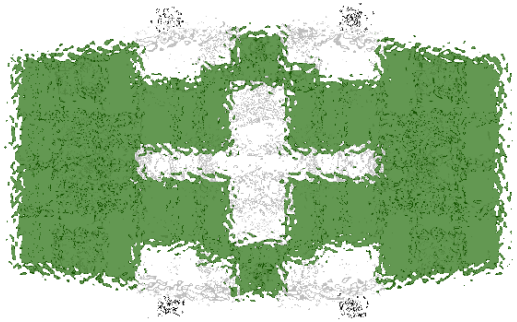
- Não atende
- Mínimo
- Intermediário
- Superior

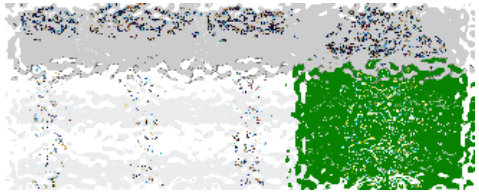
Pavimento Tipo





15° Pavimento





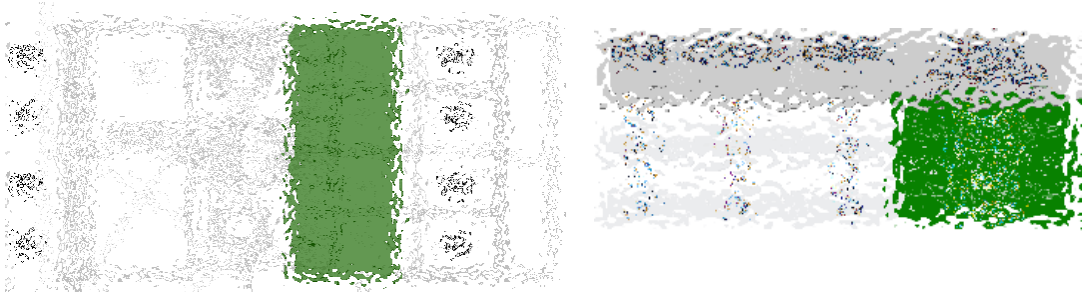
Conclusões

Torre 2 | Nível de desempenho das UH

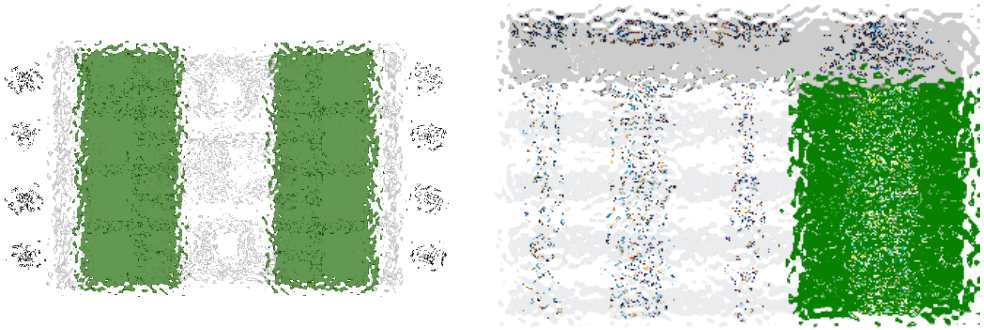
Nível de Atendimento

- Não atende
- Mínimo
- Intermediário
- Superior

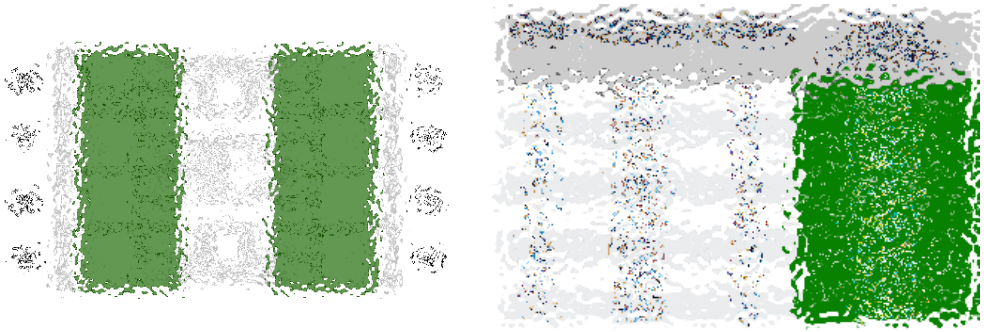
1° Pavimento



Pavimento Tipo Par



Pavimento Tipo Ímpar



ANEXO
RESULTADOS TORRE 1

Resultados interpretados por UH - PHFT, Tomin, Tomax e CGTT

Resultados interpretados por APP - PHFT, Tomin, Tomax e CGTT

ANEXO
RESULTADOS TORRE 2

Resultados interpretados por UH - PHFT, Tomin, Tomax e CGTT

Resultados interpretados por APP - PHFT, Tomin, Tomax e CGTT

ANEXO
DETALHES DOS MATERIAIS

Detalhes dos materiais – MODELO REAL

0,0125	0,35	750	840
0,14	0,884*	964	1000
0,19	1,103*	845	1000
0,04	1,15	1800	1000
0,01	0,5	1100	840
0,0175	1,15	1800	1000
0,0075	1,15	1800	1000
0,0075	1,05	2000	920
0,19	1,75	2200	1000
0,3	1,75	2200	1000
0,4	1,75	2200	1000
0,12	1,75	2500	1000
0,15	1,75	2500	1000
0,16	1,75	2500	1000
0,03	1,15	2000	1000
0,05	1,15	2000	1000
0,02	1,15	2000	1000
0,01	0,23	1000	1460
0,015	0,23	1000	1460
0,025	0,035	35	1420
0,03	1,15	2000	1000
0,04	1,15	2000	1000
0,07	1,75	2500	1000
0,035	0,15	650	2300

5,7	87

Detalhes dos materiais – MODELO REFERÊNCIA

0,1	1,75	2200	1000	0,5
0,1	1,75	2200	1000	0,8
0,1	1,75	2200	1000	0,5
0,006	0,65	1700	840	0,65
Resistência térmica = 0,21 m²K/W				-
0,1	1,15	2000	1000	0,5

5,7	87

EQUIPE INOVATECH

COORDENAÇÃO GERAL

Luiz Henrique Ferreira

Sócio fundador e diretor
Eng. Civil (POLI-USP)
Auditor Líder AQUA, ISO 9.001 e ISO 14.001
Co-autor do referencial Processo AQUA
Pós-Graduado em Empreendedorismo pela Babson College e MIT (EUA)

EQUIPE TÉCNICA

Vinícius Olmos Battistini

Sócio Consultor
Eng. Civil (POLI-USP)

Elisa Santo Matar

Área Técnica
Eng. Civil (POLI-USP)