



# Arquitetura e Urbanismo: Competência e Sintonia com os Novos Paradigmas do Mercado 3

Jeanine Mafra Migliorini  
(Organizadora)

# Arquitetura e Urbanismo: Competência e Sintonia com os Novos Paradigmas do Mercado 3

Jeanine Maфра Migliorini  
(Organizadora)



2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Lorena Prestes

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof<sup>a</sup> Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof<sup>a</sup> Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
A772	Arquitetura e urbanismo [recurso eletrônico] : competência e sintonia com os novos paradigmas do mercado 3 / Organizadora Jeanine Mafra Migliorini. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-088-9 DOI 10.22533/at.ed.889202905  1. Arquitetura. 2. Planejamento urbano. 3. Urbanismo. I. Migliorini, Jeanine Mafra.  <div style="text-align: right;">CDD 720</div>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

Arquitetura é uma ciência abrangente, que envolve conhecimentos de diversas áreas. Estudar arquitetura é entrar em um vasto universo repleto de possibilidades; podemos abordar a questão técnica, quando tratamos dos métodos construtivos, do conforto ambiental, da ecoeficiência; ou ainda de questões sociais, da forma como os edifícios são ocupados, como o espaço construído pode interferir nas relações sociais.

Como ciência que acompanha os homens desde os primórdios da humanidade, a arquitetura tem histórias, memórias, erros, acertos e um futuro que pode ser construído com qualidade, através de pesquisas e estudos, como as realizadas neste livro, que se propõe a trazer à reflexão aspectos inerentes desta ciência.

Estas reflexões iniciam com uma temática tão necessária e urgente, a habitação de interesse social, tema incansável de debates que trazem à tona uma grande fragilidade do país; avançam por estudos acerca das tipologias de apartamentos, como elas se ressignificam ao longo do tempo, e seus espaços comuns; segue pela apresentação de estudos técnicos sobre conforto e geração de energia; abre-se espaço para a história da documentação e a memória urbana, entrando no debate sobre as cidades, sua sustentabilidade, e integra a essa discussão do urbano, o paisagismo, com sua interferência em espaços livres e fechados.

Tão variados como os assuntos deste livro são os interesses dos arquitetos e daqueles que estudam essa ciência. Não se faz arquitetura sem a técnica, sem o humano, o social, ou ainda a arte. Não se faz arquitetura sem o urbano, sem a paisagem. Tão vasto quanto essas possibilidades são seus meandros com outras ciências que oferecem aos leitores e pesquisadores reflexões sem fim.

Espero que se depare com elas! Boa leitura e ótimas reflexões!

Prof.<sup>a</sup> Jeanine Mafra Migliorini

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL EM MADEIRA: CONJUNTO HABITACIONAL NO BAIRRO PEDRA 90, CUIABÁ/MT	
João Mário de Arruda Adrião José Manoel Henriques de Jesus DOI 10.22533/at.ed.8892029051	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>19</b>
O SENTIDO DE LAR NA PRODUÇÃO DE HABITAÇÃO SOCIAL: ESTUDO NO TABOQUINHA	
Nayra Gomes Souza Ampuero Ana Klaudia de Almeida Viana Perdigão DOI 10.22533/at.ed.8892029052	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>32</b>
CALIBRAÇÃO DE UM MODELO COMPUTACIONAL DE UMA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL MULTIFAMILIAR EM BELÉM-PA	
Kessily Medeiros Santos Eduardo Berenger de Carvalho Lobo Márcio Santos Barata DOI 10.22533/at.ed.8892029053	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>47</b>
RENOVAÇÃO E REPRODUÇÃO DAS PLANTAS TIPO DE APARTAMENTOS EM JOÃO PESSOA	
Aline da Silva Carolino Marcio Cotrim Cunha Cristiana Maria Sobral Griz DOI 10.22533/at.ed.8892029054	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>60</b>
CARACTERIZAÇÃO DE ITENS DE LAZER NOS MEZANINOS DE EDIFÍCIOS MULTIFAMILIARES ALTOS NA CIDADE DE MACEIÓ/AL/BR	
Alexandre Márcio Toledo Marta Cristina Cavalcante DOI 10.22533/at.ed.8892029055	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>73</b>
AVALIAÇÃO DE LUZ NATURAL EM AMBIENTE DE SALA DE AULA: ESTUDO DE CASO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – RJ	
Alice Cristine Ferreira Dias de Oliveira Sylvia Meimaridou Rola DOI 10.22533/at.ed.8892029056	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>85</b>
VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE POR MEIO DE TELHAS FOTOVOLTAICAS APLICADAS A UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM BELO HORIZONTE-MG	
Ricardo Augusto dos Santos Horta Rodrigo de Mello Penna Raquel Diniz Oliveira DOI 10.22533/at.ed.8892029057	

**CAPÍTULO 8 ..... 101**

O PROCESSO DE PROJETO DE EDIFÍCIO DE BALANÇO ENERGÉTICO NULO (ZEB) NUMA PERSPECTIVA TERMODINÂMICA

Roberta Carolina Assunção Faria

Thiago Montenegro Góes

Cláudia Naves David Amorim

Joára Cronemberger

Caio Frederico e Silva

**DOI 10.22533/at.ed.8892029058**

**CAPÍTULO 9 ..... 121**

ARQUITETURA E DOCUMENTAÇÃO: PRIMEIRAS AÇÕES NO ACERVO BAUMGART

Denise Vianna Nunes

Ivan Silvio de Lima Xavier

Oswaldo Luiz de Carvalho Souza

Roberto Possolo Jermann

Luiz Felipe Machado Coelho de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.8892029059**

**CAPÍTULO 10 ..... 132**

FORQUETA: A MEMÓRIA DOS ESQUECIDOS

Doris Baldissera

Nicole Rosa

**DOI 10.22533/at.ed.88920290510**

**CAPÍTULO 11 ..... 146**

ECO-MODELOS E CIDADES SUSTENTÁVEIS

Mirelle Lourenço de Andrade

**DOI 10.22533/at.ed.88920290511**

**CAPÍTULO 12 ..... 155**

CENÁRIO URBANO E PAISAGÍSTICO DA PRAÇA INÁCIO LOPES MAGALHÃES E SEUS USOS PARA PROMOÇÃO DE QUALIDADE DE VIDA – CIDADE DE BOA VISTA/RORAIMA

Breno Matheus de Santana Veloso

Camilla Marcelle da Silva

Sued Trajano de Oliveira

Paulina Onofre Ramalho

**DOI 10.22533/at.ed.88920290512**

**CAPÍTULO 13 ..... 166**

O NATURAL E O CONSTRUÍDO :SISTEMAS VEGETADOS INTEGRADOS NA ARQUITETURA

Minéia Johann Scherer

Amanda Simonetti Pase

Janaína Redin

Luísa Berwanger

Thales Severo Alves

**DOI 10.22533/at.ed.88920290513**

<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>180</b>
DESCARTE DE PODAS URBANAS E LIXO ORGÂNICO: UMA ANÁLISE SOBRE A VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UM PÁTIO DE COMPOSTAGEM EM DOURADOS, MS	
Talita Paz Agueiro	
Márcio de Melo Carlos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.88920290514	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>186</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>187</b>

## O PROCESSO DE PROJETO DE EDIFÍCIO DE BALANÇO ENERGÉTICO NULO (ZEB) NUMA PERSPECTIVA TERMODINÂMICA

Data de aceite: 28/05/2020

### **Roberta Carolina Assunção Faria**

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília – DF  
e-mail: robertacfaria7@gmail.com | <https://orcid.org/0000-0003-4794-0019>

### **Thiago Montenegro Góes**

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília – DF  
e-mail: tgoes@hotmail.com | <https://orcid.org/0000-0002-5745-229X>

### **Cláudia Naves David Amorim**

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília – DF  
e-mail: clamorim@unb.br | <https://orcid.org/0000-0001-6769-1983>

### **Joára Cronemberger**

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília – DF  
e-mail: joaracronemberger@unb.br | <https://orcid.org/0000-0002-8649-451X>

### **Caio Frederico e Silva**

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília – DF  
e-mail: caiosilva@unb.br | <https://orcid.org/0000-0001-8910-1841>

do objeto edificado dentro do contexto da sustentabilidade, da eficiência energética e em seu sentido mais amplo, dos princípios termodinâmicos. O objetivo deste capítulo é apresentar o processo de projeto de um edifício de balanço energético nulo (*Nearly Zero Energy Building*-NZEB), dentro do contexto de arquitetura sustentável e sua relação com os princípios termodinâmicos. Assim, o objeto de estudo em questão é o projeto de um Galpão Industrial de Reciclagem de Vidro localizado em Brasília. O processo de projeto visa minimizar a dependência de energia do edifício por meio de um design arquitetônico adaptado ao clima local e geração de energias limpas *in loco* para torná-lo NZEB. A esse fim, o projeto adota ferramentas computacionais como *DesignBuilder (v5.5)* e *Revit (2019)* desde as etapas iniciais de projeto. Esses programas permitem avaliações termoenergético e de conforto lumínico desde a concepção volumétrica, o que possibilita testar alternativas que melhorem o desempenho do edifício. Os resultados demonstram que 81% de horas ocupadas em conforto térmico, cerca de 80% da área é adequadamente iluminada de maneira natural durante o dia, o que indica uma redução de 71% da demanda energética. Destaca-se a instalação de módulos

**RESUMO:** O processo de projeto arquitetônico requer uma compreensão

fotovoltaicos no edifício principal, motivados pela farta radiação solar de Brasília ao longo do ano. Além disso, a geração de energia fotovoltaica é capaz de fornecer 94% da demanda energética do edifício. Em suma, o estudo de caso demonstra como ferramentas de simulação computacional são capazes de auxiliar o processo na busca de uma edificação mais eficiente e sustentável, além disso, comprova que o uso integrado de energias renováveis pode gerar edifícios de balanço energético próximos a zero no contexto climático do Distrito Federal.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sustentabilidade, Simulação Computacional, Eficiência energética, ZEB, arquitetura bioclimática.

## THE DESIGN PROCESS OF ZERO ENERGY BUILDING (ZEB) IN A THERMODYNAMIC PERSPECTIVE

**ABSTRACT:** The architectural design process requires a whole comprehension of buildings in the sustainability context, especially on energetic efficiency and thermodynamics perspectives. The goal of this chapter is to present the design process of a Nearly Zero Energy Building (NZEB) in the sustainable and thermodynamic context. In this sense, the case of study is a Project of an Industrial Hangar of Glass Recycling located in Brasília. The design process aims to minimize energy dependency using a design adapted to local climate conditions, additionally, it provides clean energy locally. For the project development, a computer simulation was used as a methodology with DesignBuilder (v5.5) and Revit (2019) since early design. Those tools allowed testing several design alternatives by thermal and energetic analysis, natural lighting, and shapes validations that could improve the building performance. The industrial hangar's project outcomes are 81% hours occupied with thermal comfort, 80% of the area with natural lighting during the day, and a 71% reduction of energy consumption. It is highlighted the installation of photovoltaic modules at the main building, due to the high solar radiation incident in Brasilia during in significant part of the year. Therefore, the local energy production supplies 94% of the energetic building demand. In summary, that study case demonstrates how computational tools could aid the process through more sustainable and efficient buildings, and how integrated with renewable technology could provide NZEB constructions in Distrito Federal.

**KEYWORDS:** Sustainability, Computer Simulation, Energy Efficiency, Zero Energy Building - ZEB, bioclimatic architecture.'

## 1 | INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica pós revolução industrial modificou totalmente a relação do homem com o ambiente construído, dissociando-o cada vez mais do meio natural. Hoje o elevado consumo de recursos naturais pelo setor da construção civil torna a busca pela sustentabilidade no ambiente construído aliada a eficiência energética algo imprescindível (KERÉ, 2019). Para isso, é importante que haja esforços em função de contornar o atual curso do exercício da arquitetura no meio ambiente.

Até 2050, teremos mais de 70% da população em áreas urbanas, com este crescimento urbano latente, justificado principalmente pelo contínuo desenvolvimento econômico que

exige alto nível de produção e consumo, as cidades e seus habitantes se tornam cada vez mais consumidoras dos recursos naturais.

O fluxo intenso de produção está diminuindo o ecossistema (BROWN, 2006), e isso pode ser percebido pela diferença do potencial qualitativo do meio ambiente quando os ambientes desérticos se expandem, o nível do mar aumenta, a população per capita aumenta e o consumo per capita também aumenta (KORHONEN, HONKASALO e SEPPÄLÄ, 2017).

O edifício durante sua vida útil chega a consumir cerca de 50% de matéria prima retirada da natureza (RUUSKA e HÄKKINEN, 2014). Quanto ao consumo de energia elétrica, durante a fase de operação, as edificações são responsáveis pelo consumo de 47% no cenário nacional e 70% de toda energia elétrica gerada no mundo (PESSOA *et al.*, 2013), o que representa um quarto das emissões de CO<sub>2</sub> antrópicas mundiais (IPCC, 2007).

No entanto, já existem iniciativas que visam promover um ambiente construído com menores impactos ambientais, fomentando a resiliência urbana, eficiência energética e mitigação de gases de efeito estufa. Alguns exemplos dessas iniciativas são a Agenda 2030 da ONU, Nova Agenda Urbana- habitat III e o Acordo de Paris. A agenda 2030 especifica ações 17 objetivos de desenvolvimento sustentável, mas especificamente a de Energia Acessível e Limpa (ODS 7) Cidades e Comunidades sustentáveis (ODS 11), Consumo e produção Sustentável (ODS 12) e Ação Contra Mudança Global do Clima (ODS 13), estão inteiramente relacionadas ao contexto de resiliência urbana e crescimento ambiental de menor impacto.

Neste contexto, uma alternativa para diminuir o impacto das construções no meio ambiente surge o conceito *Zero Energy Building-ZEB (edifício de balanço energético nulo)*, ou *NZEB Nearly Zero Energy Building* (edifício de balanço energético próximo a zero), a ainda os ZEB+ (positivo), que possuem balanço energético positivo, ou seja, produzem mais energia elétrica do que consomem, sendo capazes de oferecer para a rede elétrica da cidade esta energia excedente. (Figura 1).



Figura 1– Conceito de edifícios de balanço energético nulo em três níveis – do próximo a zero ao balanço positivo.

De acordo com Torcellini (2006), um edifício ZEB, seja qual for sua tipologia, têm uma significativa redução no consumo de energia e um balanço energético baixo quando aplicada tecnologias renováveis.

Para dar suporte ao projeto de um edifício com boa performance energética é importante conhecer o impacto das decisões projetuais, sobretudo o impacto no consumo energéticos

dos sistemas capazes de operar o edifício. Neste sentido, aponta-se o uso de simulação computacional como uma estratégia útil para esse processo, pois pode-se gerar um modelo aproximado da realidade que prevê o comportamento do projeto em diversos aspectos. (PETERS e PETERS, 2018).

Em relação aos métodos de avaliação, a introdução da simulação computacional desde as fases iniciais do projeto de arquitetura é algo complexo, contudo, torna-se essencial para se a tomada de decisões mais assertivas para o bom desempenho do edifício. (OSTERGARD, JENSEN e MAAGAARD, 2016).

No Brasil, Lamberts *et al* (2005) discute que há pouco incentivo na obtenção de construções com baixo consumo energético, e que isso decorre da falta de iniciativas governamentais que fomentem a utilização de mais ferramentas de simulação durante o projeto. Tendo em vista o quadro nacional com poucos exemplos de edifícios com características ZEB, este capítulo pretende discutir o tema bem como apresentar uma metodologia para o projeto de edifício de balanço energético nulo ou próximo a nulo, mais especificamente, será apresentado um estudo de caso de galpão industrial<sup>1</sup> localizado no Distrito Federal, quando foram utilizadas simulações computacionais nas fases iniciais de projeto.

## 1.1 Objetivo

Este capítulo tem o objetivo de apresentar um processo de projeto de edifício de balanço energético quase nulo, discutindo-o no panorama da arquitetura sustentável e da eficiência energética do ambiente construído. Paralelamente, este capítulo também destaca boas práticas para uma arquitetura bioclimática alinhada aos princípios básicos da termodinâmica.

## 2 | ESTRUTURA DO CAPÍTULO

O conteúdo deste capítulo está dividido em dois momentos, sendo eles o primeiro destinado a uma ampla conceituação da arquitetura termodinâmica e o segundo destinado a apresentar o conceito de processo de projeto integrado, utilizando, para isso, o estudo de caso do projeto de edifício ZEB em Brasília.

- A arquitetura sob uma visão termodinâmica. Neste tópico são apresentados conceitos da Arquitetura Solar a partir da visão de alguns autores chave onde são indicadas estratégias para mitigar os impactos da Arquitetura no meio ambiente.
- Metodologia de projeto para edifício ZEB. Neste tópico destaca-se a metodologia de projeto para um edifício de galpão de reciclagem de vidro *Zero Energy Buildings* - ZEBs como estudo de caso. Para o desenvolvimento do projeto do Galpão de Reciclagem de Vidro ZEB foram utilizados alguns procedimentos de simulação computacional, sendo eles de conforto térmico, de iluminação natural e termoe-

---

<sup>1</sup> Projeto de Galpão de Reciclagem de Vidro *Zero Energy Buildings* – ZEBs, tema de Projeto Final de Graduação na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, detalhes do projeto constam em artigo previamente publicado (Faria e Silva, 2019)

nergética.

As etapas desse processo de projeto se dividem em Design Passivo e Design Ativo, onde dentro dessa macro divisão se inserem o Estudo Preliminar que aborda, fase de definição da Orientação e Volumetria, fase de design das vedações, com análise da transmitância térmica das vedações, simulação de iluminação natural e análise do percentual de horas ocupadas em conforto e análise de consumo de energia final.

Por fim, foi aplicada estratégia ativa de geração de energia limpa com instalação de módulos fotovoltaicos, para assim garantir o balanço nulo de energia do projeto.

### 3 | ARQUITETURA SOB UMA VISÃO TERMODINÂMICA

Um grande desafio da arquitetura frente ao desenvolvimento mais sustentável é demonstrado pelos fluxos físicos da matéria e energia, principalmente ao relacionar o conceito de entropia com o ambiente construído das cidades. O alto consumo de energia com a degradação de diversos elementos que compõem o meio e a reparação dessa degradação são o custo dessas cidades consumidoras de alta energia (ODUM, 2007).

O homem modifica o ambiente natural para se aproximar das condições de habitabilidade (OLGYAY, OLGAY, 1963). Para produzir uma arquitetura que consiga diminuir suas demandas energéticas, Corbella e Yannas (2003) afirmam que com a adequada associação do edifício com meio é possível reduzir o consumo de energia, o que é fundamental na busca de uma arquitetura mais sustentável.

A arquitetura aqui colocada como sinônimo de ambiente construído é um dos principais agentes responsáveis pelos impactos ambientais, responsável por 30% do consumo de energia elétrica mundial somente na fase de operação (IPCC, 2007) e 50% do consumo de toda matéria-prima extraída (RUUSKA e HÄKKINEN, 2014). A arquitetura pode ser sintetizada em um ciclo no qual se inicia utilizando elementos vivos, como os recursos naturais, passando por um processo de aniquilação desses elementos, através de um consumo de energia para os transformarem em elementos artificialmente construídos (BERG, 2014).

Sob o ponto de vista termodinâmico, os dois primeiros princípios – as leis de conservação e a entropia – possuem consequências marcante na arquitetura. A lei de conservação de energia está estritamente ligada às diversas questões relacionadas à eficiência energética, que almeja minimizar o impacto do setor responsável por 30% do consumo de energia elétrica (IPCC, 2007).

Outro ponto relacionado à questão da conservação de energia no ambiente construído, diz respeito da energia embutida nos materiais. Um produto em seu estado acabado, é um resultado de um acumulado de recursos materiais e energéticos, e para quantificar adequadamente seu impacto, é necessário analisar todo processo de produção, inclusive etapas posteriores ao uso, contemplando todo o seu ciclo de vida.

Contudo, a questão da energia e outros recursos embutidos em um determinado material ou produto, vai além da questão da conservação de energia, relativa a primeira lei da termodinâmica. Mais do que o simples acúmulo de energia e demais recursos no processo

de produção, uso e descarte de um produto, é importante considerar que esse processo envolve ao aumento de entropia, na transformação de energia de alta qualidade em baixa qualidade durante o processo. Por mais que as transformações ocasionem a concentração de uma energia de mais alta qualidade, mas em pequena quantidade, localmente, há invariavelmente uma dispersão de energia de baixa qualidade por todo o sistema, algo já apontado por Georgescu-Rogen (2013) e Odum (1983).

Além dessas questões relacionadas às duas primeiras leis da termodinâmica, questões relacionadas aos princípios de energia dos sistemas ecológicos também podem ser presentes no ambiente construído. Braham (2016) e Srinivasan e Moe (2015) apontam que a busca pela eficiência energética não contempla o entendimento do princípio de máxima potência. Em muitos casos essa visão é limitada e pontual o que acelera o processo de transformação de energia de alta qualidade - normalmente energia elétrica em calor. Dessa forma, acelera-se o processo de aumento de entropia, mas especialmente perde-se a oportunidade de criação de sinergias a partir do conceito de redes tróficas, o que beneficia subsistemas e torna o sistema completo mais resiliente.

Para minimizar os impactos decorrentes da produção do ambiente construído, necessita-se de uma abordagem que contemple adequadamente questões inexoráveis às dinâmicas físicas e ecológicas do sistema em que a arquitetura - e o ambiente construído como um todo - está inserida, do planeta Terra. Assim, propõe-se alguns princípios que podem auxiliar nesse objetivo.

### 3.2 Arquitetura Solar

A priorização do Sol como fonte de baixa entropia é o ponto fundamental para se alcançar uma arquitetura termodinâmica. A energia química armazenada no planeta Terra é limitada e ao se focar em sua transformação como fonte principal de energia, atualmente por meio de combustíveis fósseis. Por esse recurso possuir uma natureza finita, conflita diretamente com a lei da conservação de energia. Porém, o principal problema é que esse processo de dependência de combustíveis fósseis acelera o aumento da entropia e o fim da energia útil existente no planeta.

Por outro lado, por ser uma fonte de energia externa ao sistema - ao planeta Terra - a energia proveniente do sol, em parte, subverte o aumento da entropia do sistema, visto que há um fluxo contínuo de energia externa. Pela abundância de energia solar, esta é quase que ilimitada e infinita se comparadas com as necessidades humanas, o que evidencia a importância de se priorizar seu uso em relação com a energia provenientes de combustíveis fósseis.

Historicamente, a arquitetura sempre possuiu uma relação estreita com o sol, contudo, com o advento e popularização do condicionamento artificial de edifício, esta relação se enfraqueceu. Em resposta à crise energética mundial na década de 70 percebe-se um claro um resgate desses diversos princípios de condicionamento passivo, pelo movimento denominado de arquitetura solar. Essa arquitetura utiliza técnicas construtivas que permitem

ganhos térmicos para aquecimento, em climas frios, além da redução de perdas de calor através da inércia térmica das paredes (ZAMBRANO, 2008). Assim que as estratégias para conseguir um melhor desempenho das edificações do ponto de vista energético são utilizar técnicas de condicionamento passivo, atender à demanda energética principalmente com recursos renováveis e usar a energia não renovável de maneira ótima. Entre as principais variáveis para lograr esses objetivos estão a orientação no terreno e a forma dos edifícios - diretamente relacionadas à captação da irradiação solar, condicionando os ganhos e perdas caloríficas que influenciam as condições de conforto interno.

As envoltentes são decisivas na quantidade de energia consumida no edifício - é na pele dos edifícios que ocorre a troca com o meio ambiente, e aí é determinado o balanço energético final do edifício (HERAS, 2003). Elas são também fundamentais para conseguir um adequado nível de conforto ambiental e eficiência energética, desde que integrem sombreamento, orientação, iluminação e captação solar a materiais apropriados (HERZOG et al, 2004).

Os novos requisitos de eficiência energética exigidos aos edifícios, no qual se incluem os ZEBs, exigirão soluções tecnológicas que permitam a produção de energia elétrica no local da demanda (VOSS e MUSALL, 2013). Uma das maneiras mais eficientes de fazê-lo no ambiente construído é através da utilização de sistemas solares fotovoltaicos, que transformam a radiação eletromagnética do sol em eletricidade (corrente direta) através das células fotoelétricas, fabricadas com materiais semicondutores. Sua produtividade é altamente dependente do contexto climático onde estão localizados, diretamente proporcional à disponibilidade de irradiação solar e das variações sazonais, e em menor escala, inversamente proporcional à temperatura das células.

A possibilidade de integração na envoltória das edificações representa uma boa oportunidade para os sistemas fotovoltaicos, uma vez que pode otimizar o uso do solo e substituir parte dos componentes construtivos (LANG, 2003). Seja qual for a alternativa para instalação, o planejamento eficaz deve levar em consideração a orientação, a inclinação e a isenção de sombras dos módulos fotovoltaicos. A ventilação dos módulos é outro critério a ser seguido para evitar a perda de produtividade, em especial se instalados na envoltente. Nestes casos, para evitar a transferência de excesso de calor aos ambientes internos, pode ser necessário aumentar o isolamento dos materiais (Butera, 2014).

Dessa forma, buscar uma arquitetura - como também todo o ambiente construído - que enfoque mais nos recursos energéticos provenientes do sol e não da energia química já existente na Terra, é essencial. A arquitetura solar contemporânea deve buscar novas possibilidades técnicas e projetuais imbuídas de ambas bases - vernácula e científica. Por um lado, dando ênfase às soluções que contemplem adequadamente questões como orientação, aberturas e materiais construtivos, e por outro contando com sistemas solares ativos - fotovoltaicos e térmicos - para a produção de eletricidade e calor de fonte limpa e renovável, diretamente nos pontos de consumo.

### 3.3 Hierarquia de energia

Mais do que uma alteração da matriz energética que possua ênfase em fontes renováveis, especialmente a energia solar, uma arquitetura termodinâmica necessita consumir energia de forma mais consciente, o que vai muito além das questões recorrentes de eficiência energética e fontes renováveis. Um ponto fundamental é muito negligenciado é o quarto princípio de energia dos sistemas ecológicos, a hierarquia de transformações de energia de Lindeman-Odum.

Nesse sentido, primeiramente, seria adequado utilizar fontes alternativas de energia não elétricas na edificação, especialmente estratégias passivas para condicionamento. Isso se mostra muito mais adequado sob o ponto de vista de hierarquia de energia, visto que utiliza calor para lidar com o excesso ou falta de calor. Isso pode ser contemplado por meio de utilização de acumuladores de calor para ganho de calor. Ou vedações com grande atraso térmico, ou chaminés solares para a retirada de calor. Alternativamente, há a possibilidade da utilização de outras fontes não elétricas, como gás natural ou biogás, para fornecer aquecimento da água do chuveiro, por exemplo. Já sobre a questão do reuso de energia residual, esta pode ser contemplada a partir de sinergias entre os diversos sistemas. Por exemplo, há a possibilidade de se usar calor residual de equipamentos para o aquecimento de água ou ar. Além disso, atualmente existem diversos equipamentos recuperadores de calor, que possibilitam resgatar o calor da água e ar previamente aquecidos, como também pré-resfriar o ar a ser insuflado no ambiente.

### 3.4 Ciclo de Vida dos Materiais

A importância de se considerar o uso de materiais que possam ser reciclados na construção contribui com a diminuição da produção de resíduos urbanos advindos da construção civil, que em sua maioria são depositados irregularmente no meio ambiente e em grande quantidade (JOHN, AGOPYAN, 2000). Na Tabela 1 abaixo apresenta dados de alguns países sobre a quantidade resíduo produzido anualmente pelo setor da construção civil.

Ainda considerando o Ciclo de vidas dos materiais, outro problema acarretado pelo elevado consumo de materiais é o alto consumo de energia no processo de produção. Tendo em vista esse problema, o uso de materiais recicláveis no processo de produção contribui para a redução do consumo de energia. Destaca-se como exemplo a indústria de cimento, que pode fazer o uso de resíduos de bom poder calorífico com a co-incineração para a obtenção de sua matéria-prima, ou pode utilizar a escória de alto forno, resíduo com composição semelhante ao cimento (JOHN, 2000). Outro exemplo é o uso de agregado siderúrgico para compor materiais utilizados em obras de infraestrutura urbana, como ciclovias, pavimentos, calçadas e mobiliários (GERDAU, 2019).

## 4 | METODOLOGIA DE PROJETO PARA EDIFÍCIO ZEB

Este tópico é dedicado a apresentar o estudo de caso de método de projeto para galpão industrial ZEB em Brasília – Distrito Federal. A partir dos princípios demonstrados acima pode-se perceber a variedade de alternativas que podem ser adotadas a fim de diminuir o impacto causado pelas construções no meio. Pensando assim, projetar um edifício que além de ocupar o meio passe a contribuir com a melhora do mesmo pode ser criado a partir da união desses princípios. Mas antes de apresentar o projeto propriamente dito, este tópico apresenta o conceito de projeto ambiental integrado (AMORIM, 2018).

Uma das metodologias postar para o atingimento de um projeto com alta qualidade ambiental é o Processo de Projeto Integrado (PPI). O PPI é um processo iterativo, não linear: em contraste com o processo de projeto convencional linear, onde os membros da equipe trabalham isoladamente, o PPI promove ciclos de *feedback* crescentes entre todos os *stakeholders* do projeto (ATHIENITIS e O'BRIEN, 2015). É essencial que todos os participantes dividam a mesma visão do projeto desde o início para fornecer inputs e feedback ao resto da equipe. Os membros da equipe podem ser solicitados a trabalhar em tarefas fora de seu objetivo usual. O PPI encoraja todos os participantes a dividir o aprendizado e aperfeiçoando o processo como um todo.

A equipe deve ser multidisciplinar: de maneira ideal, o PPI inclui todos os *stakeholders* em um projeto, desde o proprietário, os projetistas, o construtor, os usuários e os operadores do edifício. Eles estão presentes desde os estágios iniciais de trabalho e cada um fornece uma expertise valiosa para o processo de projeto. Pode haver outros consultores dependendo das necessidades específicas do projeto (Figura 2).

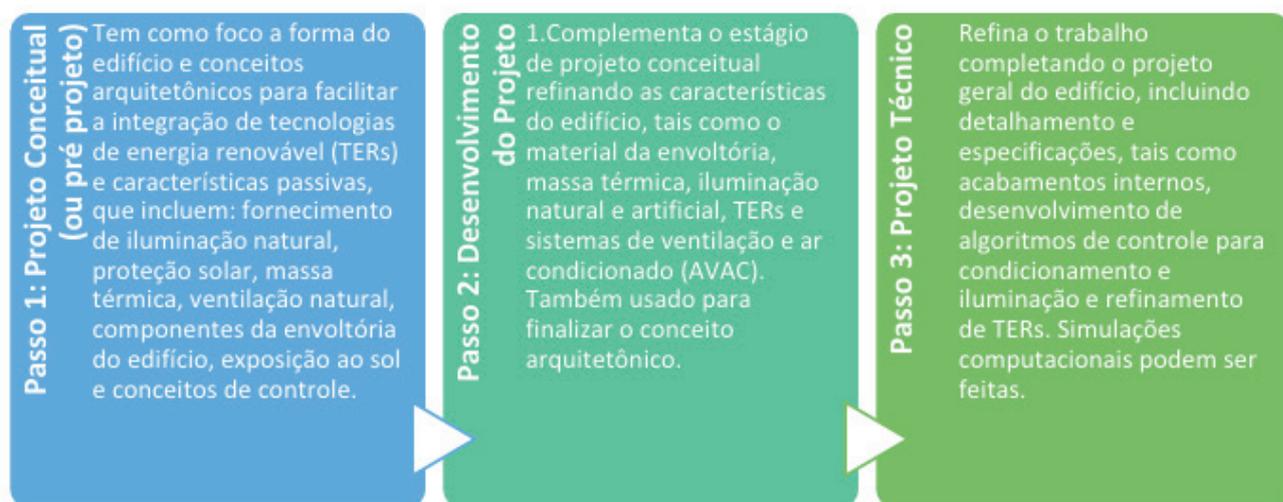


Figura 2– Os três passos interativos para o PPI

Fonte: Athienitis e O'Brien (2015)

O projeto de ZEBs requer que as considerações de projeto relacionadas a energia sejam consideradas significativamente mais cedo no processo de projeto do que em edifícios convencionais. Em climas quentes, três perguntas podem ser feitas nas fases iniciais: [1]

Quais as melhores estratégias passivas para este clima? [2] Quanta energia solar pode ser coletada e armazenada no sítio? [3] Aproximadamente quanta energia usada para resfriamento pode ser reduzida melhorando aberturas (janelas e zenitais) e vedações opacas (paredes e cobertura)?

#### 4.5 O Projeto de Balanço Energético Nulo

O Conceito de edificação ZEB ou NZEB pode ser trabalhado como uma construção que, passivamente, diminui suas demandas energéticas, e ao aplicar estratégias ativas limpas de geração de energia passe a dar retorno ao meio ambiente de maneira quase simbiótica.

O Galpão em estudo obtém 15.428,15 m<sup>2</sup> e está localizado no Setor de Indústrias e Abastecimento, na cidade de Brasília, Distrito Federal em um terreno de 45.794 m<sup>2</sup> de área e com inclinação de 0,77°. Tentando melhor aproveitar a geometria do terreno e a respeitar a linearidade que melhor se adequa para a funcionalidade de um galpão, o projeto foi disposto as maiores fachadas a leste – oeste (Figura 3).



Figura 3 – Planta de implantação do projeto do galpão NZEB

Fonte: Faria, 2018.

A concepção volumétrica do projeto partiu da necessidade de captação de água da chuva, que é uma demanda de grande importância para o DF que vem passando por severas crises hídricas, e para o reuso de água no processo de reciclagem de vidro. Além disso, a

estrutura proposta busca romper com a volumetria convencional de um galpão (Figura 4).

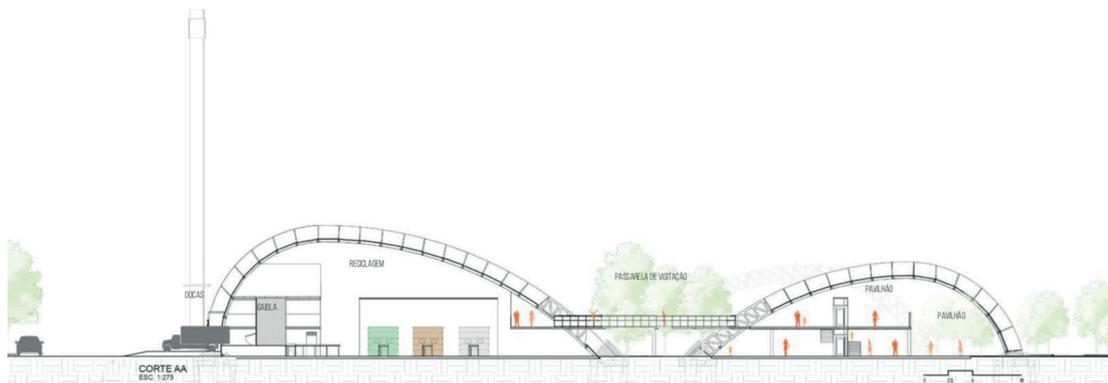


Figura 4 - Corte transversal do projeto do Galpão

Fonte: FARIA, 2018

A tipologia proposta no projeto busca fomentar a reciclagem de vidro na capital do país dando um melhor direcionamento a esse material com a produção de embalagens a partir do vidro triturado. Com isso, o projeto completo consiste em um Centro de Reciclagem de Vidro, contendo o seguinte programa de necessidades (Tabela 1).

Blocos	Área (m <sup>2</sup> )	Ocupantes
<b>Reciclagem</b>	4.495,50	150
<b>Indústria</b>	4.495,50	150
<b>comunidade de inovação</b>	2.858,30	200
<b>Funcionários</b>	3.131,30	300

Tabela 1 – Programa de Necessidades organizados por bloco, área e população

Como o foco do estudo foi o galpão onde ocorrem as atividades de reciclagem e indústria, detalha-se o programa de necessidades desses dois blocos (Figura 5 e Figura 6):

BLOCO RECICLAGEM			
	AMBIENTE	ÁREA	OCUPAÇÃO
1	Reciclagem	3.098,49 m2	69%
2	Depósito	74,2 m2	2%
3	WC	99,92 m2	2%
4	Oficinas	148,40 m2	3%
5	Enfermaria	73,12 m2	2%
6	Descanso	73,12 m2	2%
7	Circulação Vertical	36,00 m2	1%
8	Escritório	354,50 m2	8%
9	Sala de Reunião	66,65 m2	1%
10	Sala de Treinamento	40,15m2	1%
11	Mezanino	376,00 m2	8%
12	Caixa d'água	66,65 m2	1%

Figura 5 - Programa de Necessidade do Bloco de Reciclagem

Fonte: FARIA, 2018

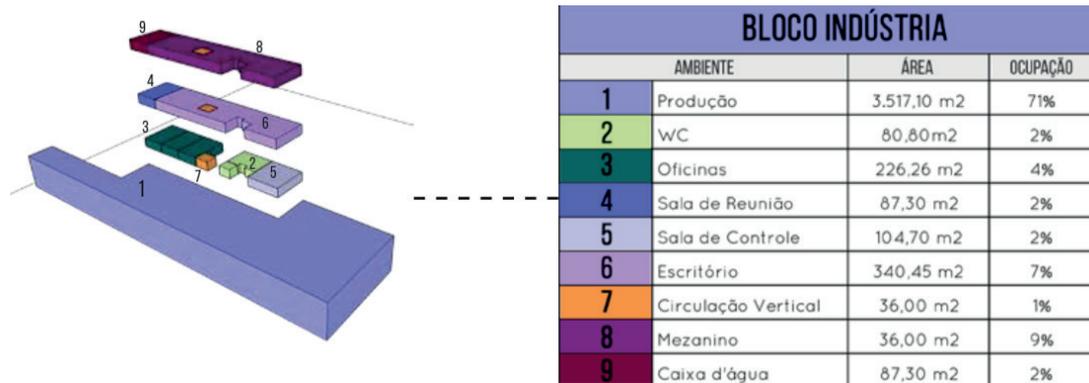


Figura 6 - Programa de Necessidade do Bloco de Indústria

Fonte: FARIA, 2018

#### 4.6 Estratégias Projetuais

As estratégias projetuais deste estudo de caso podem ser organizadas em quatro principais temas, são eles: orientação e volumetria, vedações e materiais, seguido pelo uso de luz e ventilação naturais, e, por fim, a incorporação de módulos fotovoltaicos para a geração energética (Figura 7).

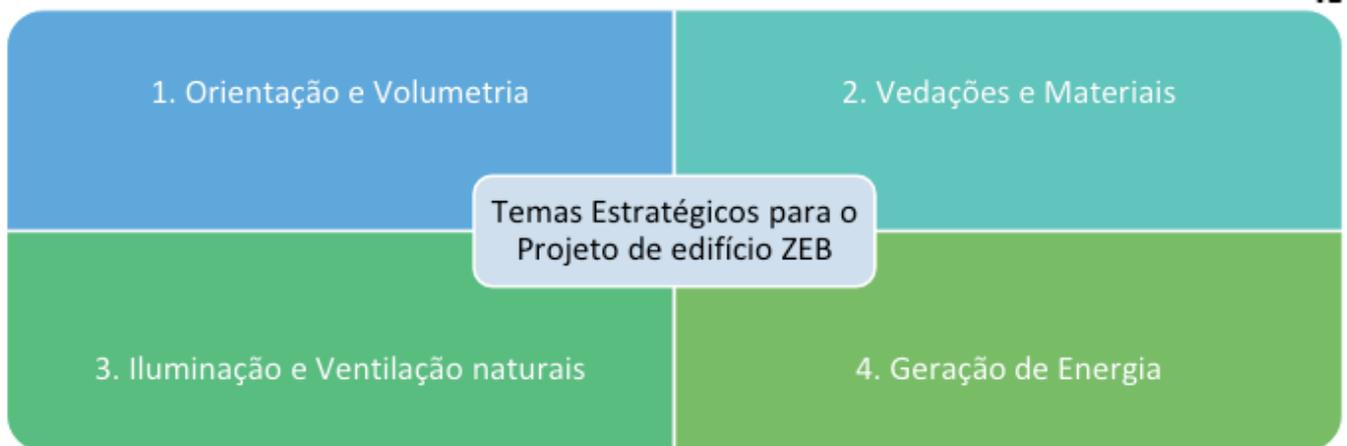


Figura 7 – Resumo das temas estratégicos adotadas

##### 4.2.1 Orientação e Volumetria

Dentro do tema das soluções passivas, o entendimento da orientação e volumetria adequados compõe uma importante decisão arquitetônica. Neste sentido, foram avaliados o entorno imediato em suas características físicas (topografia, barreiras lindeiras e poluição sonora) e bioclimáticas para setorizar o projeto de maneira a valorizar os ventos predominantes e o percurso solar. Após esse estudo, são testadas três diferentes volumetrias e orientações

para a implantação de um projeto de baixo consumo energético (Figura 5). Para isso, foi utilizado o software *DesignBuilder* (versão 5.5) que fez o estudo de *fuel totals* o qual avalia o parâmetro de consumo total de energia do modelo (Figura 7).

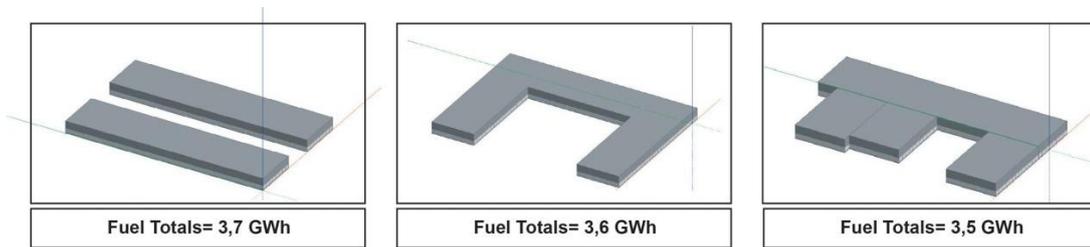


Figura 8 - Estudo do consumo energético total a partir de diferentes volumetrias e orientações.

Fonte: Faria e Silva (2019)

Segundo Morbitzer *et.al* (2001), a simulação computacional pode focar em problemas setorizados de acordo com cada fase de projeto evitando que se estenda para as fases subsequentes. Neste sentido, o critério de escolha da volumetria base para um edifício NZEB foi a de menor consumo energético, sendo ela a opção de 3,5GWh correspondente à 233,34kWh/m<sup>2</sup>.

#### 4.2.2 Vedações e Materiais

O tratamento dado às fachadas do edifício adotou uma arquitetura biomimética, a qual se inspira em soluções baseadas na natureza para responder às demandas da arquitetura. Neste caso, foi projetado uma geometria com a finalidade de favorecer a captação de água da chuva e o sombreamento, e para isso as fachadas possuem a geometria de uma vegetação nativa de climas secos como os cactos (Figura 8).

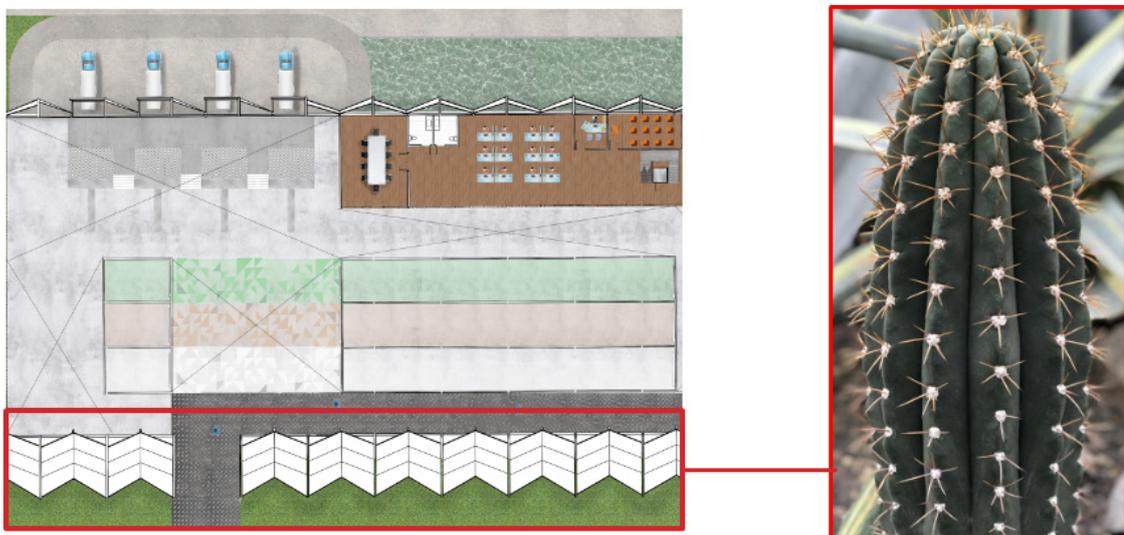


Figura 9 - Planta baixa do galpão principal e referência para a sua fachada.

A partir da geometria escolhida na etapa anterior, o projeto seguiu com a especificação dos materiais de fechamento opaco e translúcido e o consumo final de energia. Inicialmente, os materiais de fechamento opaco, de parede e cobertura, (Figura 7) foram escolhidos baseados nos pré-requisitos do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C), para nível A da zona bioclimática 4, que é a de Brasília, e possuem transmitância de  $1,65 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  em sua composição e absorvância de 0,3 com pintura branca (DORNELLES, 2008).

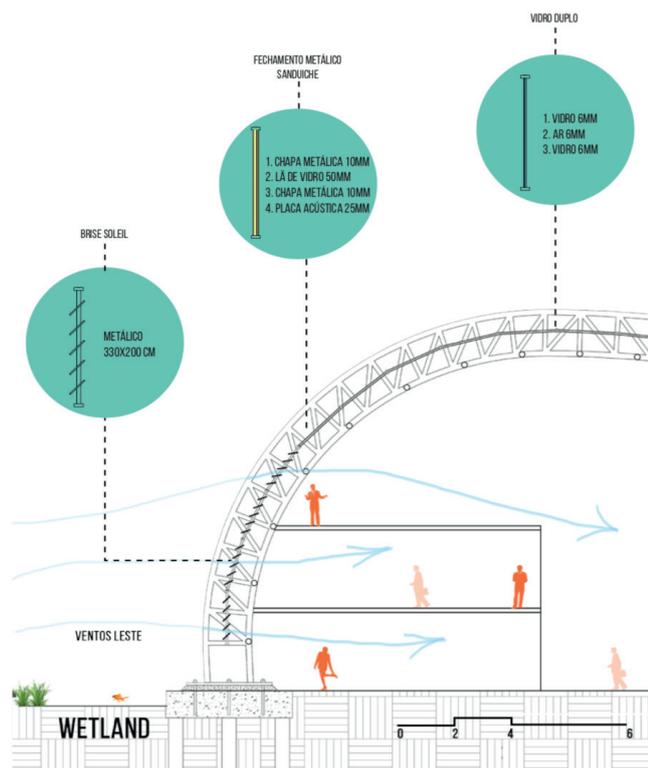


Figura 10 - Esquema da composição dos materiais de vedação

Fonte: FARIA, 2018

#### 4.2.3 Iluminação e Ventilação Naturais

Esta estratégia metodológica incluem as simulações para a iluminação natural e o conforto térmico. Para o material de fechamento translúcido é feito o estudo de iluminação natural para verificar se a quantidade de aberturas zenitais propostas atende ao sugerido pela NBR ISO/CIE 8995. Nesse estudo se utiliza o algoritmo de cálculo do *Radiance* dentro da interface visual do *DesignBuilder*, que extrai valores relativos ao *daylight factor* gerando um mapa gráfico com a quantidade de lux refletido na superfície do piso (Figura 10).

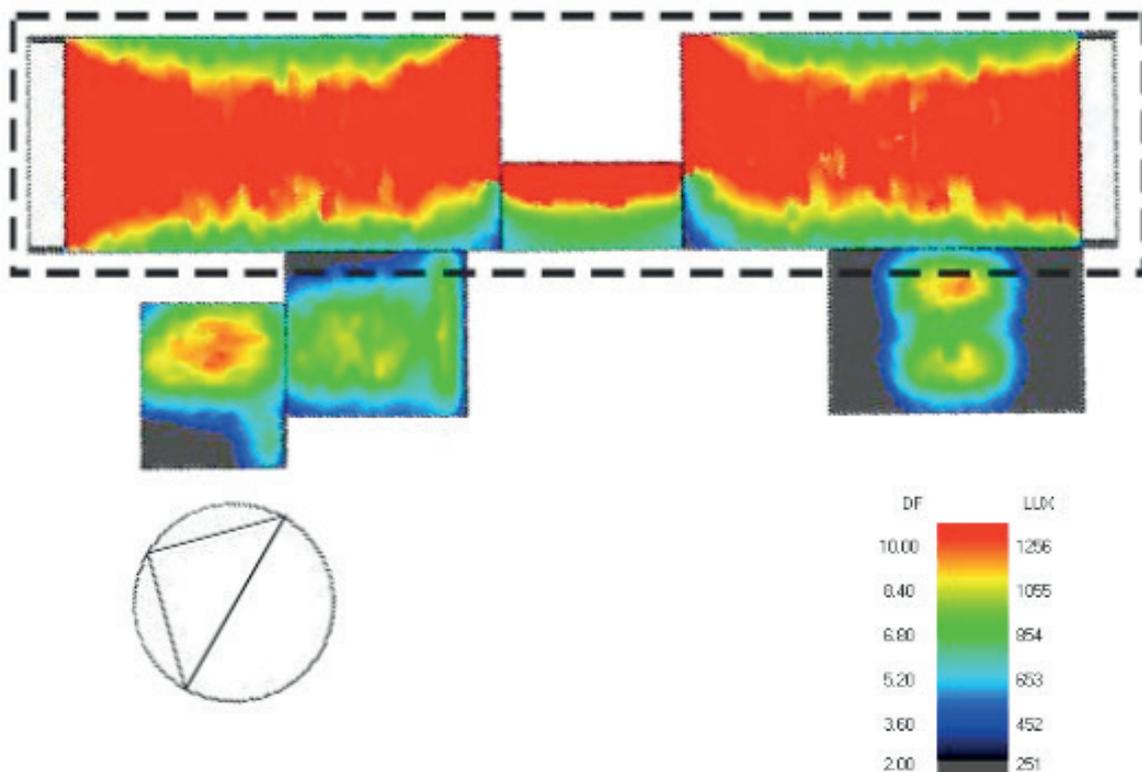


Figura 11 - Demonstração de simulação de iluminação natural com o DesignBuilder

Fonte: Faria e Silva, 2019.

O resultado obtido da análise de iluminação natural mostra que mais de 80% da área do galpão recebe cerca de 1256 lux, o que está de acordo com a NBR ISO/CIE 8995, que sugere para tipologias de galpão industrial (classe B) o valor entre 1000-2000lux

#### a) Percentual de Horas Ocupadas em Conforto

Após a avaliação de iluminação natural, foram testados dois tipos de vidro, sendo eles um simples de 3mm e um duplo de 6mm. O teste valida o Percentual de Horas Ocupadas em Conforto (POC), pois para o projeto pretende-se utilizar o máximo potencial de iluminação natural sem prejudicar o conforto térmico interno. Para o estudo de POC, o software *DesignBuilder* avaliou 8.760 horas no ano, com o uso do modelo adaptativo de De Dear e Brager (2002) a partir da fórmula de temperatura neutra abaixo e utilizando um voto médio predito (PMV) de +2,5°C.

$$TN = 17,8 + 0,310Tar$$

Onde,

TN = temperatura neutra (°C);

Tar = temperatura do ar (°C).

De acordo com Assis e Pereira (2010), alguns autores estão adotando índices adaptativos de

forma mais simples, em fases iniciais de projetos, devido a dificuldade de estimar um PMV em climas tropicais.

O resultado obtido foi que com o uso do vidro duplo (duas folhas de 6 mm, com transmitância total de  $0,03\text{W/m}^2\text{K}$ ) no projeto atinge 81% de horas ocupadas em conforto (Quadro 1), o que de acordo com o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C), equivale a uma etiquetagem A, para edifícios naturalmente ventilados.

#### b) Consumo de Energia final

Após analisar as características de iluminação natural e conforto foi feita a simulação referente ao consumo energético do projeto denominada *Fuel Totals*. Nessa simulação foram estabelecidos alguns parâmetros para o projeto, sendo eles apresentado no Quadro 1.

Parâmetros de simulação
Iluminação artificial desligada no galpão
Ventilação natural ligada
Ar condicionado desligado
Transmitância chapa metálica: $U= 1,65\text{ W/m}^2\text{-K}$ (RTQ-C)
Vidro duplo 6mm/6mm/ar

Quadro 1 Parâmetros de análise de consumo energético total (Fuel Totals)

Fonte: Faria e Silva, 2019

Esses parâmetros só puderam ser determinados por causa das simulações atribuídas anteriormente, que validaram as especificações feitas no projeto. Após a análise de *Fuel totals* com os parâmetros estabelecidos acima (Quadro 2) o resultado obtido foi de que o edifício consome 1.004.398,00 kWh correspondente à  $65,10\text{ kWh/m}^2$ . O que significa que houve uma redução de 71% do total de energia quando comparada com o obtido na volumetria base avaliada no Estudo Preliminar.

#### 4.2.4 Geração energética

A estratégia final é a geração energética por meio da instalação de módulos fotovoltaicos. Para tentar se aproximar do consumo energético real de uma indústria vidreira, foram considerados ao final do projeto o uso de maquinários específicos, como forno e paletizadoras, obtendo-se o total final de 7.887.492,77kWh. Com a finalidade de se obter um edifício ZEB, foram utilizados módulos fotovoltaicos, considerados a melhor estratégia ativa de captação de energia limpa para o contexto climático de Brasília. Dessa forma, propondo o uso de 1.000 módulos de 405W de potência instalada, ocupando  $2.100\text{m}^2$  da cobertura do galpão de reciclagem o projeto atinge um balanço energético final de 94%, o que, a partir dos dados apresentados pela CEB (2014), também pode corresponder ao abastecimento de

2.759 residências por ano no Distrito Federal.

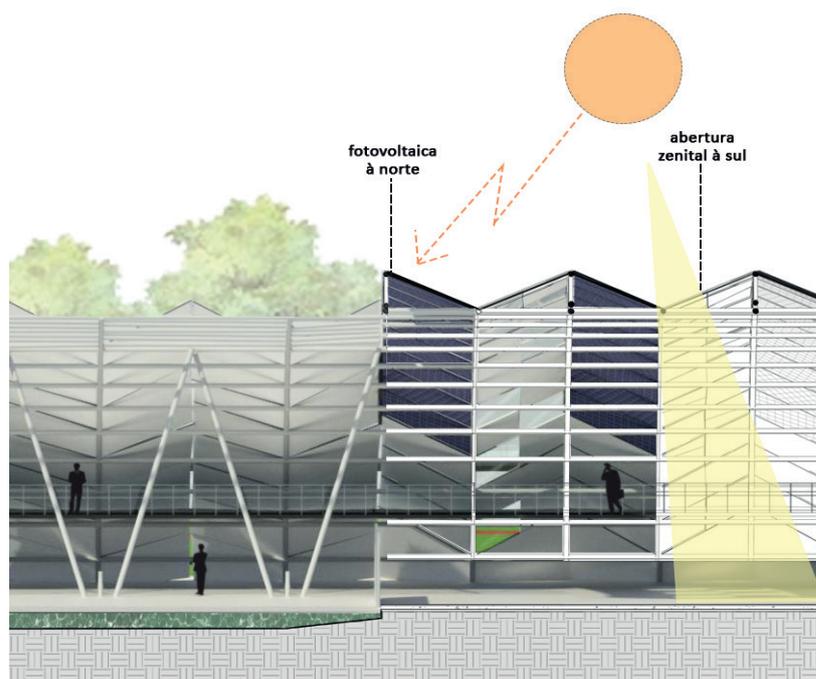


Figura 12 - Imagem esquemática da aplicação dos módulos fotovoltaicos.

Fonte: FARIA, 2018

## 5 | CONCLUSÃO

A arquitetura, seja ela uma edificação individual ou um centro urbano, gera grandes impactos no meio ambiente, pois gera baixa entropia local às custas de uma alta entropia geral do sistema. Tal aspecto pode ser exemplificado com a necessidade do ser humano querer controlar o ambiente a fim de o tornar mais confortável, no entanto, esse controle ocasiona em diversos ciclos exploratórios do meio ambiente (desmatamentos, queimadas, poluição de rios e mares, entre outros).

Com a previsão do aumento populacional mundial a responsabilidade no projeto de um ambiente construído mais habitável, conseqüentemente, também aumenta. Tendo como desafio acomodar as pessoas de forma mais sustentável, surge a urgente demanda de se construir ou reformar arquiteturas que respeitem cada vez mais o sistema a fim de mitigar o seu impacto na natureza. Como visto, bons exemplos de arquiteturas termodinâmicas são a arquitetura solar, que prioriza o sol como fonte energética; a hierarquização energética, que visa optar pela conservação, depois melhorar a eficiência, e por fim a geração de nova energia e disso decorre da utilização de estratégias passivas na construção; utilizar materiais recicláveis, compreendendo a importância do ciclo de vida dos materiais no meio ambiente.

Destaca-se que se deve considerar fortemente o *retrofit* como prática de diminuir o impacto das construções já existentes, e por fim, melhorar a eficiência do transporte, um dos grandes consumidores de energia e emissores de partículas poluidoras, em centros urbanos. Nesse sentido, a incorporação de princípios termodinâmicos na arquitetura por meio de uma arquitetura solar, da compreensão da hierarquia de energia e energia embutida

e das práticas de *retrofit* e diminuição do consumo de energia de um edifício pode ser uma rota para se atingir uma arquitetura mais sustentável.

Dentre diferentes formas de se projetar, o uso da simulação integrada ao processo de projeto é uma estratégia adequada para se obter uma construção de mais qualidade e de menor impacto ambiental. Exemplo disso são os resultados apresentados, que ao utilizar a simulação computacional pode-se verificar o desempenho desse projeto antes mesmo de sua construção no Galpão *ZEB* projetado em Brasília.

Do ponto de vista da inserção de software no processo de projeto, principalmente, daqueles voltados para avaliação termoenergética e lumínica desde o início do projeto, foi possível determinar estratégias passivas no design que contribuiriam para o desenvolvimento de uma arquitetura mais sustentável. Neste estudo, essas decisões projetuais combinadas resultaram numa redução de 71% do consumo de energia inicial.

Os resultados também apontam a possibilidade de se gerar arquiteturas que funcionem como usinas de produção local de energia no contexto local, edifícios *ZEB+*. Em resumo, a atribuição de ferramentas tecnológicas dentro do processo de projeto de arquitetura evidencia uma evolução na qualidade de construção das cidades com a possibilidade de diminuição do consumo de energia. Além disso, o uso da simulação torna o arquiteto um ator mais responsável por suas decisões projetuais, sendo assim, o engaja na busca por um urgente reequilíbrio entre o espaço construído e as pessoas.

## AGRADECIMENTOS

A terceira autora agradece ao CNPq pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa.

O último autor agradece à Fundação de Apoio a Pesquisa do Distrito Federal – FAP-DF, pela bolsa de pós-doutorado concedida.

## REFERÊNCIAS

AMORIM, C. N.D. **Projeto Ambiental Integrado**. Plano de Curso 02/2018. Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília, Brasília.

ASHRAE. **Advanced Energy Design Guide for Small to Medium Office Buildings: Achieving 50% Energy Savings Toward a Net Zero Energy Building**. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 2011

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - NBR ISO/CIE 8995-1 – Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013.

ATHIENITIS, A.; O'Brian, W. **Modelling, Design and Optimization of Net-Zero Energy Buildings**. Ed. Ernst and Sohn, Alemanha, 2015.

BERG, E. *Architecture, Thermodynamics and architect as a weapon*. 1. ed. Chalmers, 2014.

BRAHAM, W. **Architecture and Systems Ecology. Thermodynamic principles of environmental building design, in three parts**. Routledge; Edição: 1. 9 de setembro de 2015.

BROWN, R. L. Eco-economy: Building an Economy for the Earth. W.W. Norton & Co., NY, 2001. Disponível em < [http://www.earth-policy.org/images/uploads/book\\_files/ecofront.pdf](http://www.earth-policy.org/images/uploads/book_files/ecofront.pdf)>

BUTERA F. M., Sustainable building design for tropical climates, Principles and applications for Eastern Africa, Sue Ball, Nairobi, 2014.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. Em busca de uma Arquitetura Sustentável para os trópicos. Rio de Janeiro: Revan, 2009.

DOMINGOS, Lucas; KALZ, Dorren; DINKEL, Arnulf; LOMARDO, Louise; SILVA, Vanessa. **Definição de uma classificação climática para o estudo de edificações com balanço anual zero de energia no Brasil.** XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente construído, p.213-222, novembro de 2014, Maceió.

DORNELLES, K.A. Absortância Solar de superfícies opacas: **Métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA.** Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil) Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

FARIA, R. C. A. **Centro Integrado de Reciclagem de Vidro NZEB.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília. 2018.

FARIA, R. C. A.; SILVA, C. F. E. **Metodologia projetual de um centro de reciclagem de vidro ZEB em Brasília, DF.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 2019, Uberlândia. Anais... Uberlândia: PPGAU/FAUeD/UFU, 2019. p 692-702. DOI <https://doi.org/10.14393/sbqp19064>.

FARR, D. Urbanismo sustentável: desenho urbano com a natureza. Tradução: Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman. 2013.

GEORGESCU-ROEGEN, N. **O Decrescimento. Entropia, Ecologia e Economia.** São Paulo. Senac São Paulo. 1ª Edição. 2013. ISBN-10: 8539602695

HERAS, Maria del Rosario. (org). 2003. Energía Solar en la Edificación. Madrid: CIEMAT, 2003.

HERZOG, Thomas., KRIPPNER, Roland e LANG, Werner. 2004. Façade Construction Manual. Berlin: Birkhäuser, 2004.

IPCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

JOHN, V. M., AGOPYAN, V. Reciclagem de escória de alto forno no Brasil. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE REUSO/RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS. São Paulo: SEMA-SP/FIESP/CETESB, 2000.

JOHN, V.M. Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo, 2000. 102p. Tese (livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

Kéré, Francis. A arquitetura “precisa de mudar” e ter em conta escassez de recursos. **Publicado pelo Observador em 22 nov 2019, 10:43. Disponível em <<https://observador.pt/2019/11/22/francis-kere-a-arquitetura-precisa-de-mudar-e-ter-em-conta-escassez-de-recursos/>> em 14 de fevereiro de 2020**

Korhonen, Jouni, Antero Honkasalo, and Jyri Seppälä. “Circular Economy: The Concept and Its Limitations.” Ecological Economics 143 (2018): 37-46.

LANG, Werner. 2003. ¿Nada más que fachada? Sobre los aspectos funcionales, energéticos y constructivos de la envolvente del edificio”. Detail. Building Skins, 2003.

MORBITZER, C., STRACHAN, P., WESTER, J., SPIRES, B., CAFFERTY, D. **Integration of Building Simulation into design proces of na architecture practice.** Seventh International IBPSA Conference. Rio de Janeiro, Brazil. 2001. Disponível em:

ODUM, E. P., G.W. BARRETT. 2007. Fundamentos de Ecologia. 5a ed. Pionera Thomson, São Paulo, SP. Capítulo 3 – 1,2,9 e 12.

ODUM, E., P. **Ecologia.** Rio de Janeiro. Editora Guanabara Koongan S.A. 1983. ISBN 978-85-277-0061-0. Tradução Ricardo Iglesias Rios.

OLGYAY, V., OLGAY, A. Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism. 1st Edition. Princeton University Press Princeton, Estados Unidos; 1963.

OSTERGARD, JENSEN e MAAGAARD, 2016

PETERS, B., PETERS, T. **Computing the Environment: Digital Design Tools for Simulation and Visualisation of Sustainable Architecture.** 1st Edition. John Wiley & Sons Ltd. Chinchester, UK.2018.

RUUSKA, A., HÄKKINEN, T. Material efficiency of building construction. Buildings 4, 266-294; doi:10.3390/buildings4030266. Traduzido pelo autor, 2004.

STERN, N. The Economics of Climate Change: The Stern Review. Cambrige University

SUDBRACK, L.O. Casa Zero: **Diretrizes de projeto para casas pré-fabricadas de balanço energético nulo em Brasília.** 2017.242 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

TORCELLINI, P.; PLESS, S.; DERU, M. Zero Energy Buildings: A critical look at the Definition. **Conference Paper NREL/CP-550-398333**, Califórnia, US. 2006. Disponível em: <<https://www.nrel.gov/docs/fy06osti/39833.pdf>>

VOSS, Karsten. e MUSALL, Eike (org.). Net Zero Energy Buildings - International Projects of Carbon Neutral Buildings. Munich: Detail Green Books, p.120-143, 2013.

ZAMBRANO, L.M.A. Integração dos Princípios da Sustentabilidade no Projeto de Arquitetura. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p.66, 2008.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acervo 10, 121, 122, 123, 124, 125, 127, 128, 129, 130, 138

Amazônia 19, 20, 21, 30, 31, 155

Ambiente 16, 17, 18, 20, 21, 22, 29, 38, 43, 53, 55, 56, 60, 64, 66, 71, 73, 75, 76, 77, 78, 82, 85, 86, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 110, 117, 136, 146, 147, 148, 149, 151, 152, 154, 155, 156, 159, 161, 162, 166, 178, 183, 184

Apartamento 35, 38, 39, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 58, 59, 95

APO 2

Autonomia 73, 74, 75, 77, 78, 80, 82, 83, 151

Avaliação 2, 3, 6, 10, 11, 12, 13, 17, 21, 24, 45, 76, 77, 82, 84, 94, 104, 115, 118, 149, 150, 165

### B

Bairro Pedra 90 2

Bioclimática 32, 75, 102, 104, 114, 166

### C

Calibração 9, 32, 34, 36, 39, 40, 42, 43, 44, 45

Cidades sustentáveis 146, 147, 148, 152, 153, 184, 185

Concepção Arquitetônica 20, 74, 121

Configuração Espacial 50, 52, 54

Conforto 8, 7, 21, 33, 36, 45, 74, 83, 86, 101, 104, 105, 107, 114, 115, 116, 157, 159, 162, 163, 164, 166

Construção 2, 1, 3, 4, 6, 7, 10, 11, 16, 22, 26, 27, 30, 37, 42, 44, 49, 74, 77, 86, 99, 102, 108, 110, 117, 118, 119, 123, 125, 126, 127, 129, 131, 139, 142, 147, 150, 151, 178

Construído 8, 4, 6, 11, 17, 19, 20, 30, 45, 72, 77, 98, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 117, 118, 119, 124, 166, 167

### D

Desempenho Térmico 32, 37, 38, 43, 44, 45, 177

dia 5, 43, 62, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 89, 90, 91, 95, 96, 101, 128, 147, 152, 154, 156, 159, 161, 164, 183

Dia 76, 79, 82, 94, 95

Diretrizes 17, 71, 75, 83, 120, 146, 148, 149, 150

### E

Eco-Modelos 146, 147, 148, 149, 150, 152

Ecomoradia 1, 2, 3, 4, 6, 13, 16, 17, 18

edificação 11, 13, 29, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 44, 62, 73, 74, 86, 88, 89, 90, 96, 97, 102, 108, 110, 117, 127, 129, 167, 168, 169, 177, 178

Edifício 33, 35, 38, 45, 47, 48, 50, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 74, 75, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 109, 113, 116, 118, 126, 127, 139, 167, 168, 175, 177, 178, 179

Eficiência 12, 15, 33, 45, 46, 73, 83, 86, 88, 90, 95, 97, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 117,

151, 152

Emílio Baumgart 121, 122, 123, 124, 127, 131

Energética 33, 45, 46, 73, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 95, 97, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 112, 116, 117, 150, 151, 152

Energética 37, 45, 89, 99, 114, 116, 166

Energyplus 37, 45

Espaços 8, 2, 31, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 58, 59, 60, 61, 62, 64, 71, 132, 133, 135, 137, 138, 139, 143, 145, 156, 157, 159, 164, 165, 167, 168, 171, 176, 177, 178, 180

Estratégia 19, 60, 62, 104, 105, 114, 116, 118, 153, 166, 167, 175, 177

Estrutura 4, 5, 6, 9, 11, 12, 13, 15, 21, 35, 48, 87, 89, 104, 111, 121, 122, 126, 127, 128, 134, 139, 157, 172, 176

## F

Fator de Luz 73, 75, 76, 77, 79, 83

Forqueta 132, 133, 134, 135, 137, 140, 141, 142, 143, 144, 145

## H

Habitação 8, 1, 3, 17, 19, 20, 21, 24, 29, 30, 31, 45, 48, 51, 59, 86, 88, 95, 97, 126

Habitação social 19, 20, 21, 24, 30, 48

## I

Iluminância 73, 75, 74, 76, 77, 78, 81, 82, 83

## L

Lar 16, 19, 20, 21, 24, 25, 28, 29, 30

Lazer 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 135, 138, 155, 156, 178

Luz 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 87, 112, 176

## M

Madeira 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 25, 29, 35, 76, 150, 151, 163, 164

Mezanino 60, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70

Mobilidade 132, 134, 142, 143, 144, 152

Multifamiliar 9, 32, 34, 45, 60, 126

## N

Natural 12, 38, 45, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 101, 102, 104, 105, 108, 114, 115, 116, 159, 167, 176, 182, 184

## P

Pavimento 35, 36, 44, 60, 62, 64, 66, 68, 69, 71, 124, 126, 127, 128

Plantas 17, 24, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 63, 65, 68, 77, 121, 156, 170, 173, 175, 176, 179

Projeto Arquitetônico 20, 30, 33, 36, 101

## R

Requalificação 132, 135, 137, 143

## S

Sala de Aula 75, 76, 78, 79, 80, 81, 82, 83

Sistemas 6, 12, 17, 33, 34, 53, 85, 86, 87, 88, 89, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 104, 106, 107, 108, 128, 148, 153, 166, 167, 168, 169, 173, 175, 176, 177, 178, 179

Sustentabilidade 8, 33, 101, 102, 132, 137, 145, 146, 147, 148, 152, 153, 154, 167, 180, 181

## T

Térmico 32, 33, 36, 37, 38, 43, 44, 45, 74, 83, 86, 101, 104, 108, 114, 115, 177

## U

Urban21 132, 133

urbanismo verde 146, 148

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**