

Rayner Maurício e Silva Machado

**MODELAGEM DO IMPACTO DA ILHA DE CALOR SOBRE O
DESEMPENHO ENERGÉTICO DE ESCRITÓRIOS CONDICIONADOS
ARTIFICIALMENTE**

Dissertação submetida ao Programa
de Pós-Graduação em Engenharia
Civil da Universidade Federal de
Santa Catarina para a obtenção do
Grau de Mestre em Engenharia de
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Roberto Lamberts, PhD.
Coorientador:

Florianópolis

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Machado, Rayner Maurício e Silva
MODELAGEM DO IMPACTO DA ILHA DE CALOR SOBRE O
DESEMPENHO ENERGÉTICO DE ESCRITÓRIOS CONDICIONADOS
ARTIFICIALMENTE / Rayner Maurício e Silva Machado ;
orientador, Roberto Lamberts, 2019.
99 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Ilha de calor urbana. 3.
Desempenho energético de escritórios. 4. Análise de
sensibilidade e incerteza. I. Lamberts, Roberto.
II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III.
Título.

Rayner Maurício e Silva Machado

**MODELAGEM DO IMPACTO DA ILHA DE CALOR SOBRE O
DESEMPENHO ENERGÉTICO DE ESCRITÓRIOS CONDICIONADOS
ARTIFICIALMENTE**

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do Título de “Mestre em Engenharia de Engenharia Civil”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Florianópolis, 28 de Fevereiro de 2019.

Prof. Glicério Trichês, Dr.
Coordenador do Curso
Universidade Federal de Santa Catarina

Banca Examinadora:

Prof. Roberto Lamberts, PhD.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Ricardo Rütter, PhD.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Saulo Guths, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Denise Helena Silva Duarte, Dra.
Universidade de São Paulo

RESUMO

Texto...

Palavras-chave: Palavra 1. Palavra 2. Palavra 3.

ABSTRACT

Text...

Keywords: Word 1. Word 2. Word 3.

LISTA DE TABELAS

3.1	Figura 1	17
-----	--------------------	----

SUMÁRIO

1	Introdução	13
1.1	Objetivos	13
1.1.1	Objetivo geral	13
1.1.2	Objetivos específicos	13
1.2	Estrutura do trabalho	14
2	Revisão de literatura	15
2.1	Climatologia	15
3	Metodologia	17
4	Resultados e Discussões	19
5	Conclusões	21
5.1	Limitações e justificativas	21
5.2	Sugestões para trabalhos futuros	22
A	Classificação climática de Köppen-Geiger	23
B	Código...	25
	Referências	27

1 INTRODUÇÃO

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nulla commodo, augue non consectetur vehicula, felis velit commodo eros, nec bibendum augue purus quis mi. Donec dapibus id magna eget euismod. In lacinia porttitor velit, in lacinia erat commodo et. Nulla feugiat posuere ipsum, eu euismod lorem efficitur ut. Sed dapibus lobortis ex, eu vehicula sem dignissim nec. Phasellus pellentesque tellus vitae tortor consectetur volutpat. Proin pulvinar lectus id tellus congue maximus [?].

Sed semper arcu at posuere scelerisque. Pellentesque a lorem eu lorem lobortis cursus aliquam ut diam. Ut tristique, lacus eget gravida euismod, ante nisl elementum elit, a efficitur neque est eu tellus. Phasellus in convallis tortor. Nullam auctor auctor tempus. Pellentesque placerat, est at convallis congue, velit sapien tempor orci, eu eleifend nisi purus sed odio. Duis nec rhoncus enim. Nunc vitae consectetur sapien. Nullam in enim iaculis, laoreet ex in, aliquet massa. Nulla facilisi. Sed vulputate eros et mi imperdiet, nec commodo libero tristique. Mauris vel pretium felis. Suspendisse feugiat tortor vitae dapibus semper. Fusce dignissim est eget mattis auctor.

Segundo ?? [?] aenean ultrices feugiat faucibus. Sed ut vehicula ligula, vitae pulvinar enim. Ut vel consectetur dolor, a eleifend mauris. Pellentesque tristique justo id felis consectetur pulvinar. Phasellus diam felis.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nulla commodo, augue non consectetur vehicula, felis velit commodo eros, nec bibendum augue purus quis mi. Donec dapibus id magna eget euismod. In lacinia porttitor velit, in lacinia erat commodo et. Nulla feugiat posuere ipsum, eu euismod lorem efficitur ut. Sed dapibus lobortis ex, eu vehicula sem dignissim nec. Phasellus pellentesque tellus vitae tortor consectetur volutpat. Proin pulvinar lectus id tellus congue maximus.

1.1.2 Objetivos específicos

Dentre os objetivos específicos deste trabalho estão:

- Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit;

- Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit;
- Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit;

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nulla commodo, augue non consectetur vehicula, felis velit commodo eros, nec bibendum augue purus quis mi. Donec dapibus id magna eget euismod. In lacinia porttitor velit, in lacinia erat commodo et. Nulla feugiat posuere ipsum, eu euismod lorem efficitur ut. Sed dapibus lobortis ex, eu vehicula sem dignissim nec. Phasellus pellentesque tellus vitae tortor consectetur volutpat. Proin pulvinar lectus id tellus congue maximus.

Sed semper arcu at posuere scelerisque. Pellentesque a lorem eu lorem lobortis cursus aliquam ut diam. Ut tristique, lacus eget gravida euismod, ante nisl elementum elit, a efficitur neque est eu tellus. Phasellus in convallis tortor. Nullam auctor auctor tempus. Pellentesque placerat, est at convallis congue, velit sapien tempor orci, eu eleifend nisi purus sed odio. Duis nec rhoncus enim. Nunc vitae consectetur sapien. Nullam in enim iaculis, laoreet ex in, aliquet massa. Nulla facilisi. Sed vulputate eros et mi imperdiet, nec commodo libero tristique. Mauris vel pretium felis. Suspendisse feugiat tortor vitae dapibus semper. Fusce dignissim est eget mattis auctor.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nulla commodo, augue non consectetur vehicula, felis velit commodo eros, nec bibendum augue purus quis mi. Donec dapibus id magna eget euismod. In lacinia porttitor velit, in lacinia erat commodo et. Nulla feugiat posuere ipsum, eu euismod lorem efficitur ut. Sed dapibus lobortis ex, eu vehicula sem dignissim nec. Phasellus pellentesque tellus vitae tortor consectetur volutpat. Proin pulvinar lectus id tellus congue maximus.

2.1 CLIMATOLOGIA

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nulla commodo, augue non consectetur vehicula, felis velit commodo eros, nec bibendum augue purus quis mi. Donec dapibus id magna eget euismod. In lacinia porttitor velit, in lacinia erat commodo et. Nulla feugiat posuere ipsum, eu euismod lorem efficitur ut. Sed dapibus lobortis ex, eu vehicula sem dignissim nec. Phasellus pellentesque tellus vitae tortor consectetur volutpat. Proin pulvinar lectus id tellus congue maximus.

Sed semper arcu at posuere scelerisque. Pellentesque a lorem eu lorem lobortis cursus aliquam ut diam. Ut tristique, lacus eget gravida euismod, ante nisl elementum elit, a efficitur neque est eu tellus. Phasellus in convallis tortor. Nullam auctor auctor tempus. Pellentesque placerat, est at convallis congue, velit sapien tempor orci, eu eleifend nisi purus sed odio. Duis nec rhoncus enim. Nunc vitae consectetur sapien. Nullam in enim iaculis, laoreet ex in, aliquet massa. Nulla facilisi. Sed vulputate eros et mi imperdiet, nec commodo libero tristique. Mauris vel pretium felis. Suspendisse feugiat tortor vitae dapibus semper. Fusce dignissim est eget mattis auctor.

3 METODOLOGIA

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nulla commodo, augue non consectetur vehicula, felis velit commodo eros, nec bibendum augue purus quis mi. Donec dapibus id magna eget euismod. In lacinia porttitor velit, in lacinia erat commodo et. Nulla feugiat posuere ipsum, eu euismod lorem efficitur ut. Sed dapibus lobortis ex, eu vehicula sem dignissim nec. Phasellus pellentesque tellus vitae tortor consectetur volutpat. Proin pulvinar lectus id tellus congue maximus.

Sed semper arcu at posuere scelerisque. Pellentesque a lorem eu lorem lobortis cursus aliquam ut diam. Ut tristique, lacus eget gravida euismod, ante nisl elementum elit, a efficitur neque est eu tellus. Phasellus in convallis tortor. Nullam auctor auctor tempus. Pellentesque placerat, est at convallis congue, velit sapien tempor orci, eu eleifend nisi purus sed odio. Duis nec rhoncus enim. Nunc vitae consectetur sapien. Nullam in enim iaculis, laoreet ex in, aliquet massa. Nulla facilisi. Sed vulputate eros et mi imperdiet, nec commodo libero tristique. Mauris vel pretium felis. Suspendisse feugiat tortor vitae dapibus semper. Fusce dignissim est eget mattis auctor.

Aenean ultrices feugiat faucibus. Sed ut vehicula ligula, vitae pulvinar enim. Ut vel consectetur dolor, a eleifend mauris. Pellentesque tristique justo id felis consectetur pulvinar. Phasellus diam felis.

Tabela 3.1: Figura 1

Variável	Unidade	Distribuição	Valores discretos
Número de andares	-	uniforme	3; 9
Largura da fachada	m		15; 30; 45
Absortância da parede	-		0,2; 0,8
Fator solar do vidro	-		0,38; 0,87
Porcentagem de área envidraçada	-		0,2; 0,5; 0,8

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nulla commodo, augue non consectetur vehicula, felis velit commodo eros, nec bibendum augue purus quis mi. Donec dapibus id magna eget euismod. In lacinia porttitor velit, in lacinia erat commodo et. Nulla feugiat posuere ipsum, eu euismod lorem efficitur ut. Sed dapibus lobortis ex, eu vehicula sem dignissim nec. Phasellus pellentesque tellus vitae tortor consectetur volutpat. Proin pulvinar lectus id tellus congue maximus.

Sed semper arcu at posuere scelerisque. Pellentesque a lorem

eu lorem lobortis cursus aliquam ut diam. Ut tristique, lacus eget gravida euismod, ante nisl elementum elit, a efficitur neque est eu tellus. Phasellus in convallis tortor. Nullam auctor auctor tempus. Pellentesque placerat, est at convallis congue, velit sapien tempor orci, eu eleifend nisi purus sed odio. Duis nec rhoncus enim. Nunc vitae consectetur sapien. Nullam in enim iaculis, laoreet ex in, aliquet massa. Nulla facilisi. Sed vulputate eros et mi imperdiet, nec commodo libero tristique. Mauris vel pretium felis. Suspendisse feugiat tortor vitae dapibus semper. Fusce dignissim est eget mattis auctor.

Aenean ultrices feugiat faucibus. Sed ut vehicula ligula, vitae pulvinar enim. Ut vel consectetur dolor, a eleifend mauris. Pellentesque tristique justo id felis consectetur pulvinar. Phasellus diam felis.

$$VariacaoPercentual_i = 100 \cdot \frac{MetodoModelagem_i}{RSCP} - 100 \quad (3.1)$$

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nulla commodo, augue non consectetur vehicula, felis velit commodo eros, nec bibendum augue purus quis mi. Donec dapibus id magna eget euismod. In lacinia porttitor velit, in lacinia erat commodo et. Nulla feugiat posuere ipsum, eu euismod lorem efficitur ut. Sed dapibus lobortis ex, eu vehicula sem dignissim nec. Phasellus pellentesque tellus vitae tortor consectetur volutpat. Proin pulvinar lectus id tellus congue maximus.

Sed semper arcu at posuere scelerisque. Pellentesque a lorem eu lorem lobortis cursus aliquam ut diam. Ut tristique, lacus eget gravida euismod, ante nisl elementum elit, a efficitur neque est eu tellus. Phasellus in convallis tortor. Nullam auctor auctor tempus. Pellentesque placerat, est at convallis congue, velit sapien tempor orci, eu eleifend nisi purus sed odio. Duis nec rhoncus enim. Nunc vitae consectetur sapien. Nullam in enim iaculis, laoreet ex in, aliquet massa. Nulla facilisi. Sed vulputate eros et mi imperdiet, nec commodo libero tristique. Mauris vel pretium felis. Suspendisse feugiat tortor vitae dapibus semper. Fusce dignissim est eget mattis auctor.

Aenean ultrices feugiat faucibus. Sed ut vehicula ligula, vitae pulvinar enim. Ut vel consectetur dolor, a eleifend mauris. Pellentesque tristique justo id felis consectetur pulvinar. Phasellus diam felis.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nulla commodo, augue non consectetur vehicula, felis velit commodo eros, nec bibendum augue purus quis mi. Donec dapibus id magna eget euismod. In lacinia porttitor velit, in lacinia erat commodo et. Nulla feugiat posuere ipsum, eu euismod lorem efficitur ut. Sed dapibus lobortis ex, eu vehicula sem dignissim nec. Phasellus pellentesque tellus vitae tortor consectetur volutpat. Proin pulvinar lectus id tellus congue maximus.

Sed semper arcu at posuere scelerisque. Pellentesque a lorem eu lorem lobortis cursus aliquam ut diam. Ut tristique, lacus eget gravida euismod, ante nisl elementum elit, a efficitur neque est eu tellus. Phasellus in convallis tortor. Nullam auctor auctor tempus. Pellentesque placerat, est at convallis congue, velit sapien tempor orci, eu eleifend nisi purus sed odio. Duis nec rhoncus enim. Nunc vitae consectetur sapien. Nullam in enim iaculis, laoreet ex in, aliquet massa. Nulla facilisi. Sed vulputate eros et mi imperdiet, nec commodo libero tristique. Mauris vel pretium felis. Suspendisse feugiat tortor vitae dapibus semper. Fusce dignissim est eget mattis auctor.

Aenean ultrices feugiat faucibus. Sed ut vehicula ligula, vitae pulvinar enim. Ut vel consectetur dolor, a eleifend mauris. Pellentesque tristique justo id felis consectetur pulvinar. Phasellus diam felis.

5 CONCLUSÕES

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nulla commodo, augue non consectetur vehicula, felis velit commodo eros, nec bibendum augue purus quis mi. Donec dapibus id magna eget euismod. In lacinia porttitor velit, in lacinia erat commodo et. Nulla feugiat posuere ipsum, eu euismod lorem efficitur ut. Sed dapibus lobortis ex, eu vehicula sem dignissim nec. Phasellus pellentesque tellus vitae tortor consectetur volutpat. Proin pulvinar lectus id tellus congue maximus.

Sed semper arcu at posuere scelerisque. Pellentesque a lorem eu lorem lobortis cursus aliquam ut diam. Ut tristique, lacus eget gravida euismod, ante nisl elementum elit, a efficitur neque est eu tellus. Phasellus in convallis tortor. Nullam auctor auctor tempus. Pellentesque placerat, est at convallis congue, velit sapien tempor orci, eu eleifend nisi purus sed odio. Duis nec rhoncus enim. Nunc vitae consectetur sapien. Nullam in enim iaculis, laoreet ex in, aliquet massa. Nulla facilisi. Sed vulputate eros et mi imperdiet, nec commodo libero tristique. Mauris vel pretium felis. Suspendisse feugiat tortor vitae dapibus semper. Fusce dignissim est eget mattis auctor.

Aenean ultrices feugiat faucibus. Sed ut vehicula ligula, vitae pulvinar enim. Ut vel consectetur dolor, a eleifend mauris. Pellentesque tristique justo id felis consectetur pulvinar. Phasellus diam felis.

5.1 LIMITAÇÕES E JUSTIFICATIVAS

As limitações desse estudo são indicadas em conformidade com a ordem de execução das etapas de desenvolvimento:

- Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nulla commodo, augue non consectetur vehicula, felis velit commodo eros, nec bibendum augue purus quis mi. Donec dapibus id magna eget euismod;
- Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nulla commodo, augue non consectetur vehicula, felis velit commodo eros, nec bibendum augue purus quis mi. Donec dapibus id magna eget euismod;
- Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nulla commodo, augue non consectetur vehicula, felis velit com-

modo eros, nec bibendum augue purus quis mi. Donec dapibus id magna eget euismod.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

As sugestões para trabalhos futuros são indicadas em conformidade com as potencialidades expressas nesse estudo, sendo:

- Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nulla commodo, augue non consectetur vehicula, felis velit commodo eros, nec bibendum augue purus quis mi. Donec dapibus id magna eget euismod;
- Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nulla commodo, augue non consectetur vehicula, felis velit commodo eros, nec bibendum augue purus quis mi. Donec dapibus id magna eget euismod;
- Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nulla commodo, augue non consectetur vehicula, felis velit commodo eros, nec bibendum augue purus quis mi. Donec dapibus id magna eget euismod.

A CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN-GEIGER

Table 1: Key to calculate the climate formula of Köppen and Geiger for the main climates and subsequent precipitation conditions, the first two letters of the classification. Note that for the polar climates (E) no precipitation differentiations are given, only temperature conditions are defined. This key implies that the polar climates (E) have to be determined first, followed by the arid climates (B) and subsequent differentiations into the equatorial climates (A) and the warm temperate and snow climates (C) and (D), respectively. The criteria are explained in the text.

Type	Description	Criterion
A	Equatorial climates	$T_{\min} \geq +18\text{ }^{\circ}\text{C}$
Af	Equatorial rainforest, fully humid	$P_{\min} \geq 60\text{ mm}$
Am	Equatorial monsoon	$P_{\text{ann}} \geq 25(100 - P_{\min})$
As	Equatorial savannah with dry summer	$P_{\min} < 60\text{ mm in summer}$
Aw	Equatorial savannah with dry winter	$P_{\min} < 60\text{ mm in winter}$
B	Arid climates	$P_{\text{ann}} < 10 P_{\text{th}}$
BS	Steppe climate	$P_{\text{ann}} > 5 P_{\text{th}}$
BW	Desert climate	$P_{\text{ann}} \leq 5 P_{\text{th}}$
C	Warm temperate climates	$-3\text{ }^{\circ}\text{C} < T_{\min} < +18\text{ }^{\circ}\text{C}$
Cs	Warm temperate climate with dry summer	$P_{\text{smin}} < P_{\text{wmin}}, P_{\text{wmax}} > 3 P_{\text{smin}}$ and $P_{\text{smin}} < 40\text{ mm}$
Cw	Warm temperate climate with dry winter	$P_{\text{wmin}} < P_{\text{smin}}$ and $P_{\text{smax}} > 10 P_{\text{wmin}}$
Cf	Warm temperate climate, fully humid	neither Cs nor Cw
D	Snow climates	$T_{\min} \leq -3\text{ }^{\circ}\text{C}$
Ds	Snow climate with dry summer	$P_{\text{smin}} < P_{\text{wmin}}, P_{\text{wmax}} > 3 P_{\text{smin}}$ and $P_{\text{smin}} < 40\text{ mm}$
Dw	Snow climate with dry winter	$P_{\text{wmin}} < P_{\text{smin}}$ and $P_{\text{smax}} > 10 P_{\text{wmin}}$
Df	Snow climate, fully humid	neither Ds nor Dw
E	Polar climates	$T_{\text{max}} < +10\text{ }^{\circ}\text{C}$
ET	Tundra climate	$0\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{max}} < +10\text{ }^{\circ}\text{C}$
EF	Frost climate	$T_{\text{max}} < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$

B CÓDIGO...

```
// C++ Headers
#include <algorithm>
#include <cassert>
#include <cmath>

// ObjexxFCL Headers
#include <ObjexxFCL/Array.functions.hh>
#include <ObjexxFCL/Array1D.hh>
#include <ObjexxFCL/Array2D.hh>
#include <ObjexxFCL/Fmath.hh>
#include <ObjexxFCL/gio.hh>
#include <ObjexxFCL/string.functions.hh>

// EnergyPlus Headers
#include <HeatBalanceSurfaceManager.hh>
#include <CommandLineInterface.hh>
#include <ConvectionCoefficients.hh>
#include <ChilledCeilingPanelSimple.hh>
#include <DataAirflowNetwork.hh>
#include <DataDaylighting.hh>
#include <DataDaylightingDevices.hh>
#include <DataDElight.hh>
#include <DataEnvironment.hh>
#include <DataGlobals.hh>
#include <DataStringGlobals.hh>
#include <DataHeatBalance.hh>
#include <DataHeatBalFanSys.hh>
#include <DataHeatBalSurface.hh>
#include <DataLoopNode.hh>
#include <DataMoistureBalance.hh>
#include <DataMoistureBalanceEMPD.hh>
#include <DataPrecisionGlobals.hh>
#include <DataRoomAirModel.hh>
#include <DataRuntimeLanguage.hh>
#include <DataSizing.hh>
#include <DataSurfaces.hh>
#include <DataSystemVariables.hh>
#include <DataTimings.hh>
#include <DataWindowEquivalentLayer.hh>
#include <DataZoneEquipment.hh>
#include <DaylightingDevices.hh>
#include <DaylightingManager.hh>
#include <DElightManagerF.hh>
#include <DisplayRoutines.hh>
#include <EcoRoofManager.hh>
#include <ElectricBaseboardRadiator.hh>
#include <General.hh>
#include <GeneralRoutines.hh>
#include <HeatBalanceAirManager.hh>
#include <HeatBalanceHAMTManager.hh>
#include <HeatBalanceIntRadExchange.hh>
#include <HeatBalanceKivaManager.hh>
#include <HeatBalanceMovableInsulation.hh>
#include <HeatBalanceSurfaceManager.hh>
#include <HeatBalFiniteDiffManager.hh>
#include <HighTempRadiantSystem.hh>
#include <HWBaseboardRadiator.hh>
#include <InputProcessing/InputProcessor.hh>
#include <InternalHeatGains.hh>
#include <LowTempRadiantSystem.hh>
#include <MoistureBalanceEMPDManager.hh>
#include <OutputProcessor.hh>
#include <OutputReportPredefined.hh>
#include <OutputReportTabular.hh>
#include <Psychrometrics.hh>
#include <ScheduleManager.hh>
#include <SolarShading.hh>
#include <SteamBaseboardRadiator.hh>
#include <SwimmingPool.hh>
```

```
#include <SurfaceGeometry.hh>
#include <ThermalComfort.hh>
#include <UtilityRoutines.hh>
#include <WindowEquivalentLayer.hh>
#include <WindowManager.hh>
```

REFERÊNCIAS