



## **Diretrizes para uma Construção Sustentável no Brasil**

**THIAGO DE CAMARGO ANDRADE MORAES**

Outubro de 2017

# **DIRETRIZES PARA UMA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL NO BRASIL**

THIAGO DE CAMARGO ANDRADE MORAES

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE CONSTRUÇÕES**

Orientadora: Profa. Dra. Eunice Maria Vilaverde Fontão

Co-Orientador: Prof. Ms. Simão Prizskulnik (Universidade Presbiteriana Mackenzie)

**OUTUBRO DE 2017**



# ÍNDICE GERAL

Índice Geral .....	iii
Resumo.....	v
Abstract .....	vii
Agradecimentos .....	ix
Índice de Texto .....	xi
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas.....	xv
Glossário.....	xvii
Abreviaturas .....	xix
<b>CAPÍTULO 1</b> Introdução.....	1
<b>CAPÍTULO 2</b> Revisão da Literatura .....	7
<b>CAPÍTULO 3</b> Diretrizes para uma Construção Sustentável no Brasil.....	37
<b>CAPÍTULO 4</b> Considerações Finais.....	69
Referências Bibliográficas .....	71



## RESUMO

O consumo desenfreado de recursos ambientais, a incessante poluição do meio ambiente e a degradação dos ecossistemas ultrapassaram a capacidade regenerativa do planeta Terra, tornando a situação atual de consumo insustentável. Uma mudança no comportamento da humanidade é necessária e adoção de medidas sustentáveis na construção civil é promissora. Soluções sustentáveis incentivam o consumo consciente de recursos, poupando-os sempre que possível e tornando processos menos degradantes. Elas aprimoram a construção em questões ambientais, sociais e econômicas. No entanto, apresentam o desafio de variarem de acordo com as condições climáticas da região, fator importante em um país com dimensões continentais como o Brasil. Este trabalho baseou-se em um levantamento das zonas climáticas brasileiras e suas principais características; seguido de uma análise dos principais sistemas de avaliação da sustentabilidade existentes no mundo e das medidas propostas pelos mesmos. A partir disto, foi proposto um conjunto de diretrizes que podem ser utilizadas para tornar uma construção no Brasil mais sustentável. Foram feitas recomendações que podem ser seguidas em todo o território brasileiro e recomendações restritas a determinada zona climática. Incluem-se entre estas medidas soluções passivas para condicionamento térmico, utilização eficiente do solo, escolha da localização do terreno, melhora no desempenho energético e hídrico da construção, incentivo a reciclagem e reutilização de materiais, entre outras.

**Palavras-chave:** Construção civil. Desenvolvimento sustentável. Medidas sustentáveis. Zonas bioclimáticas.



## **ABSTRACT**

Rampant consumption of environmental resources, unrelenting pollution of the environment, and degradation of ecosystems have surpassed the regenerative capacity of planet Earth, making the current situation of consumption unsustainable. A change in the behavior of mankind is necessary and the adoption of sustainable measures in civil construction is promising. Sustainable solutions encourage the conscious consumption of resources, saving them whenever possible and making processes less degrading. They enhance construction on environmental, social, and economic issues. However, they present the challenge of varying according to the climatic conditions of the region, an important factor in a country with continental dimensions such as Brazil. This work was based on a survey of Brazilian climatic zones and their main characteristics; followed by an analysis of the main sustainability assessment systems in the world and the measures proposed by them. From this, it was proposed a set of guidelines that can be used to make a construction in Brazil more sustainable. Recommendations that can be followed throughout the Brazilian territory and recommendations restricted to a certain climatic zone were made. Included among these measures are passive solutions for thermal conditioning, efficient soil use, land location selection, improved energy and water performance of the building, incentive to recycle and reuse materials, among others.

**Keywords:** Civil construction. Sustainable development. Sustainable measures. Bioclimatic zones.



## **AGRADECIMENTOS**

À Professora Doutora Eunice Vilarverde Fontão e ao Professor Mestre Simão Prizskulnik, meus orientadores, pelo direcionamento, conselhos e incentivo durante este trabalho.

À minha família pelo apoio proporcionado ao longo de todo o curso e por terem tornado tudo isto possível.

Aos meus amigos de turma por todo o companheirismo ao longo da faculdade.

A todos os professores do Instituto Superior de Engenharia do Porto e da Universidade Presbiteriana Mackenzie, que contribuíram para a minha formação acadêmica e pessoal.

A todos os funcionários do Instituto Superior de Engenharia do Porto e da Universidade Presbiteriana Mackenzie, por terem contribuído, garantindo o funcionamento das instituições.

Aos meus colegas e amigos, Helena Brandileone, Fernanda Pereira, Thiago Mendonça e Caio Trolez, pela experiência em comum e todo o incentivo ao longo desta dissertação.



# ÍNDICE DE TEXTO

<b>CAPÍTULO 1</b>	Introdução.....	1
1.1	Considerações Iniciais .....	1
1.2	Objetivos .....	3
1.2.1	Objetivo geral .....	3
1.2.2	Objetivos específicos.....	3
1.3	Justificativa.....	3
1.4	Metodologia .....	4
1.5	Estrutura do Trabalho .....	5
<b>CAPÍTULO 2</b>	Revisão da Literatura .....	7
2.1	Sustentabilidade.....	7
2.1.1	Histórico da sustentabilidade no mundo .....	7
2.1.2	Cenário atual brasileiro .....	10
2.1.3	Projeções de consumo e o setor da construção civil .....	18
2.1.4	Justificativa da necessidade de adoção de medidas sustentáveis .....	21
2.2	Sistemas de Avaliação da Sustentabilidade .....	22
2.2.1	Propósito da avaliação da sustentabilidade .....	22
2.2.2	Principais sistemas de avaliação da sustentabilidade .....	23
2.2.3	Particularidade das medidas sustentáveis de acordo com características geográficas locais.....	28
2.2.4	Diretrizes para a sustentabilidade.....	32
<b>CAPÍTULO 3</b>	Diretrizes para uma Construção Sustentável no Brasil.....	37
3.1	zonas bioclimáticas brasileiras .....	37
3.1.1	Condições geográficas brasileiras.....	37

## ÍNDICE DE TEXTO

3.1.2	Identificação das zonas bioclimáticas.....	38
3.1.3	Características de cada zona bioclimática .....	42
3.2	Medidas propostas.....	48
3.2.1	Medidas aplicáveis a todo território brasileiro .....	48
3.2.2	Medidas aplicáveis por zona bioclimática .....	61
<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>Considerações Finais .....</b>	<b>69</b>
4.1	Conclusões.....	69
4.2	Desenvolvimentos Futuros.....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

Gráfico 2.1 – Número de planetas Terra necessários para equilibrar o consumo mundial .....	19
Gráfico 2.2 – Quantidade de planetas Terra necessários se a população mundial tivesse os mesmos hábitos de consumo que determinados países .....	20
Gráfico 3.1 – Carta bioclimática .....	38
Gráfico 3.2 – Reta representando o dia médio do mês em análise.....	40
Mapa 3.1 – Zoneamento bioclimático brasileiro .....	41
Gráfico 3.3 – Normais climatológicas da zona bioclimática 01, com destaque para a cidade de Caxias do Sul, RS.....	42
Mapa 3.2 – Identificação da zona bioclimática 01 no território brasileiro .....	42
Gráfico 3.4 – Normais climatológicas da zona bioclimática 02, com destaque para a cidade de Ponta Grossa, PR .....	43
Mapa 3.3 – Identificação da zona bioclimática 02 no território brasileiro .....	43
Gráfico 3.5 – Normais climatológicas da zona bioclimática 03, com destaque para a cidade de Florianópolis, SC.....	44
Mapa 3.4 – Identificação da zona bioclimática 03 no território brasileiro .....	44
Gráfico 3.6 – Normais climatológicas da zona bioclimática 04, com destaque para a cidade de Brasília, DF .....	45
Mapa 3.5 – Identificação da zona bioclimática 04 no território brasileiro .....	45
Gráfico 3.7 – Normais climatológicas da zona bioclimática 05, com destaque para a cidade de Santos, SP .....	46
Mapa 3.6 – Identificação da zona bioclimática 05 no território brasileiro .....	46
Gráfico 3.8 – Normais climatológicas da zona bioclimática 06, com destaque para a cidade de Goiânia, GO .....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Mapa 3.7 – Identificação da zona bioclimática 06 no território brasileiro .....	47
Gráfico 3.9 – Normais climatológicas da zona bioclimática 07, com destaque para a cidade de Picos, PI	47
Mapa 3.8 – Identificação da zona bioclimática 07 no território brasileiro .....	47
Gráfico 3.10 – Normais climatológicas da zona bioclimática 08, com destaque para a cidade de Belém, PA .....	48
Mapa 3.9 – Identificação da zona bioclimática 08 no território brasileiro .....	48
Mapa 3.10 – Irradiação solar no Brasil.....	52
Mapa 3.11 – Irradiação solar em Portugal e na Espanha, em Wh/m <sup>2</sup> .....	53
Mapa 3.12 – Atlas pluviométrico do Brasil .....	57

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Emissão de gases de efeito estufa de origem antrópica.....	14
Tabela 2.2 – Áreas, parâmetros e ponderações dos sistemas de avaliação da sustentabilidade .....	28
Tabela 3.1 – Estratégia para cada zona bioclimática .....	39
Tabela 3.2 – Critérios para classificação climática .....	41
Tabela 3.3 – Valores de referência para a transmitância térmica, o atraso térmico e o fator solar de paredes e coberturas .....	63
Tabela 3.4 – Recomendações de Transmitância Térmica para cada zona climática .....	65



## GLOSSÁRIO

*Building Environmental Performance Assessment Criteria (BEPAC):* Critérios de avaliação de desempenho ambiental de construção

*Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM):* Método de avaliação ambiental do estabelecimento de pesquisa de construção

*Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency (CASBEE):* Sistema de avaliação abrangente para a construção de eficiência ambiental

*Deutsches Nachhaltiges Bauamt (DGNB):* Escritório Alemão de Construção Sustentável

*Haute Qualité Environnementale des Bâtiments (HQE):* Alta qualidade ambiental dos edifícios

*Light Emitting Diode (LED):* Diodo emissor de luz

*Leadership in Energy and Environmental Design (LEED):* Liderança em Energia e Design Ambiental

*National Australian Built Environment Rating System (NABERS):* Sistema nacional Australiano de avaliação do ambiente construído

*Near Zero Energy Buildings:* Edifícios de Energia Quase Zero

*Perfil de Calidad (PdC):* Perfil de qualidade

*Sustainable Building Tool (SBTool):* Ferramenta de Construção Sustentável



## ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
BEPAC	<i>Building Environmental Performance Assessment Criteria</i>
BREEAM	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i>
°C	Graus Celsius
CASBEE	<i>Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency</i>
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CH <sub>4</sub>	Gás Metano
CMDA	Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
CO	Monóxido de carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
DGNB	<i>Deutsches Nachhaltiges Bauamt</i>
g	Gramas
GEE	Gases de Efeito Estufa
GJ	Gigajoule
h	Hora
HC	Hidrocarbonetos
HQE	<i>Haute Qualité Environnementale des Bâtiments</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

## ABREVIATURAS

IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
K	Kelvin
km	Quilômetro
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
m	Metro
mm	Milímetro
NABERS	<i>National Australian Built Environment Rating System</i>
NBR	Norma Brasileira Registrada
NO <sub>x</sub>	Óxidos de nitrogênio
nZEB	<i>Near Zero Energy Buildings</i>
N <sub>2</sub> O	Óxido Nitroso
PdC	<i>Perfil de Calidad</i>
PET	Polietileno Tereftalato
PIB	Produto Interno Bruto
PNMC	Política Nacional sobre Mudança do Clima
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
SBTool	<i>Sustainable Building Tool</i>
SEMA	Secretaria de Estado de Meio Ambiente
SO <sub>x</sub>	Óxidos de enxofre
SUDEPE	Superintendência de Desenvolvimento da Pesca
SUDHEVEA	Superintendência da Borracha
TJ	Terajoule
UNCSD	Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável
W	Watt

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Até o momento atual, o desenvolvimento dos países e a evolução econômica sempre estiveram associados à degradação ambiental. O progresso sempre foi garantido a altos custos: o consumo indiscriminado de matérias-primas e incessante produção de resíduos. A situação atual dos países considerados mais desenvolvidos de escassez de recursos naturais, importação de produtos primários e exportação de produtos com níveis mais elevados de tecnologia, confirma esta afirmação (SILVA, 2011, não paginado).

Outro exemplo foi o desenvolvimento de estradas de ferro, que apresentavam elevada capacidade de carga, atingiam velocidades relativamente altas e eram milhares de vezes mais eficientes que todas as outras formas de transporte existentes na época. Elas representaram grandes impactos na natureza, devido a extração desenfreada de madeira, dizimação de florestas e contração da biodiversidade.

Seu sucessor, o automóvel, é capaz de atingir altas velocidades em condições seguras, apresentar maior flexibilidade em relação ao uso, apresentar eficiente capacidade de carga e ser menos exigente em relação ao traçado das vias. Ele utiliza, na maioria dos casos, combustíveis fósseis como fonte de energia. Estes resultam em altos índices de poluição da atmosfera.

Também é importante ressaltar que os danos ambientais atrelados à utilização de madeira como fonte de combustível são menos graves se comparados a combustíveis fósseis. Isso se dá pois, até que as árvores atinjam idade de corte, elas contribuem com a purificação do ar, transformando o gás carbônico em oxigênio.

Em teoria, a humanidade conseguiria viver indefinidamente desde que seu consumo de matérias-primas não ultrapasse a capacidade que o planeta Terra possui de reposição dos recursos utilizados ou ultrapasse por um tempo menor que o necessário para esgotar as reservas mundiais, seguido por

## CAPÍTULO 1

um período suficientemente longo de consumo menor que a recuperação, para que o planeta regenere as áreas degradadas e os ambientes danificados.

Uma situação alarmante para as gerações futuras e para o ser humano como espécie, é que a humanidade já ultrapassou a capacidade regenerativa do planeta na década de 1980, passando a consumir mais do que a natureza consegue produzir e passando a sobreviver de forma instável, conseqüentemente (*Global Footprint Network, 2016*).

Este fato isoladamente já deveria ser preocupante o suficiente para que ocorra uma drástica mudança. Esta tenderia a acontecer através de campanhas de conscientização popular, incentivos fiscais que priorizassem produtos e processos menos degradantes implantados pelo governo, exigências cada vez maiores por parte da legislação vigente garantido redução do consumo de recursos e da produção de resíduos e poluentes.

As conseqüências de se ter ultrapassado a capacidade regenerativa do planeta, no entanto, são ainda mais graves. Até a situação crítica e iminência de uma catástrofe mundial, seríamos prejudicados com a perda da fauna, da flora e redução da biodiversidade (SEBASTIANELLI, 2016, p. 19), com inúmeros problemas de saúde e piora da qualidade de vida relacionados a elevada poluição (GALLO *et al*, 2012 *apud* PIGA; MANSANO, 2015, p. 187), com áreas cada vez maiores destinadas ao acúmulo de resíduos, com variações climáticas e maior incidência de catástrofes naturais (SEBASTIANELLI, 2016, p. 19), com índices cada vez maiores de pobreza e fome, entre outros problemas.

Todas estas implicações enfatizam a necessidade de mudança nos comportamentos da humanidade e na forma de vida das pessoas e o interesse comum de que ela ocorra o mais rápido possível. Prorrogar a modificação dos hábitos atuais apenas resultará em um número mais elevado de danos ao planeta Terra e, conseqüentemente, todos os seres vivos que residem nele.

Com a intenção de que esta alteração nos hábitos de consumo ocorra de maneira eficiente e veloz, é de comum interesse que a mesma se inicie pelos setores que causam mais impacto no meio ambiente, que consomem mais matéria-prima e que produzem mais resíduos (PIGA; MANSANO, 2015, p. 186).

Sendo a construção civil indicada como um destes setores, é primordial que ela seja alvo de modificações. "Para regularizar esse cenário, é fundamental que medidas mais sustentáveis sejam agregadas às atividades do ramo, mesmo sendo um grande desafio introduzir um caráter ecológico nas técnicas e materiais envolvidos." (RIBEIRO; ABRAHÃO; SOLAK, 2017, p. 11).

Apesar da humanidade se encontrar em um estágio em que já existem medidas e materiais sustentáveis para serem utilizados na construção civil e em que há cada vez um número maior de

pesquisas e inovações tecnológicas que podem ser usadas para erradicar os problemas enfrentados hoje, a construção comum no Brasil ainda não pode ser considerada sustentável. Esta afirmação se baseia no baixo número de soluções sustentáveis implantadas nos projetos e nas construções corriqueiras, e na dificuldade de aplicação destas medidas devido aos impasses enfrentados na busca de informações que relacionem cada solução com as características climáticas de cada região, garantindo sua eficiência.

Pensando no exposto acima, este trabalho apresenta um estudo sobre as principais medidas sustentáveis e as características climáticas em que cada uma delas deve ser aplicada. Seu objetivo é difundir o conhecimento sobre as possíveis soluções passivas e ativas que podem ser adotadas com o intuito de tornar as construções menos agressivas ao meio ambiente, garantir maior conforto no interior das edificações, melhorar as relações pessoais e economizar financeiramente com as medidas adotadas. Procura-se expor, através de um conjunto de diretrizes, quais medidas devem ser adotadas em cada região brasileira para tornar uma construção mais sustentável.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Determinar diretrizes construtivas que contribuam para tornar uma construção localizada no território brasileiro mais sustentável.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

Analisar aspectos que intervêm na sustentabilidade brasileira, expor os principais sistemas de avaliação da sustentabilidade existentes, determinar as diretrizes em comum incentivadas por estes sistemas, analisar as características de cada uma das zonas bioclimáticas brasileiras, a fim de determinar quais medidas sustentáveis devem ser aplicadas em cada região para garantir a maior eficiência possível das mesmas, bem como determinar quais medidas sustentáveis podem ser aplicadas em todo o território brasileiro, contribuindo para uma construção menos agressiva ao meio ambiente, independentemente da região em que ela se localize.

## **1.3 JUSTIFICATIVA**

Considerando os altos índices atuais de consumo de recursos naturais, de produção de resíduos sólidos, de emissão de gases poluentes e de degradação da biodiversidade, a capacidade

## *CAPÍTULO 1*

regenerativa do planeta Terra já foi ultrapassada, tornando a atual forma de vida insustentável. Tão alarmante quanto este fato, é o ininterrupto crescimento do número de habitantes, do consumo de matérias-primas e da degradação ambiental.

Sendo o setor da construção civil um dos principais responsáveis pelo consumo de recursos naturais, produção de resíduos sólidos e emissão de gases poluentes, é primordial que este sofra intensas mudanças para que seja possível alterar o cenário presente. Medidas sustentáveis apresentam elevada eficiência para aprimorar as condições expostas, fazendo uso de materiais menos prejudiciais ao meio ambiente, aumentando o conforto dos usuários no interior do edifício, garantindo um ambiente saudável aos utentes, reduzindo o consumo hídrico e energético, bem como os gastos durante as fases de manutenção e operação da construção.

A fim de implantar medidas que sejam eficientes à realidade local, torna-se necessário um estudo das características climáticas regionais, como a variação da temperatura entre as diferentes estações do ano, a amplitude térmica diária, a umidade relativa do ar, o sentido e a intensidade dos ventos predominantes, a incidência solar, os índices pluviométricos, entre outras.

Considerando a necessidade de agilidade na mudança dos hábitos humanos e a grande capacidade de interferência do setor da construção civil, ambas expostas acima, este trabalho abrange um levantamento de medidas sustentáveis e em que situações climáticas cada uma delas deve ser aplicada. Propõe-se um conjunto de diretrizes que tem como principal objetivo a apresentação de soluções a serem adotadas para tornar uma construção mais sustentável em qualquer local do território brasileiro. Para isso serão propostas soluções nacionais e regionais.

### **1.4 METODOLOGIA**

O trabalho foi baseado e desenvolvido através de consultas bibliográficas.

Na revisão da literatura são consultadas diversas dissertações de cunho acadêmico e científico, programas de avaliação da sustentabilidade e normas técnicas, de maneira a contextualizar o cenário atual sobre sustentabilidade da maneira mais precisa possível, exibir os principais programas utilizados atualmente para realizar a avaliação da sustentabilidade e suas particularidades, e caracterizar as condições climáticas de cada uma das zonas bioclimáticas brasileiras.

Para cada zona bioclimática caracterizada, são expostas as medidas recomendadas em cada situação, formando um conjunto de diretrizes que tem como foco tornar as construções mais sustentáveis, melhorando o conforto e a qualidade de vida dos moradores, contribuindo para conservação do

meio ambiente e reduzindo diversos tipos de gastos atrelados à manutenção e operação do empreendimento.

## **1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO**

O presente trabalho é estruturado em quatro capítulos, divididos da seguinte maneira:

O capítulo 1 contempla a introdução e caracterização do tema, o objetivo geral e os objetivos específicos, a justificativa e a metodologia.

O capítulo 2 abrange um breve histórico sobre a sustentabilidade, dados referentes ao consumo atual brasileiro, projeções de consumo, dados referentes ao setor de construção civil, uma apresentação dos principais sistemas de avaliação da sustentabilidade e da maneira como eles funcionam, seus diferenciais, suas características e as diretrizes gerais que estes seguem.

O capítulo 3 inclui a separação do território brasileiro baseado nas zonas bioclimáticas, suas principais características e a proposição de medidas sustentáveis que podem ser aplicadas em cada uma destas regiões, bem como medidas que podem ser aplicadas em todo o território brasileiro, independentemente da zona bioclimática em que a construção se encontra.

O capítulo 4 apresenta as considerações finais do presente trabalho e sugestões para estudos futuros sobre o tema abordado.



## CAPÍTULO 2

### REVISÃO DA LITERATURA

Apresentam-se neste capítulo o tema da sustentabilidade e os sistemas de avaliação da sustentabilidade.

#### 2.1 SUSTENTABILIDADE

Histórico da sustentabilidade no mundo, cenário atual brasileiro e projeções de consumo e o setor da construção civil são apresentados a seguir.

##### 2.1.1 Histórico da sustentabilidade no mundo

Problemas ambientais passam a ganhar destaque em diferentes países no começo da década de 1960, através de publicações literárias e acadêmicas de artistas e estudiosos.

Em Roma, Itália, em 1968, pesquisadores de diversas nacionalidades e de distintas áreas profissionais como Engenharia, Geografia, Economia, Sociologia e Demografia se reuniram para debater a situação ambiental da época e a futura situação da humanidade (PIGA; MANSANO, 2015, p. 179). Formou-se, então, um grupo de pesquisadores conhecido como "Clube de Roma", que tinha como objetivo "promover o entendimento dos componentes variados, mas interdependentes - econômicos, políticos, naturais e sociais - que formam o sistema global em que vivemos" (WATTS, 1972, p. 10 *apud* PIGA; MANSANO, 2015, p. 179).

Vale ressaltar que, neste período, a preocupação ambiental partia de renomados profissionais, que possuíam elevado conhecimento científico, alto poder econômico e maior acesso às tecnologias disponíveis. Seus estudos concluíram que o acelerado crescimento econômico da época era sustentado por grandes impactos ambientais e que, se não houvesse uma mudança, aquele modelo era instável (PIGA; MANSANO, 2015, p. 180).

## CAPÍTULO 2

Em Estocolmo, Suécia, em 1972, ocorreu a primeira grande conferência internacional voltada às questões ambientais. Esta pode ser considerada um marco mundial da sustentabilidade. Ela contou com a participação de representantes de 113 países e atribuiu uma maior legitimidade ao assunto (PIGA; MANSANO, 2015, p. 180).

Segundo Mather e Chapman (1995; MOTA, 2001 *apud* PIGA; MANSANO, 2015, p. 181), as principais razões que motivaram esta conferência foram as preocupações frente aos efeitos do processo de industrialização. Nela foram estabelecidas recomendações que serviriam como base para a criação de políticas públicas a serem adotadas pelos países participantes (MOTA, 2001 *apud* PIGA; MANSANO, 2015, p. 181).

Até a década de 1970, o Brasil não possuía uma política ambiental propriamente dita, apenas intervenções públicas por parte de diferentes áreas que visavam a proteção dos meios físico e biológico. De acordo com Acselrad (2001 *apud* PIGA; MANSANO, 2015, p. 181), a primeira política ambiental brasileira surgiu em 1973 com a criação da Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA).

Em 1989, houve a criação do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), responsável pela política de meio ambiente. Este foi formado através da junção da Superintendência de Desenvolvimento da Pesca (SUDEPE), Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), Superintendência da Borracha (SUDHEVEA) e da própria SEMA (PIGA; MANSANO, 2015, p. 181).

Após a Conferência de Estocolmo, foram criados programas com o objetivo de monitorar as variadas formas de poluição, como o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e o *Earthwatch*, Programa Observação da Terra. Foi criada também a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMDA), que preparou um relatório em escala mundial sobre o meio ambiente (MATTOS; MATTOS, 2004 *apud* PIGA; MANSANO, 2015, p. 181).

O relatório desenvolvido, conhecido como Nosso Futuro Comum ou Relatório de Brundtland, define o conceito de desenvolvimento sustentável como "aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras para atenderem também as suas" (SILVA, 2011, não paginado), conceito este que é foco de debates e sofre alterações até os dias atuais.

No Rio de Janeiro, Brasil, em 1992, ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), também conhecida como Rio-92 ou Eco-92. Nela estavam presentes representantes de 178 países (PIGA; MANSANO, 2015, p. 182).

Nesta conferência foi criado o Fundo Global para o Meio Ambiente, do Banco Mundial (SILVA, 2011, não paginado). De igual importância, mas ainda mais difundido, foi elaborado um documento chamado Agenda 21 que apresenta ações concretas, sobre o meio ambiente e o desenvolvimento, que devem ser assumidas como compromisso pelos países. Trata-se de um plano de ação que estipula objetivos e metas voltadas ao desenvolvimento sustentável a serem alcançados (IPRI, 1993; MOTA, 2001 *apud* PIGA; MANSANO, 2015, p. 182).

Um fato interessante é que para as medidas propostas na Agenda 21 se concretizarem, é necessária a atuação tanto de entes públicos, como da sociedade no geral. Se devidamente aplicadas, elas resultariam em uma melhora na qualidade de vida, em uma redução de problemas sociais, como a pobreza e o subdesenvolvimento e em uma redução da degradação ambiental (PIGA, MANSANO, 2015, p. 182).

Além da Agenda 21, outros dois documentos importantes foram elaborados durante a Rio-92: a Declaração sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, que contém princípios a fim de conduzir a formulação de acordos internacionais e políticas públicas que incentivem o desenvolvimento global e a integridade do meio ambiente, e a Carta da Terra, que aborda assuntos voltados ao lado social, como a reprovação da corrupção, o incentivo à democracia, a busca pela igualdade de gênero e a proteção dos animais (BARBIERI, 2009 *apud* PIGA; MANSANO, 2015, p.182-183).

Em Joanesburgo, África do Sul, em 2002, ocorreu a Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, também conhecida como Rio + 10. Esta contou com a participação de representantes de 189 países (PIGA; MANSANO, 2015, p. 184).

Diante de um cenário de lento progresso frente às medidas propostas durante a última conferência e de agravamento da crise ambiental, o principal objetivo da reunião consistiu na elaboração de um plano de ação factível e na reiteração das metas estipuladas durante a Rio-92. Projetos independentes do governo federal, baseados principalmente na relação entre o governo local e a comunidade foram incentivados (SILVA, 2011, não paginado).

Segundo Piga e Mansano (2015) e Silva (2011), as principais medidas reforçadas foram a erradicação da pobreza, a difusão do saneamento básico, a melhora na saúde, o incentivo às energias renováveis, a promoção da responsabilidade corporativa, o combate à fome crônica, à desnutrição, aos conflitos armados, ao narcotráfico, à corrupção, ao terrorismo, às intolerâncias raciais, étnicas e religiosas.

No Rio de Janeiro, Brasil, em 2012, ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (UNCSD), também conhecida como Rio + 20. Nela estavam presentes representantes de 190 países (PIGA; MANSANO, 2015, p. 186).

## CAPÍTULO 2

O principal ponto da conferência foi a reafirmação do comprometimento político com o desenvolvimento sustentável. Desta vez, o termo utilizado foi economia verde, que é sustentado por atividades com baixos teores de emissão de carbono, pela utilização eficiente dos recursos naturais e por atividades que sejam socialmente inclusivas (PIGA; MANSANO, 2015, p. 186).

O relatório do PNUMA estima que a transição para uma economia verde seria possível com o investimento de 2% do Produto Interno Bruto (PIB) mundial em dez setores estratégicos, determinados por serem os principais consumidores de recursos naturais e poluidores do meio ambiente devido à elevada geração de resíduos. Estes setores são: construção civil, energia, pesca, silvicultura, indústria, turismo, transporte, resíduos e reciclagem, água e saneamento básico (PIGA; MANSANO, 2015, p. 186).

Estima-se que, se essa transição se concretizar, haverá uma redução de 33% das emissões de dióxido de carbono, controlando o aquecimento global e outros benefícios atrelados a uma melhora na saúde e no bem estar da população (GALLO *et al*, 2012 *apud* PIGA; MANSANO, 2015, p. 187).

Na conferência, defendeu-se que o desenvolvimento econômico deve ser atrelado à melhoria do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), reduzindo ou mantendo sua "pegada ecológica" (PIGA; MANSANO, 2015, p. 186), termo que será definido e explorado no decorrer deste trabalho.

Com este breve resumo sobre o histórico da sustentabilidade no mundo, fica claro como o assunto vem ganhando cada vez mais importância no cenário global. A participação de um número cada vez maior de países com representantes nas conferências, os assuntos abordados que são analisados de uma forma mais ampla e completa a cada encontro, e a divulgação sobre os temas debatidos e seus resultados comprovam a crescente dimensão das questões ambientais e sua relevância frente ao cenário local e global.

### **2.1.2 Cenário atual brasileiro**

A seguir são apresentados alguns dados do cenário atual brasileiro sobre aspectos relevantes para o desenvolvimento sustentável, como a poluição, índices de reaproveitamento de materiais, dados sobre o consumo energético e suas principais fontes, degradação da biodiversidade, reservas naturais finitas, qualidade digna para moradia das construções e formas de conscientização da população sobre a relevância do tema e divulgação de soluções sustentáveis.

#### **2.1.2.1 Resíduos sólidos**

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016), principal fonte de dados estatísticos e informações sobre o Brasil, em 2008, com uma população aproximada de 191 milhões de habitantes,

a quantidade de resíduos sólidos média coletada diariamente no Brasil foi de 259.548,8 toneladas, sendo que, deste total, estima-se que 87.089,4 toneladas, ou 33,55%, apresentaram uma destinação final inadequada. Apenas 172.459,4 toneladas, ou 66,45%, receberam uma destinação final adequada.

O banco de dados do IBGE mostra que, em 1989, quando a população brasileira circulava em torno de 147 milhões de habitantes, eram produzidos 96.287 toneladas de resíduos sólidos por dia, sendo que 71,18% apresentavam destinação inadequada. Em 2000, com a população aproximada de 173 milhões de habitantes, eram produzidos 157.708,1 toneladas de resíduos sólidos por dia, dos quais 53,42% apresentavam uma destinação inadequada.

Apesar de observar-se uma melhora na porcentagem da destinação final adequada para os resíduos sólidos, a quantidade de lixo produzida ainda é consideravelmente alta, bem como a quantidade que ainda possui uma destinação inadequada. Deve-se tanto reduzir a quantidade dos resíduos produzidos, como designar os mesmos para locais adequados, visando extrair o mínimo possível de matéria-prima do meio ambiente e minimizar os danos relativos aos aterros sanitários. Outras soluções pouco utilizadas atualmente no Brasil, como a separação da matéria orgânica para compostagem e a incineração do lixo, devem ser estudadas, analisando sua viabilidade, pela fato de serem estratégias adotadas em outros países que se mostram promissoras.

A hierarquia da gestão de resíduos sugere que a ordem de ações que deve ser adotada é, em primeiro lugar, evitar a produção de resíduos sempre que possível, em segundo lugar, com a quantidade restante dos resíduos, reduzir ao máximo sua produção, em terceiro lugar, reciclar todo tipo de resíduo possível com os métodos existentes, em quarto lugar reutilizar os resíduos para finalidades diferentes das que eles foram criados inicialmente, em quinto lugar, tratar os resíduos antes de descartá-los, visando reduzir os impactos para o meio ambiente e, por último, apenas depois de passar por todas as etapas anteriores, aterrar o restante de resíduos.

### **2.1.2.2 Reciclagem**

Uma alternativa que deve ser incentivada por contribuir com a conservação das reservas ambientais, com a redução dos custos de produção de materiais e com a redução dos resíduos sólidos gerados é a reciclagem. Segundo os últimos registros do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016), a porcentagem de embalagens longa vida recicladas anualmente em relação ao total produzido é de 30,3% (dado de 2013), de latas de alumínio é de 97,9% (dado de 2012), de papel é de 45,7% (dado de 2012), de embalagens de Polietileno Tereftalato (PET) é de 58,9% (dado de 2012), de latas de aço é de 47,0% e de vidro é 47,0% (dado de 2011). Apesar da porcentagem de reciclagem de alguns

materiais ser muito elevada, ainda há muito espaço para o aprimoramento na reciclagem como um todo.

### **2.1.2.3 Consumo energético**

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016), em 2014, com uma população aproximada de 203 milhões de habitantes, o consumo energético brasileiro anual foi de 11.131.725.680 GJ, correspondentes a 265.864 mil toneladas equivalentes de petróleo ou 54,9 GJ per capita. Este valor desconsidera todo tipo de perda energética durante a transmissão.

Desde 1992, primeiro ano que possui medições no banco de dados do IBGE, foram poucas as vezes que não houve um aumento no consumo de energia per capita, estando estes atrelados à crise energética brasileira, em que houve insuficiência na produção energética e frequentes irregularidades em seu fornecimento, conhecidos como apagões.

Para suprir a crescente demanda de energia elétrica é necessário a construção de novas usinas para sua produção e expansão da rede de transmissão, conectando as novas usinas às linhas de transmissão existentes ou criando novas redes. Estas construções são responsáveis por elevados gastos públicos e por danos ambientais com elevada emissão de gases de efeito estufa, independentemente da fonte energética utilizada.

O aumento do consumo de energia elétrica per capita ocorre pela busca de melhores condições de conforto, que poderiam ser parcialmente alcançadas através da adoção de medidas passivas que visem o aproveitamento das condições climáticas locais. Além do aumento do consumo energético per capita, depara-se com um aumento da população brasileira, o que resulta cada vez mais em maiores necessidades e consumos energéticos. É importante a redução do consumo energético geral e per capita, bem como uma análise da matriz das fontes energéticas brasileiras.

### **2.1.2.4 Fontes energéticas**

Segundo os dados mais atuais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016), em 2014, a produção de energia, considerando todas as perdas do processo, foi de aproximadamente 12.795.000 Terajoules. Deste total, a oferta energética provinha de diversas fontes, a saber: do petróleo e derivados, responsáveis por aproximadamente 5.040.000 TJ; do gás natural, responsável por aproximadamente 1.730.000 TJ; do carvão mineral e derivados, responsáveis por aproximadamente 735.000 TJ; do urânio e derivados, responsáveis por aproximadamente 170.000 TJ; de outras fontes primárias não-renováveis, responsáveis por aproximadamente 76.000 TJ; da energia hidráulica, responsável por aproximadamente 1.465.000 TJ; da lenha e do carvão vegetal,

responsáveis por aproximadamente 1.035.000 TJ; de derivados da cana-de-açúcar, responsável por aproximadamente 2.015.000 TJ e proveniente de outras fontes primárias renováveis, responsáveis por aproximadamente 530.000 TJ.

Pode-se notar que, do total de energia produzida, aproximadamente 7.750.000 TJ, ou 60,6%, foram provenientes de fontes consideradas não-renováveis e apenas os 5.045.000 TJ restantes, ou 39,4%, foram produzidos através de fontes consideradas renováveis. Apesar de contabilizado como energia renovável, o IBGE ressalta que nem toda produção de lenha e de carvão mineral destinados à geração de energia se deu de modo sustentável, tornando impossível uma separação de uma forma mais condizente com a realidade. Também deve-se atentar que, apesar do Brasil apresentar um alto potencial para a produção da energia hidráulica, devido à alta incidência de rios de planalto em seu território, há aqueles que defendem que esta fonte energética não pode ser considerada completamente limpa e renovável. Isto pelo fato de que, visando obter uma reserva hídrica através de barragens, para que seja possível regularizar os níveis de água entre os diferentes períodos do ano, inundam-se vastas áreas, ocasionando alagamentos, deslocamento de comunidades ribeirinhas, impactos sócio-econômicos aos moradores da região e a todos com que esta região interage e comprometendo parte da fauna e da flora da região (SEBASTIANELLI, 2016, p. 31). Outros problemas gerados devido ao avanço da energia hidráulica são o desmatamento e as queimadas, que ocorrem com o intuito de liberação de uma área destinada a uma usina, prejudicam a qualidade do ar e intensificam o efeito estufa (ANEEL, 2008 *apud* SEBASTIANELLI, 2016, p. 31).

#### **2.1.2.5 Emissão de gases de efeito estufa**

O efeito estufa é o nome dado ao fenômeno em que gases presentes na atmosfera retêm a radiação infravermelha refletida na superfície terrestre, evitando que a mesma volte para o espaço. Esta radiação tem um papel importante no aquecimento do planeta e na redução da amplitude térmica diária. Este é um fenômeno natural e necessário para a sobrevivência na Terra.

No entanto, certas atividades antrópicas intensificam este processo, representando um risco ao meio ambiente. Muitas das atividades humanas resultam na produção de gases como o Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), o Metano (CH<sub>4</sub>), o Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O), entre outros, que são chamados de Gases de Efeito Estufa (GEE) por se acumularem na atmosfera e amplificarem o fenômeno citado, fazendo com que a temperatura da Terra sofra alterações e atinja níveis maiores gradualmente.

Dentre as principais consequências pode-se apontar a elevação da temperatura mundial, o degelo de uma parcela do Ártico, da Antártida, da Groelândia e de muitas cordilheiras, a elevação do nível dos oceanos, resultando na submersão de áreas litorâneas, a desertificação de algumas regiões, a

## CAPÍTULO 2

alteração no regime pluviométrico e a extinção de espécies mais sensíveis da fauna e da flora (SEBASTIANELLI, 2016, p. 19).

Sabendo os riscos presentes na emissão de demasiados GEE, é de comum interesse reduzir suas emissões e procurar procedimentos alternativos que sejam menos prejudiciais ao meio ambiente para as diversas atividades humanas.

Segundo os dados fornecidos pelo IBGE (2016), em 2012 a produção dos principais gases que contribuem para o efeito estufa são apresentados a seguir, na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Emissão de gases de efeito estufa de origem antrópica

Setores de emissão de gases	Emissão de gases (milhares de toneladas)		
	CO <sub>2</sub> - Dióxido de Carbono	CH <sub>4</sub> - Metano	N <sub>2</sub> O - Óxido nitroso
Mudanças no uso da terra e florestas	143.240.000,0	755,6	5,2
Produção de energia	431.485,0	473,5	15,2
Processos industriais	77.406,0	11,2	0,8
Tratamento de resíduos	140,6	2.142,7	15,0
Agropecuária	0,0	13.270,2	541,2

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016).

Vale ressaltar também que cada um dos gases afeta o efeito estufa com intensidades diferentes, sendo o CO<sub>2</sub> o gás com menor poder agravante, seguido pelo CH<sub>4</sub> e depois pelo N<sub>2</sub>O.

Com o intuito de firmar o compromisso com a diminuição de emissões de GEE, além do comprometimento firmado através do Protocolo de Quioto, que foi criado em 1997 e entrou em vigor em 2005, a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) institui a lei nº 12.187, de 2009, que promove ações que visam "[...] reduzir entre 36,1% e 38,9% suas emissões projetadas até 2020." (BRASIL, 2009, não paginado).

É importante cumprir as metas estipuladas nestes compromissos e protocolos e exigir emissões cada vez menores de GEE até se chegar em um patamar em que o aquecimento global esteja contido. Para isso, é essencial a atuação conjunta dos órgãos públicos e da sociedade, que devem buscar incentivos aos processos e às atividades com emissões reduzidas e atualização de costumes e hábitos prejudiciais ao meio ambiente, como por exemplo a utilização indiscriminada de veículos automotores que funcionam com combustíveis fósseis, utilização do transporte individual em detrimento do coletivo e a destinação inadequada de resíduos.

### **2.1.2.6 Desmatamento**

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, a Floresta Amazônica é o maior bioma de todo o Brasil, com uma área de 4.196,943 milhões de km<sup>2</sup> (IBGE, 2004 *apud* MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017), cerca de 2.500 espécies de árvores e 30.000 espécies de plantas. Estima-se que ela seja a maior reserva de madeira tropical de todo o planeta, além de possuir grandes reservas de borracha, castanha, peixes e minérios. Apesar de toda a dimensão deste bioma, no entanto, ele é extremamente frágil, pelo fato de sobreviver a partir de seu próprio material orgânico e de qualquer interferência afetar seu equilíbrio.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016), até 2014, o desflorestamento bruto acumulado da Floresta Amazônica alcançou 770.464 km<sup>2</sup>, o equivalente a 15,14% de sua área total.

Um caso ainda mais preocupante é o da Mata Atlântica, que é considerada uma das regiões mais ricas do mundo em questão de biodiversidade. Ela abriga diferentes ecossistemas, como florestas, restingas, campos naturais, manguezais, entre outros. Estima-se que nela existam aproximadamente 20.000 espécies vegetais, mais do que as 17.000 espécies presentes na América do Norte e as 12.500 espécies presentes na Europa (CAMPANILI; SCHÄFFER, 2010, p. 72). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016), em 2014, dos 1.309.736 km<sup>2</sup> originais, restavam apenas 196.761 km<sup>2</sup>, o que corresponde a apenas 15,0% de sua área total.

Em ambos os casos citados acima, uma parcela da flora brasileira está em risco e, como os ecossistemas funcionam por milhares de interações, não se sabe ao certo qual seria o tamanho do impacto ambiental causado pela extinção de alguma espécie vegetal, animal ou pela descaracterização de algum bioma. Por este motivo, é de extrema importância tentar manter as características originais dos exemplos citados acima, assim como dos outros biomas brasileiros.

### **2.1.2.7 Espécies ameaçadas de extinção**

Assim como a flora, a fauna também participa das relações que garantem a sobrevivência dos diferentes ecossistemas. O prejuízo da extinção de uma espécie animal é incalculável e inestimável. Deve-se, portanto, fazer todo o possível para preservar toda biodiversidade da fauna brasileira.

O banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016) mostra que, em 2014, data da última atualização deste valor, existiam 2.113 espécies da flora ameaçadas de extinção no Brasil. O valor relacionado à fauna indica que, em 2008, em sua última atualização, existiam 657 espécies ameaçadas de extinção.

### **2.1.2.8 Petróleo e gás natural**

O petróleo é considerado um elemento finito e não renovável, pelo fato de suas reservas demorarem milhões de anos para se formar. Atualmente, ele é utilizado principalmente na produção de combustíveis para veículos automotores. Este uso resulta em uma elevada poluição atmosférica que agride o meio ambiente e compromete a saúde da população. Além disso, o petróleo possui alto risco de contaminação e, se entrar em contato com o meio ambiente, ele provoca graves danos, seja em mares e oceanos ou no solo.

Estima-se que, na região metropolitana de São Paulo, os veículos automotores produzem uma poluição atmosférica maior que qualquer outra atividade. Eles são responsáveis por 83,2% da produção de monóxido de carbono (CO), 81,4% de hidrocarbonetos (HC), 96,3% de óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e 53% de óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>) (CETESB, 2004 *apud* DRUMM *et al.*, 2014, p. 67).

Em 2014, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016), as reservas brasileiras comprovadas de petróleo eram de 16.184 milhões de barris e seu consumo anual foi de 823 milhões de barris. Estimava-se, em 2014, que a vida útil das reservas brasileiras fosse de 20 anos. Deve-se buscar procedimentos e materiais com o objetivo de reduzir e até substituir a utilização do petróleo no maior número de atividades possível tanto pela elevada poluição resultante de seu uso, como pelo fato de suas reservas estarem se esgotando. A busca por fontes de energia renováveis promete menores danos ao meio ambiente e fornecimento ilimitado de energia, devendo sempre ser uma prioridade.

O gás natural, assim como o petróleo, é formado a partir da decomposição de materiais orgânicos. Ele é utilizado principalmente em indústrias, residências e veículos automotores e sua utilização é menos poluente do que a de combustíveis fósseis. Em 2014, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016), as reservas brasileiras comprovadas de gás natural eram de 471.095 mil metros cúbicos e seu consumo anual foi de 31.895 mil metros cúbicos. Estimava-se, em 2014, que a vida útil das reservas brasileiras de gás natural fosse de 15 anos. Mesmo sendo menos nocivo ao meio ambiente comparado a combustíveis fósseis, o gás natural apresenta reservas finitas e é de comum interesse que ele seja gradativamente substituído por fontes de energia renováveis.

### **2.1.2.9 Domicílios particulares adequados à moradia**

Um dos ideais defendidos pelo desenvolvimento sustentável é a qualidade de vida digna das pessoas. Para que este objetivo seja alcançado, é necessário cumprir uma série de requisitos em diferentes áreas, como condições adequadas de moradia e trabalho.

Para que um domicílio seja considerado adequado à moradia, entre outros critérios, é necessário que respeite uma taxa de até dois moradores por dormitório, que ele seja atendido pela rede geral de abastecimento de água e de esgoto ou possua uma fossa séptica e que esteja localizado em uma área abrangida pela coleta de lixo direta ou indireta.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016), em 2014, a quantidade de domicílios particulares permanentes era de aproximadamente 67 milhões. Destes, aproximadamente 58 milhões, ou 86,7%, respeitavam a taxa de até dois moradores por dormitório, cerca de 57 milhões, ou 85,4%, eram atendidos pela rede de abastecimento de água, em torno de 51,5 milhões, ou 76,8%, eram atendidos pela rede geral de esgoto ou possuíam fossa séptica e em torno de 60 milhões, ou 89,8%, eram localizados em uma área abrangida pela coleta de lixo direta ou indireta. Aproximadamente 41,5 milhões de domicílios, ou 62,1%, atendiam todos estes quesitos concomitantemente, sendo portanto, considerados adequados para moradia segundo os critérios do IBGE. A taxa de 37,9% dos domicílios ainda serem considerados inadequados para a moradia ainda é alta e deve ser reduzida por estar diretamente atrelada à qualidade de vida da população.

#### **2.1.2.10 Municípios com implementação da Agenda 21 local**

Como citado anteriormente, a Agenda 21 é um documento com medidas concretas a serem adotadas visando um desenvolvimento sustentável, uma melhora na qualidade de vida e uma redução dos problemas sociais e da degradação ambiental. Para que as medidas sejam concretizadas, é necessária a atuação conjunta de entes públicos e da sociedade em geral. A maneira mais eficiente de garantir uma comunicação eficaz entre estas duas partes, mantendo as medidas que devem ser adotadas atualizadas, bem como o progresso obtido, é através da realização de fóruns regularmente.

Em 2015, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016), enquanto a população brasileira era de aproximadamente 205 milhões de habitantes, o número de habitantes em municípios com fóruns da Agenda 21 local era de aproximadamente 87 milhões, ou 42,4% do total de habitantes. Deste número, o total de habitantes dos municípios com fóruns considerados ativos, ou seja, que tiveram ao menos uma reunião nos últimos 12 meses, era de cerca de apenas 26 milhões, ou 12,9%. Estes números mostram que, mesmo após décadas da criação da Agenda 21, sua atuação no Brasil ainda é pequena e inconstante.

### 2.1.3 Projeções de consumo e o setor da construção civil

Segundo os dados do IBGE, em 2016, a população brasileira era composta por aproximadamente 204,5 milhões habitantes. Suas projeções indicam que, em 2020, o Brasil terá uma população em torno de 212,1 milhões de habitantes, em 2030, de cerca de 223,1 milhões de habitantes e, em 2040, de aproximadamente 228,2 milhões de habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017).

Se o padrão de vida atual for mantido, sem a realização de mudanças nos processos industriais, atividades cotidianas, emissões de gases, consumo de bens materiais e consumo energético, com um aumento da população, haverá um incremento proporcional no consumo de matéria-prima, na produção de resíduos sólidos, na emissão de gases, entre outros fatores prejudiciais ao meio ambiente.

Um termo utilizado para avaliar a sustentabilidade de uma pessoa, cidade, país ou região é a "Pegada Ecológica", que compara a capacidade de renovação do planeta com a demanda por recursos naturais gerada pelo consumo de produtos, bens e serviços do ser humano. Esta mede a área que seria necessária, em hectares globais (hectares com produtividade bioclimática da média mundial territorial), para produzir os recursos e absorver os resíduos gerados por um indivíduo (PEGADA ECOLÓGICA, 2015).

Estudos apontam que a biocapacidade do planeta Terra, termo que representa a capacidade dos ecossistemas de recompor seus recursos biológicos e decompor os resíduos gerados pelo homem, corresponde a 1,8 hectare global por ser humano. Já na década de 1980, a humanidade ultrapassou este consumo, passando a viver de uma forma insustentável, com consumo de recursos maior que a capacidade regenerativa do planeta. Em 2007, seria necessário 1,5 planeta Terra para compensar o consumo humano (PEGADA ECOLÓGICA, 2015). Em 2016, seria necessário 1,6 planeta Terra para garantir o equilíbrio (*EARTH OVERSHOOT DAY*, 2016) e projeções indicam que, se não ocorrerem alterações na forma de vida do ser humano, em 2050 serão necessários quase 3 planetas Terra para sustentar consumo global (WWF, 2013). Atualmente, a pegada ecológica brasileira é de 3,1 hectares globais (*GLOBAL FOOTPRINT NETWORK*, 2016), correspondendo ao consumo de 1,8 planeta Terra (*EARTH OVERSHOOT DAY*, 2016).

Para melhor compreensão, o Gráfico 2.1 ilustra o número de planetas Terra que seriam necessários para equilibrar a capacidade regenerativa do mundo com os hábitos e projeções do consumo global. Este mostra os setores que mais utilizam a biocapacidade da natureza.

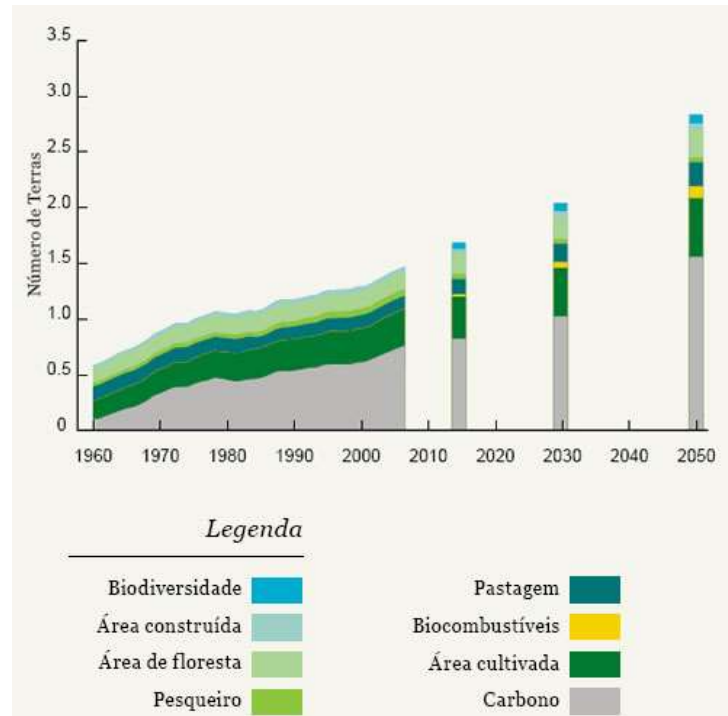


Gráfico 2.1 – Número de planetas Terra necessários para equilibrar o consumo mundial

Fonte: Global Footprint Network (2016).

Com o mesmo intuito, o Gráfico 2.2 ilustra qual seria a quantidade de planetas Terra necessários para atingir o equilíbrio caso a população mundial tivesse os mesmos hábitos de consumo que determinados países, bem como a quantidade de planetas Terra que seriam necessários atualmente, representados pela média do consumo mundial.

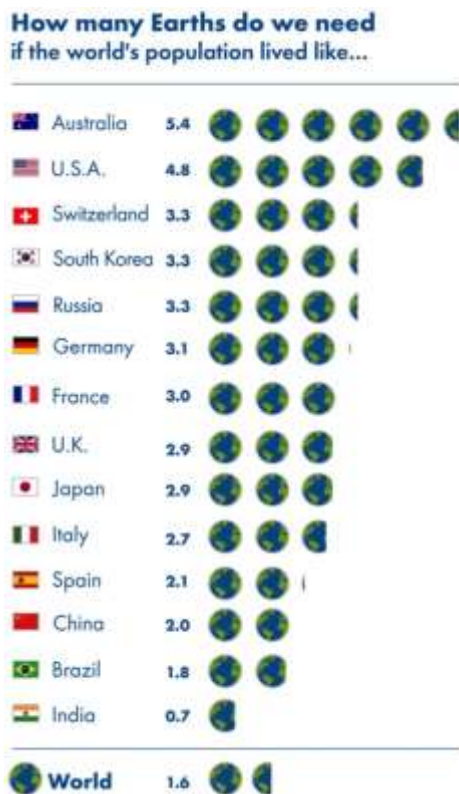


Gráfico 2.2 – Quantidade de planetas Terra necessários se a população mundial tivesse os mesmos hábitos de consumo que determinados países

Fonte: Earth Overshoot Day (2016).

Tão importante quanto os dados totais referentes ao consumo energético, de matéria-prima, de produção de resíduos e de emissão de gases, é a influência de cada setor nestes valores. Saber os principais contribuintes para um cenário negativo é o primeiro passo para propor uma solução eficiente, que permita obter bons resultados de maneira rápida, com o menor gasto possível e através de mudanças cabíveis.

Sabe-se que o setor da construção civil é um grande consumidor de matéria-prima, produtor de resíduos e de gases nocivos ao meio ambiente. O relatório do PNUMA comprova este cenário ao identificar este setor como um dos dez setores estratégicos para implementar mudanças e realizar a transição para a economia verde. Assim, propõe investimento de 2% do PIB mundial em dez setores específicos, visando atingir alteração necessária da forma mais econômica e eficiente possível (PIGA; MANSANO, 2015, p. 186).

O cenário brasileiro não é diferente do mundial, sendo a construção civil um passo importante para a transição para o desenvolvimento sustentável. O setor da construção civil é responsável por cerca de

20% do PIB brasileiro, tendo um importante papel socioeconômico (CÂMARA, 2010 *apud* KRAINER *et al.*, 2013, p. 118).

Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) (BRASIL, 2015), em 2014, o setor da construção civil abrangia cerca de 9 milhões de um total de aproximadamente 105,5 milhões de pessoas, ou 8,67%, da população ocupada, definida como pessoas em idade de trabalho que atuavam para um patrão, no próprio negócio ou sem remuneração para ajudar membros da família, apresentando assim grande índice de empregabilidade e atingindo uma grande parte do número de pessoas profissionalmente ativas no Brasil (BRASIL, 2015).

O setor da construção civil também é responsável por praticamente metade de todo o consumo de recursos naturais (FERNANDES; AMORIM, 2014, p. 79), 25% da geração de resíduos sólidos, 25% do consumo de água, entre 40% e 50% do consumo de energia, 33% da emissão de GEE e 35% das emissões de carbono (BENITE, 2011; ABREU, 2012 *apud* MOURA; MOTTA, 2013, p. 8).

Estima-se que o ser humano passa cerca de 80% de seu tempo no interior das construções, considerando moradia, trabalho, lazer e descanso (AMADO *et al.*, 2007 *apud* LUCAS; AMADO, 2011, p. 2). Isso atribui às construções elevado impacto no conforto dos indivíduos, interferindo diretamente na saúde e qualidade de vida do ser humano.

Todos estes valores e fatores combinados mostram a grande influência do setor da construção civil para questões sustentáveis. Atualmente, ele se mostra como um dos setores mais prejudiciais ao meio ambiente. Por este mesmo motivo, no entanto, é um dos setores em que há mais espaço para progresso, e que as medidas implementadas têm maior efeito benéfico para a situação sustentável mundial.

#### **2.1.4 Justificativa da necessidade de adoção de medidas sustentáveis**

Os dados referentes ao consumo de recursos naturais, produção de resíduos prejudiciais ao meio ambiente, destruição de habitats e espécies nativas, representados de uma forma unificada através da pegada ecológica mostram que existe a necessidade de mudança na forma como a sociedade pensa, age e consome.

Os riscos inerentes a continuar vivendo da maneira como se faz atualmente são expostos de maneira abreviada pelas mudanças climáticas, como o aquecimento global por exemplo, e todas as suas consequências negativas. A humanidade está exposta a um risco ainda maior pelo fato de ter ultrapassado a capacidade regenerativa que a natureza possui, sendo apenas uma questão de tempo para que falem recursos para a sobrevivência de cada vez mais pessoas.

Sendo necessária a mudança e agilidade na mesma, é importante que se inicie a implantação de medidas sustentáveis em áreas estratégicas que apresentam elevado impacto ambiental. Estes requisitos colocam a construção civil como uma das primeiras e principais áreas a receber medidas modificadoras.

## **2.2 SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE**

Abordam-se, a seguir, o propósito da avaliação da sustentabilidade, os principais sistemas de avaliação da sustentabilidade e as diretrizes para a sustentabilidade.

### **2.2.1 Propósito da avaliação da sustentabilidade**

Atrelada à necessidade da adoção de medidas sustentáveis, caminha a necessidade de avaliar os impactos positivos e negativos de cada medida. A avaliação é necessária para garantir que o resultado obtido com alguma mudança realmente afete a situação da maneira esperada, tornando possível analisar se adotar aquela medida corresponde a uma evolução ou a um retrocesso. Assim como em qualquer outra ciência, para convergir para a sustentabilidade, são necessários instrumentos de medição para conferir se se caminha no sentido e na direção correta, bem como para avaliar a velocidade com que se caminha, tornando possível realizar alterações no percurso, caso a realidade não condiz com o resultado esperado.

É apenas analisando criteriosamente a situação anterior e posterior à implantação de cada medida e tudo que está atrelado a ela, diretamente ou indiretamente, que se torna possível realizar comparações entre cada uma. Estas comparações devem ser as mais completas possíveis, contendo dados referentes às condições climáticas da região, às condições específicas da construção, à finalidade da construção, aos custos para implantação e manutenção, aos resultados obtidos, entre outros. Através destas comparações, deve ser possível escolher as medidas que serão aplicadas, considerando todas as exigências e consequências do processo, para uma situação semelhante à analisada, bem como mensurar os benefícios de cada medida.

No âmbito desta análise, são utilizadas ferramentas de avaliação da sustentabilidade, geralmente atreladas a algum tipo de certificação de desempenho sustentável com diversas categorias a serem atingidas, dependendo da eficiência de cada medida adotada e do número total de medidas implementadas no edifício. Estes sistemas geralmente contêm uma lista de parâmetros com as soluções cabíveis e diferentes níveis de adequação, com limites pré-estabelecidos para cada parâmetro analisado, que serão comparados com a solução adotada. Através deste sistema, atribui-se uma nota para cada parâmetro e a nota global da construção corresponde a uma média

ponderada das notas parciais. A adoção de um número superior de medidas sustentáveis, bem como a adoção de medidas mais eficientes, irá garantir uma melhor nota de desempenho ao edifício, uma certificação mais privilegiada e uma construção mais sustentável.

Vale ressaltar que a adoção destas medidas não está atrelada apenas à redução dos impactos ambientais, mas também à melhora na qualidade de vida dos usuários, pelo fato delas influenciarem diretamente no conforto dos mesmos, e à redução dos gastos referentes à utilização e à manutenção do edifício quando comparado com um edifício não sustentável, pelo fato da construção tirar proveito das características climáticas da região em que está inserida, dos materiais utilizados e de equipamentos eficientes para reduzir o consumo energético e hídrico necessário para atingir um mesmo grau de conforto.

## **2.2.2 Principais sistemas de avaliação da sustentabilidade**

A seguir são apresentados alguns dos principais sistemas de avaliação da sustentabilidade, dando ênfase às suas principais características e seus diferenciais, incluindo o LEED, SBTool, LiderA, BREEAM, HQE, BEPAC, CASBEE, NABERS, PdC e DGNB:

### **2.2.2.1 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)**

Atualmente o LEED é o sistema de avaliação da sustentabilidade mais utilizado no mundo, estando presente em 41 países (LUCAS; AMADO, 2011) e com cerca de 172 mil metros quadrados de construção sendo certificados diariamente (*GREEN BUILDING COUNCIL, 2017*). O sistema foi desenvolvido nos Estados Unidos da América e é conhecido por ser aplicável em todas as fases do desenvolvimento de um edifício, compreendendo a fase de construção ou de grandes reformas, a fase de projeto de interiores, a fase de operação e pequenas reformas e a fase da escolha do terreno, para qualquer tipo de utilização, abrangendo edifícios habitacionais, comerciais, escolas, hospitais, galpões, centros de distribuição, hotéis, entre outros (*GREEN BUILDING COUNCIL, 2017*).

A ferramenta funciona através da atribuição de pontos pelas medidas sustentáveis contempladas pela construção e de um nível avaliativo, que pode ser certificado (destinado a edifícios que atingem entre 40 e 49 pontos), prata (entre 50 e 59 pontos), ouro (entre 60 e 79 pontos) ou platina (80 pontos ou mais), dependendo da pontuação total do empreendimento, no final do processo. Os edifícios certificados garantem menor consumo de água, energia, menor emissão de GEE e, como consequência, economia nos gastos durante a fase de utilização (*GREEN BUILDING COUNCIL, 2017*).

### 2.2.2.2 SBTool (Sustainable Building Tool)

O SBTool consiste em uma ferramenta de avaliação e certificação do desempenho de empreendimentos em matéria de sustentabilidade. Para isso, os parâmetros avaliados consistem em medidas de arquitetura bioclimática e de engenharia e são pautados nas três dimensões do desenvolvimento sustentável: ambiental, social e econômica (ECOCHOICE, 2017). A ferramenta apresenta também diferentes módulos para cada tipo de edifício (habitações, serviços, indústrias, etc.) e adaptações nacionais, fator necessário para levar em conta as necessidades de cada tipo de edifício, clima e região, e permitir a comparação de edifícios entre diferentes países.

O método funciona avaliando as características da solução utilizada no empreendimento em comparação com as características definidas como prática convencional e melhor prática. Com o valor obtido nesta comparação, é atribuído um nível avaliativo, que pode ser A+, A, B, C, D ou E. A média ponderada dos parâmetros resulta no desempenho global do empreendimento.

A ferramenta apresenta a vantagem de utilizar critérios objetivos e baseados em cálculos pré-estabelecidos, garantindo que diferentes avaliadores cheguem a resultados iguais e a possibilidade de comparação de edifícios de diferentes países. A ferramenta ainda leva em consideração projeções de consumos para que os resultados obtidos se assemelhem às condições reais de cada empreendimento.

Atualmente, o método apresenta a versão SBTool<sup>PT</sup> - H, destinada à avaliação de habitações para a realidade e condições climáticas de Portugal (ECOCHOICE, 2017), a versão SBTool<sup>CZ</sup>, projetado para a realidade da República Tcheca, a adaptação Protocollo ITACA, projetado para a realidade da Itália e a adaptação Verde, projetado para a realidade da Espanha (SUSTAINABLE BUILDING ALLIANCE, 2017).

### 2.2.2.3 LiderA

O LiderA, proveniente de "Liderar pelo Ambiente", é um sistema de apoio ao desenvolvimento de soluções e avaliação da sustentabilidade, que foi desenvolvido por Manuel Duarte Pinheiro para o cenário de Portugal e implantado em 2005 (LIDERA, 2017).

Sua base está no conceito de reposicionar o ambiente na construção (LIDERA, 2017). Esta integração tiraria proveito de diversas características passivas e ativas, e resultaria em um aumento no conforto de todos que utilizam o edifício, em uma redução do consumo energético e seus respectivos gastos e em uma menor agressão ao meio ambiente.

O sistema objetiva incentivar a sustentabilidade nas etapas de promoção, projeto, construção e gestão do empreendimento. Para isso, ele busca atingir seis vertentes: valorização da dinâmica local

e promoção de uma integração adequada; fomento da eficiência no uso dos recursos; redução do impacto das cargas; garantia da qualidade do ambiente; fomento das vivências sócio-econômicas sustentáveis e garantia de melhor utilização sustentável dos ambientes construídos (LIDERA, 2017). Estas vertentes são subdivididas em 22 áreas e 43 critérios de avaliação.

O empreendimento em análise é avaliado de acordo com suas características em comparação com as estipuladas pelo sistema LiderA como sendo medidas sustentáveis. Dependendo do número e da qualidade das soluções adotadas, é atribuída uma nota a cada critério de avaliação. Os limites padronizados de cada critério foram criados tendo como base a prática usual (classe E) e a prática ideal (classe A+++), sendo esta neutra ou regenerativa. A construção recebe uma nota em cada critério, que pode ser A++, A+, A, B, C, D, E, F ou G. As classificações de cada critério são agrupadas e ponderadas por área e vertentes e, por fim, se alcança a classe de desempenho geral do empreendimento. Se a classe geral obtida for C ou superior, o empreendimento recebe um certificado de bom desempenho.

Diferentemente da ferramenta SBTool, que consiste basicamente em roteiros de cálculos para avaliação da maioria dos critérios, o LiderA funciona de maneira mais prática, semelhante a uma lista de verificações.

Pelo LiderA apresentar os diversos critérios avaliados junto com os requisitos para obtenção de cada classe, ele funciona muito bem na fase de concepção do empreendimento, tornando possível escolher quais medidas serão adotadas no projeto e permitindo uma boa estimativa da classe geral de desempenho que o empreendimento obterá.

#### **2.2.2.4 BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)**

O método surgiu originalmente no Reino Unido em 1990. Atualmente, ele está presente em 78 países e, através de variações que levam em consideração características locais, é utilizado na Alemanha, Áustria, Holanda, Noruega, Espanha e Suécia (*SUSTAINABLE BUILDING ALLIANCE*, 2017). O mesmo aborda diferentes estágios do ciclo de vida de um edifício, como novas construções, reformas e fase de utilização. Ele foca principalmente na utilização eficaz dos recursos naturais e no conforto e bem-estar de todos que utilizam o edifício (BRE, 2017).

O sistema funciona através da atribuição de créditos para medidas adotadas no empreendimento, analisando todas as etapas possíveis do processo, abordando a escolha e aquisição do terreno e dos materiais, o projeto, a construção e a operação em diferentes categorias: emissão de carbono, durabilidade, adaptação climática e proteção da biodiversidade. O total de créditos determina o

desempenho alcançado, que varia entre aprovado, bom, muito bom, excelente e excepcional (BRE, 2017).

#### **2.2.2.5 HQE (Haute Qualité Environnementale des Bâtiments)**

O método surgiu na cidade de Paris, na França e já foi utilizado para certificar mais de 59 milhões de metros quadrados (HQE, 2017). Em seu país de origem, ele opera em três diferentes setores: não-residencial, moradias coletivas e moradias individuais. A ferramenta é utilizada em outros países através da combinação de critérios genéricos, específicos e indicadores comuns, fator que também torna possível a comparação entre edifícios localizados em países com diferentes condições climáticas (HQE, 2017). Fora da França, o método é operado pela empresa Cerway. No Brasil, mais especificamente, esta opera em parceria com a Fundação Vanzolini, através do certificado AQUA (Alta Qualidade Ambiental), tradução direta de *Haute Qualité Environnementale des Bâtiments* (SUSTAINABLE BUILDING ALLIANCE, 2017).

O sistema funciona com foco em quatro principais áreas (energia, ambiente, saúde e conforto), que são subdivididas em 14 critérios e os graus avaliativos variam entre aprovado, bom, muito bom, excelente e excepcional. O procedimento de obtenção do certificado está dividido em três etapas: iniciação, em que se identificam os critérios a serem atendidos; auditoria, em que um profissional certificado analisa se as metas foram cumpridas e certificação, em que o documento produzido durante a etapa anterior é enviado a uma comissão que confere sua autenticidade e emite o certificado (SUSTAINABLE BUILDING ALLIANCE, 2017).

#### **2.2.2.6 BEPAC (Building Environmental Performance Assessment Criteria)**

O sistema foi desenvolvido no Canadá utilizando como base as indicações do sistema BREEAM. Ele apresenta versões regionais visando atender as prioridades e necessidade locais de forma mais precisa e eficaz. Analisa critérios do projeto do empreendimento, de sua gestão durante a construção, de ocupação e de gestão durante a ocupação (COLE; ROUSSEAU; THEAKER, 1994 apud LUCAS; AMADO, 2011, p. 3).

#### **2.2.2.7 CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency)**

O método surgiu no Japão e foca na melhora da qualidade de vida das pessoas, bem como na redução dos impactos negativos durante o ciclo de vida do ambiente construído, reduzindo o consumo de matérias-primas (CASBEE, 2017). Possui duas categorias, uma destinada à construção de

empreendimentos novos e outra ao parque edificado já existente (JSBC, 2000 apud LUCAS; AMADO, 2011, p. 3)

#### **2.2.2.8 NABERS (National Australian Built Environment Rating System)**

O método surgiu na Austrália e avalia os edifícios em uma escala de sustentabilidade que inicia com uma estrela e pode chegar até seis estrelas. Para isso, ele avalia a eficiência energética, o uso da água, a gestão dos resíduos, a qualidade do ambiente interior e os impactos do edifício ao meio ambiente. Uma parte da avaliação baseia-se nas contas de água e energia, para analisar o consumo, e auditoria, que considera a produção de resíduos (NABERS, 2017).

O sistema permite a realização de auto-avaliações sem a garantia de certificados oficiais para acompanhamento das mudanças durante qualquer etapa do processo. As avaliações oficiais comparam os diferenciais do edifício em análise com os diferenciais de edifícios similares e próximos e atribuem um certificado com validade de um ano, exigindo que não haja retrocesso nas medidas adotadas e no consumo para garantia ou aprimoração do nível avaliativo atual (NABERS, 2017).

#### **2.2.2.9 PdC (Perfil de Calidad)**

O sistema é utilizado apenas em algumas regiões da Espanha e avalia categorias de economia de energia, proteção do meio ambiente, conforto sonoro, acessibilidade para pessoas com deficiência e funcionalidade dos espaços interiores (SUSTAINABLE BUILDING ALLIANCE, 2017).

Sua avaliação compreende cinco níveis de desempenho e apenas certifica as construções que obtêm um dos dois melhores níveis. O processo é composto por duas etapas: projeto, em que se estudam as possibilidades e determinam-se as medidas que serão adotadas, e construção, em que se confere o compromisso determinado na etapa anterior, avaliando e certificando de fato o empreendimento (SUSTAINABLE BUILDING ALLIANCE, 2017).

#### **2.2.2.10 DGNB (Deutsches Nachhaltiges Bauamt)**

O método surgiu na Alemanha e pode ser aplicado tanto em edifícios como em distritos urbanos como um todo. Ele se baseia em seis áreas principais, sendo elas: meio ambiente, economia, aspectos sócio-culturais e funcionais, tecnologia, processos e localização (SUSTAINABLE BUILDING ALLIANCE, 2017).

A organização DGNB contribui para o desenvolvimento e implantação de sistemas similares na Áustria, Bulgária, Dinamarca, Suíça e Tailândia. Além disso, está sendo implantado na Grécia, Eslovênia, Espanha, Turquia e Ucrânia através de adaptações locais (SUSTAINABLE BUILDING ALLIANCE, 2017).

## CAPÍTULO 2

O processo de certificação abrange quatro etapas: preparação e registro, em que se definem no projeto os objetivos a serem alcançados; envio da documentação, em que se confirmam as características das medidas implantadas; testes, em que as mesmas são testadas e sua eficiência comprovada e atribuição do certificado, de acordo com a pontuação alcançada. Os níveis avaliativos variam entre certificado (edifícios que atinjam uma média global de pelo menos 35% da pontuação máxima), bronze (edifícios com média global de pelo menos 50% da pontuação máxima e pelo menos 35% em cada área isoladamente), prata (edifícios com média global de pelo menos 65% da pontuação máxima e pelo menos 50% em cada área isoladamente) e ouro (edifícios com média global de pelo menos 80% da pontuação máxima e pelo menos 65% em cada área isoladamente) (SUSTAINABLE BUILDING ALLIANCE, 2017).

### 2.2.3 Particularidade das medidas sustentáveis de acordo com características geográficas locais

Nota-se a existência de diferentes sistemas de avaliação da sustentabilidade em diferentes países ao redor do mundo, de adaptações em determinados sistemas para que eles possam ser utilizados em outros países que não o de origem e, em algumas situações, como no caso do sistema BEPAC, por exemplo, adaptações regionais para a utilização da ferramenta em diferentes zonas dentro de um mesmo país. Isto ocorre pelo fato dos países, e até regiões em países com uma maior área territorial, apresentarem diferentes condições climáticas, alterando as necessidades em cada local e, conseqüentemente, as medidas que devem ser adotadas, bem como a eficiência das mesmas, que são representadas pelo peso de cada medida na ponderação das notas parciais para determinação da nota global.

É possível identificar esta variação na importância de cada critério entre os diferentes sistemas de avaliação da sustentabilidade através da Tabela 2.2, que indica o peso atribuído a cada parâmetro em diferentes sistemas de avaliação da sustentabilidade.

Tabela 2.2 – Áreas, parâmetros e ponderações dos sistemas de avaliação da sustentabilidade

Sistemas de Avaliação	Áreas de Avaliação	Parâmetros de Avaliação	Ponderações (%)	Referências
BREEAM	Gestão	Aspectos globais de política e procedimentos ambientais	12	BREEAM, 2008
	Saúde e Bem-estar	Ambiente interno e externo ao edifício	15	
	Energia	Energia Operacional e emissão de CO <sub>2</sub>	19	
	Transporte	Localização do edifício e emissão de CO <sub>2</sub>	8	

		relacionada a transporte		
	Água	Consumo e vazamentos	6	
	Materiais	Implicações ambientais da seleção de materiais	12,5	
	Resíduos	Eficiência dos recursos através de uma gestão eficaz e adequada dos resíduos da construção	7,5	
	Ocupação do Solo e Ecologia Local	Direcionamento do crescimento urbano; Valor ecológico do sítio	10	
	Poluição	Poluição de água e ar, excluindo CO <sub>2</sub>	10	
	Inovação	Inovação no campo da sustentabilidade	10	
CASBEE	Ambiente Interior	Ruído e acústica; Conforto térmico; Iluminação, Qualidade do ar	20	CASBEE, 2008
	Qualidade dos Serviços	Funcionalidade; Durabilidade; Flexibilidade	15	
	Ambiente Externo Dentro do Lote do Edifício	Manutenção e criação de ecossistemas; Características locais e culturais	15	
	Energia	Carga térmica do edifício; Uso de energia natural; Eficiência dos sistemas prediais; Operação eficiente	20	
	Recursos e Materiais	Água; Materiais ecológicos	15	
	Ambiente Externo Fora do Lote do Edifício	Poluição do ar; Ruído e odores; Ventilação; Iluminação; Efeito de pontos de calor; Carga na infra-estrutura local	15	
SBTool	Uso de Recursos	Água, Energia, Solo e Materiais	23	SB TOOL, 2007
	Cargas Ambientais	Emissões, Efluentes e Resíduos sólidos	27	
	Qualidade do Ambiente Interno	Qualidade do ar, Ventilação, Iluminação e Conforto	18	
	Qualidade dos Serviços	Flexibilidade, Adaptabilidade, Controlabilidade pelo usuário, Espaços externos e Impactos nas propriedades adjacentes	16	
	Aspectos Socioeconômicos	Aspectos Socioeconômicos	5	

CAPÍTULO 2

	Gestão Pré-ocupação	Planeamento do processo de construção, Verificação, Pré-entrega e Planeamento da operação	8	
	Aspectos Culturais	Cultura e Património	3	
LEED	Localização Sustentável	Escolha do local; Densidade de desenvolvimento e interação da comunidade; Requalificação de terrenos devolutos; Acesso a transportes públicos; Locais para bicicletas; Baixas emissões de gases e veículos eficientes; Capacidade de estacionamento; Proteção ou restauração do local; Espaço aberto; Controle de qualidade; Efeito térmico (cobertura); Efeito térmico (fora da cobertura); Redução da poluição luminosa	23,6	LEED, 2009
	Eficiência da Água	Eficiência da água existente na envolvente; Aproveitamento de águas residuais; Redução do uso da água	9,1	
	Energia e Atmosfera	Otimização do desempenho energético; Energia renovável; Reforço de sistemas de climatização; Medição e verificação; Energia "verde"	31,9	
	Materiais e Recursos	Reutilização do edifício - manter constituintes (chão, tecto, paredes); Controle dos lixos da construção; Reutilização de materiais; Conteúdos recicláveis; Materiais da região; Materiais rapidamente renováveis; Madeira certificada	12,7	
	Qualidade Ambiental Interna	Comportamento da qualidade mínima do ar interior; Controle do ambiente das áreas de fumantes; Monitorização da distribuição do ar; Aumento da ventilação; Planeamento da qualidade do ar interior da construção (durante a construção e antes da ocupação); Materiais de baixa emissão (argamassas, tintas, pavimentos, madeiras compostas e aglomerados); Controlo das fontes poluidoras no interior; Controle de sistemas (luminosidade e conforto térmico); Conforto térmico; Luminosidade e pontos de vista	13,6	
	Inovação e Processo de Design	Inovação e design; Acreditação profissional	5,5	
	Prioridade Regional	Prioridades ambientais entre diferentes regiões	3,6	
LiderA	Solo	Valorização Territorial; Otimização	7	LIDERA,

	ambiental da implantação		2009
Eco-sistemas Naturais	Valorização ecológica; Interligação de habitats	5	
Paisagens e Patrimônio	Integração Paisagística Local; Proteção e Valorização do Patrimônio	2	
Energia	Certificação Energética; Desenho Passivo; Intensidade em Carbono (e eficiência energética)	17	
Água	Consumo de água potável; Gestão das águas locais	8	
Materiais	Durabilidade; Materiais locais; Materiais de baixo impacto	5	
Alimentares	Produção local de alimentos	2	
Efluentes	Tratamento das águas residuais; Caudal de reutilização de águas usadas	3	
Emissões Atmosféricas	Caudal de Emissões Atmosféricas - Partículas e/ou Substâncias com potencial acidificante (Emissão de outros poluentes: SO <sub>2</sub> e NO <sub>x</sub> )	2	
Resíduos	Produção de Resíduos; Gestão de resíduos perigosos; Reciclagem de resíduos	3	
Ruído Exterior	Fontes de ruído para o exterior	3	
Poluição Iluminotérmica	Efeitos térmicos (ilha de calor) e luminosos	1	
Qualidade do Ar	Níveis de Qualidade do ar	5	
Conforto Térmico	Conforto térmico	5	
Iluminação e Acústica	Níveis de iluminação; Isolamento acústico/Níveis sonoros	5	
Acesso para Todos	Acesso aos transportes Públicos; Mobilidade de baixo impacto; Soluções inclusivas	5	
Custos no Ciclo de Vida	Baixos custos no ciclo de vida	2	
Diversidade Econômica e Local	Flexibilidade - Adaptabilidade aos usos; Dinâmica Econômica; Trabalho Local	4	
Amenidades e Interação Social	Amenidades locais; Interação com a comunidade	4	
Participação e Controle	Capacidade de Controle; Governância e Participação; Controle dos riscos naturais - <i>Safety</i> ; Controle das ameaças	4	

## CAPÍTULO 2

		humanas - <i>Security</i>		
	Gestão Ambiental	Condições de utilização ambiental; Sistemas de gestão ambiental	6	
	Inovação	Inovações	2	
NABERS	Solo	Avalia questões relacionadas ao uso correto e a biodiversidade	16	Vieira & Barros Filho, 2009
	Materiais	Avalia o impacto ambiental dos materiais utilizados na edificação	7	
	Energia	Avalia o consumo energético durante a construção e operação da edificação	17	
	Água	Avalia o consumo, a poluição das águas e o reaproveitamento de água pluvial	7	
	Ambiente Interior	Avalia a qualidade do ar interno, associa ainda a escolha correta de materiais e sistemas	13	
	Recursos	Avalia o uso eficiente dos recursos	10	
	Transporte	Avalia a facilidade de acesso ao transporte coletivo, visando a redução da poluição atmosférica	17	
	Resíduos	Avalia as emissões para o meio ambiente	13	

Fonte: modificado de LUCAS, Vanessa; AMADO, Miguel P. (2011)

Algumas das condições climáticas que alteram as medidas recomendadas, por exemplo, são: temperatura média local, variação térmica em diferentes estações do ano, amplitude térmica diária, latitude da cidade em análise, incidência solar no terreno, direção, sentido e intensidade dos ventos predominantes, índices pluviométricos da região, entre outros.

### 2.2.4 Diretrizes para a sustentabilidade

Apesar das medidas recomendadas variarem de acordo com a região onde o empreendimento está inserido, é possível notar que a intenção com as medidas converge para um mesmo ponto, mesmo entre os diferentes sistemas de avaliação da sustentabilidade.

Os princípios e objetivos da sustentabilidade são comuns a qualquer lugar. O que irá variar, de acordo com as necessidades locais, são as medidas que devem ser adotadas para alcançar estes objetivos e o peso que cada medida receberá na ponderação proposta pelos diferentes métodos avaliativos de diversas regiões, na transformação da nota parcial para a nota global do empreendimento.

Analisando os diferentes sistemas de avaliação da sustentabilidade, como LEED, BREEAM, DGNB, HQE, PdC, LiderA, SBTool, conclui-se que eles seguem algumas diretrizes de ações (*SUSTAINABLE BUILDING ALLIANCE*, 2017), respeitando os seguintes ideais:

- a) pensamento integrativo: equipe composta de especialistas em diferentes áreas para realizar conexões entre diversos sistemas e processos, maximizando os benefícios atingidos;
- b) energia: incentivar inicialmente a redução do consumo de energia através de sistemas passivos e equipamentos eficientes e focar, posteriormente, na sua geração através de fontes de energia renováveis, que sejam ilimitadas e degradem menos o meio ambiente;
- c) água: o consumo consciente de água deve ser incentivado, aumentando a eficiência dos sistemas, recorrendo a categorias de água compatíveis com a utilização em questão e buscando e erradicando perdas por vazamento. Envolve o consumo no interior da construção, no exterior e nos usos especiais, volume total consumido e todos os sistemas relacionados com a água, como reuso de água da chuva, de águas cinzas, de água proveniente de condensadoras (como por exemplo de sistemas de ar condicionado) e de outros processos que contemplem a utilização de água (como muitos processos industriais que usam a água apenas para refrigeração de máquinas);
- d) efluentes: dependendo da alteração na qualidade entre a água e gases originais e seus efluentes, bem como sua destinação (rede de esgoto, cursos d'água, atmosfera), deve-se tratá-los, visando reduzir os impactos negativos ao meio ambiente;
- e) atmosfera: análise, controle e redução do impacto das emissões de gases poluentes e de GEE, tendo em mente sempre suas consequências negativas - poluição, nocividade à saúde, chuva ácida, deterioração de ecossistemas, intensificação do efeito estufa, aquecimento global, entre outras;
- f) resíduos sólidos: reduzir a produção de resíduos através do uso consciente dos recursos, reuso de materiais, reciclagem, utilização dos resíduos para geração de energia, tratamento dos resíduos e destinação adequada aos aterros sanitários;
- g) materiais: profunda análise do ciclo de vida dos materiais utilizados, analisando as consequências relacionadas ao meio ambiente, aos impactos sociais e na saúde, durante todas as etapas do processo, abordando a extração, fabricação, transporte, operações, manutenção e fim da vida útil, determinando a energia incorporada presente no material. Utilização de certificados dos materiais para este estudo e seleção dos que serão utilizados no empreendimento;

- h) localização: proximidade de amenidades e pontos de transporte público incentivam deslocamentos a pé e de bicicleta, e a utilização de transportes coletivos em detrimento dos individuais. Estar localizado em uma área que já possui infraestrutura urbana evita que os gastos para o desenvolvimento da área ocorram antes que o necessário. Para avaliação do terreno, são utilizadas distâncias percorridas a pé, contagem de viagens necessárias e vagas de estacionamento relativas, bem como existência ou ausência de faixas de bicicleta ou ciclovias e estacionamento destinado exclusivamente a bicicletas;
- i) utilização do terreno: utilização consciente do terreno, aproveitando o maior coeficiente ocupacional possível previsto na legislação para otimizar a infraestrutura existente, mantendo áreas de vegetação natural e de infiltração;
- j) integração com os arredores: foca em preservar e restaurar os arredores do edifício, conservando os ecossistemas locais e regionais, integrando-os com a construção e contribuindo para manter a biodiversidade original. Exemplos de medidas com estes objetivos são controle dos efeitos indesejados das ilhas de calor, fenômeno que será desenvolvido no decorrer deste trabalho e a coleta e utilização de águas pluviais, que contribuem com a economia de água, a manutenção das condições hidrológicas locais e com a prevenção de inundações;
- k) conforto e saúde: ambientes que apresentem uma boa qualidade interior influenciam positivamente no conforto e na saúde de seus ocupantes, contribuindo positivamente para o valor do edifício, ampliando a produtividade e reduzindo a ociosidade dos utentes. Esta diretriz inclui diferentes áreas, como conforto térmico, higroscópico, luminoso, acústico, qualidade do ar interior, qualidade dos espaços exteriores, segurança, entre outros. Quanto maior for a flexibilidade e automatização destas medidas, visando o bem-estar dos usuários sobre cada uma destas áreas, maior será a sensação de conforto e, conseqüentemente, o desempenho da medida sustentável;
- l) flexibilidade e adaptabilidade: a possibilidade de diferentes utilizações de um edifício reduz o risco que este fique vago por longos períodos, contribuindo para seu desempenho em termos econômicos e ambientais. Fatores que afetam diretamente sua flexibilidade e adaptabilidade são: área útil, altura do pé-direito, planta do pavimento-tipo, distribuição dos ambientes, acessos verticais e horizontais, capacidade da estrutura e serviços disponíveis na construção;
- m) manutenção: está diretamente conectada com o consumo financeiro e de matérias-primas ao longo da vida útil da construção. Quanto menor a necessidade de

manutenção, de gastos e de consumo de matérias-primas, melhor será seu desempenho em questões sustentáveis;

- n) desconstrução ou desmontagem: a quantidade de resíduos gerados no final da vida útil de um edifício é imensa. Processos de desconstrução ou desmontagem permitem que muitos materiais sejam reutilizados ou reciclados, reduzindo seu impacto ambiental;
- o) especificidades regionais: questões locais próprias que devem ser levantadas e consideradas na determinação das medidas a serem adotadas. Compreendem particularidades específicas de cada região ou terreno;
- p) gestão: contemplando o estudo preliminar, a realização de projetos, o acompanhamento das medidas que são implantadas durante a obra e certificação do funcionamento adequado dos sistemas depois que concluídos para garantir cumprimento dos critérios estabelecidos;
- q) medidas inovadoras: análise de medidas mais modernas e eficientes, buscando estratégias mais eficazes, tanto na construção de edifícios novos como para realizar reformas, evitando que os sistemas deixem de ser eficientes por terem se tornado obsoletos;
- r) pensamento local, regional e global: considerar sempre a influência das medidas estudadas nestas diferentes esferas e garantir que ela não seja prejudicial em nenhum sistema.

Na busca de uma construção sustentável, deve-se atingir o maior número possível destas diretrizes. É importante, também, considerá-las durante todas as fases do empreendimento: projeto, construção, operação e demolição.

No capítulo a seguir são expostas algumas das características brasileiras importantes para contextualização de sua diversidade e sua respectiva divisão segundo critérios bioclimáticos. Tem-se como principal objetivo a exposição de medidas que podem ser adotadas com a intenção de tornar as construções mais sustentáveis. Para isso, são expostas medidas genéricas - que são eficazes em todo território brasileiro, independentemente de sua região bioclimática - e medidas específicas - que são eficazes em determinadas regiões bioclimáticas.



## CAPÍTULO 3

### DIRETRIZES PARA UMA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL NO BRASIL

A fim de garantir eficácia das medidas sustentáveis é necessário que estas sejam pensadas e projetadas para determinado clima. Se as soluções não levarem em consideração as características do local onde o edifício será construído elas podem se tornar pouco eficientes ou até ineficientes. Sendo o clima de suma importância para o bom desempenho das medidas serão apresentadas e caracterizadas as zonas climáticas brasileiras.

#### 3.1 ZONAS BIOCLIMÁTICAS BRASILEIRAS

As condições geográficas brasileiras, a identificação das zonas bioclimáticas e as respectivas características de cada zona bioclimática são a seguir apresentadas.

##### 3.1.1 Condições geográficas brasileiras

O Brasil é um país com dimensões continentais. Segundo dados de 2016 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017), o país apresenta uma área total de 8.515.767,05 km<sup>2</sup>, o que o coloca como o quinto maior país do mundo em questões territoriais, atrás apenas da Rússia, do Canadá, da China e dos Estados Unidos da América. Além disso, apresenta 4.394 km de distância entre os pontos mais extremos do Norte (Monte Caburaí, RR) ao Sul (Arroio Chuí, RS) e 4.319 km entre os pontos mais extremos do Leste (Ponta do Seixas, PB) ao Oeste (Nascente do Rio Moe, AC) (MODERNA; TERRA, 2010).

Para melhor compreensão da extensão do território brasileiro, vale ressaltar que ele abrange 4 fusos horários diferentes e é cortado por dois paralelos: a Linha do Equador e o Trópico de Capricórnio.

Em função desta vasta dimensão territorial, o Brasil apresenta diversos climas, cada um com características distintas de temperatura, umidade, incidência solar, índices pluviométricos, ventos predominantes, entre outras.

### 3.1.2 Identificação das zonas bioclimáticas

Com o intuito de agrupar cidades com características bioclimáticas semelhantes, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2003), através da Norma Brasileira (NBR) 15220-3, intitulada "Desempenho térmico de edificações - Parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social", divide o território brasileiro em 6.500 células e analisa os dados das normais climatológicas de 330 dessas células, comparando as variáveis de médias mensais das temperaturas máximas, médias mensais das temperaturas mínimas e médias mensais das umidades relativas do ar. Para as células restantes, as características climáticas são estimadas por interpolação de valores (ABNT, 2003).

Cada zona bioclimática é determinada utilizando uma adaptação da carta bioclimática proposta por Givoni (1992 *apud* ABNT, 2003, p. 2), representada no Gráfico 3.1. Esta corresponde a um diagrama psicrométrico - gráfico que relaciona a temperatura do bulbo de ar seco (medido em °C), a quantidade de vapor do ar ou umidade absoluta (medida em g/kg) e a umidade relativa (medida em %) - separado em zonas relacionadas com a sensação de conforto térmico. Se para determinada situação de temperatura, umidade relativa e umidade absoluta não houver a sensação de conforto térmico, a zona do gráfico identificará quais estratégias devem ser adotadas para que este seja alcançado. Podemos identificar estas zonas no Gráfico 3.1, pelas letras de "A" a "L", e suas respectivas estratégias na Tabela 3.1.

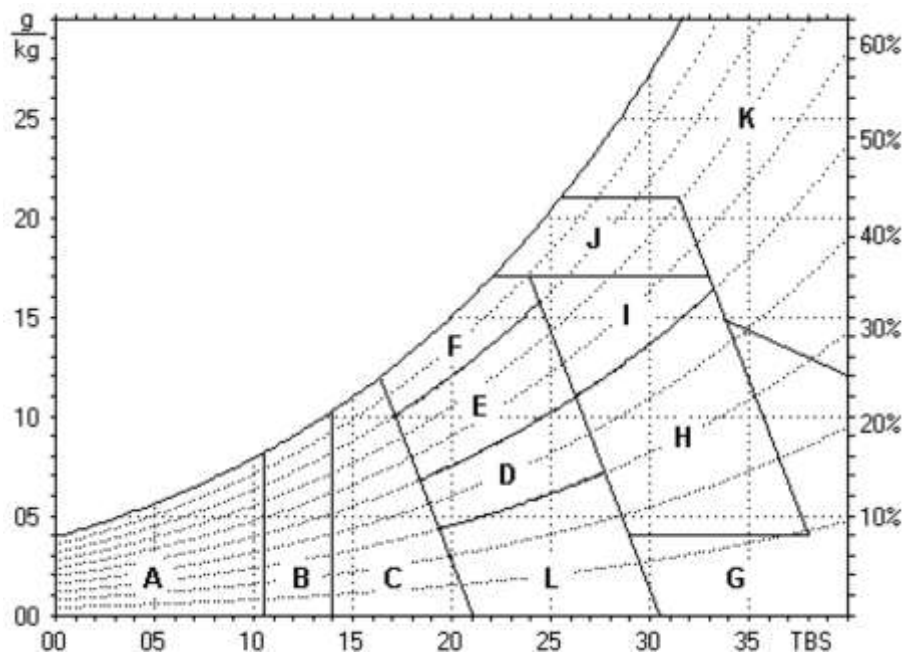


Gráfico 3.1 – Carta bioclimática

Fonte: ABNT (2003, p. 14).

Tabela 3.1 – Estratégia para cada zona bioclimática

Zona Bioclimática	Estratégia Bioclimática
A	Zona de aquecimento artificial (calefação)
B	Zona de aquecimento solar da edificação
C	Zona de massa térmica para aquecimento
D	Zona de conforto térmico (baixa umidade)
E	Zona de conforto térmico
F	Zona de desumidificação (renovação do ar)
G + H	Zona de resfriamento evaporativo
H + I	Zona de massa térmica de refrigeração
I + J	Zona de ventilação
K	Zona de refrigeração artificial
L	Zona de umidificação do ar

Fonte: ABNT (2003, p. 14).

Em seguida, são determinados dois pontos no Gráfico 3.1, identificados no Gráfico 3.2 para maior clareza e mais fácil compreensão. O primeiro é locado no encontro das médias mensais das temperaturas mínimas no eixo das abscissas com as médias mensais das umidades relativas do ar subtraído em 1,5 grama por quilograma no eixo das ordenadas, identificado no gráfico pelo ponto "b", e o segundo pelo encontro das médias mensais das temperaturas máximas no eixo das abscissas com as médias mensais das umidades relativas do ar acrescido em 1,5 grama por quilograma no eixo das ordenadas, identificado no gráfico a seguir pelo ponto "c" (ABNT, 2003). A variação da umidade relativa é sugerida por Lamberts, Dutra e Pereira (1997 *apud* ABNT, 2003, p. 15).

Em seguida, traça-se uma reta conectando os dois pontos, que representa todas as horas de um dia médio do mês em análise, como mostra o Gráfico 3.2 e, repete-se o procedimento para todos os meses do ano. Com todas as retas traçadas, determina-se a porcentagem das retas em cada uma das zonas pré-estabelecidas no gráfico, com exceção da zona "E", que corresponde à zona de conforto térmico (ABNT, 2003).

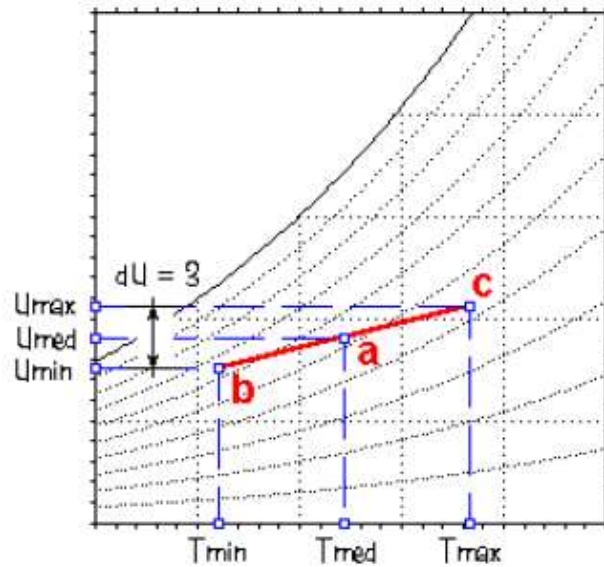


Gráfico 3.2 – Reta representando o dia médio do mês em análise

Fonte: ABNT (2003, p. 15).

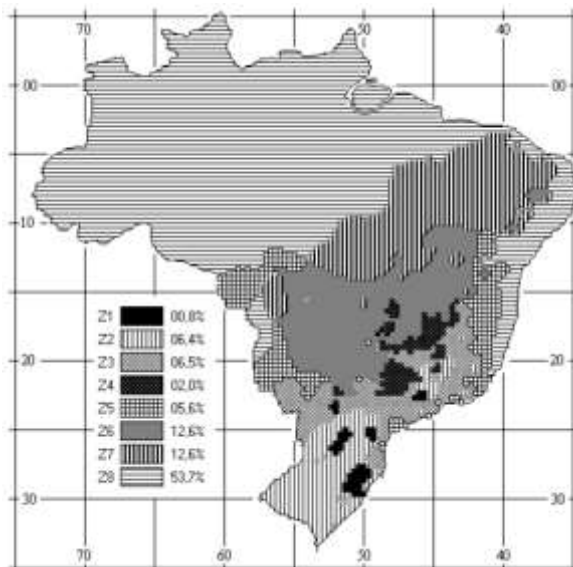
Determinam-se as cinco zonas de sensação térmica (identificadas com letras de "A" a "L" no Gráfico 3.1) com maior incidência de trechos de reta, desconsiderando-se as zonas que tenham trechos de reta com valores inferiores a 1% do total das retas. A determinação da zona bioclimática é realizada através de critérios pré-estabelecidos de presença obrigatória ou de presença proibida das retas em cada zona de sensação térmica, segundo a Tabela 3.2. Este procedimento se inicia com a conferência das condições para que a cidade pertença a zona climática 01. Se todas as condições foram atendidas, a cidade em análise irá pertencer a esta zona. Se não, confere-se se a cidade atende as condições para pertencer a zona climática 02, e assim sucessivamente (ABNT, 2003).

Tabela 3.2 – Critérios para classificação climática

Zona	Classificação						
	A	B	C	D	H	I	J
1	Obrigatória					Proibida	Proibida
2	Obrigatória						
3		Obrigatória		Proibida	Proibida		
4		Obrigatória					
5			Obrigatória	Proibida	Proibida		
6			Obrigatória				
7					Obrigatória		
8				Proibida			

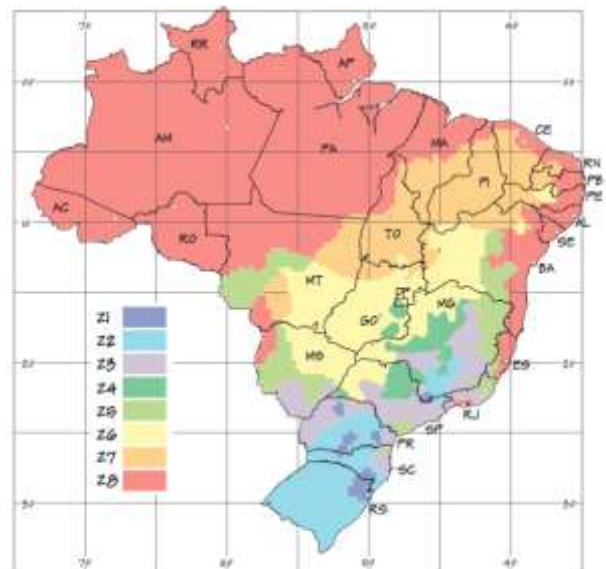
Fonte: ABNT (2003, p. 16).

O resultado final deste procedimento, com todas as zonas climáticas do Brasil identificadas, pode ser observado através do Mapa 3.1.



a) Zoneamento bioclimático brasileiro

Fonte: ABNT (2003, p. 3).



b) Sobreposição do mapa bioclimático ao mapa político do Brasil

Fonte: PROCEL (2012, não paginado).

Mapa 3.1 – Zoneamento bioclimático brasileiro

### 3.1.3 Características de cada zona bioclimática

O procedimento citado acima divide o Brasil em oito zonas bioclimáticas, cada uma com características específicas. Os principais aspectos de cada uma delas, segundo Ferreira, Souza e Assis (2014) serão expostos a seguir.

A zona bioclimática 01 possui clima predominantemente frio. Ela apresenta invernos frios e verões amenos. Suas chuvas são bem distribuídas durante o ano, porém mais concentradas no verão. Exemplos de cidades compreendidas por esta zona são Caxias do Sul (RS) e Curitiba (PR). As normais climatológicas desta zona são apresentadas no Gráfico 3.3 e a parte do território brasileiro compreendido por ela, no Mapa 3.2.

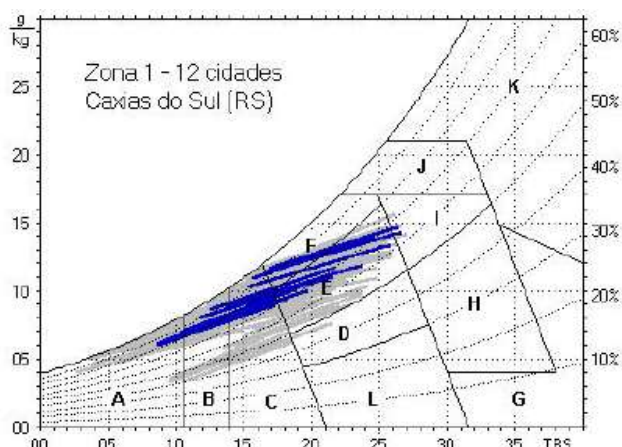


Gráfico 3.3 – Normais climatológicas da zona bioclimática 01, com destaque para a cidade de Caxias do Sul, RS

Fonte: ABNT (2003, p. 4).



Mapa 3.2 – Identificação da zona bioclimática 01 no território brasileiro

Fonte: ABNT (2003, p. 4).

A zona bioclimática 02 possui clima ameno. A região sul do Brasil se caracteriza por verões quentes e invernos frios, ao passo que Minas Gerais se caracteriza pelo clima de altitude, com maiores amplitudes térmicas diárias. Suas chuvas são mais concentradas no verão. Exemplos de cidades compreendidas por esta zona são Ponta Grossa (PR) e Santa Maria (RS). As normais climatológicas desta zona são apresentadas no Gráfico 3.4 e a parte do território brasileiro compreendido por ela, no Mapa 3.3.

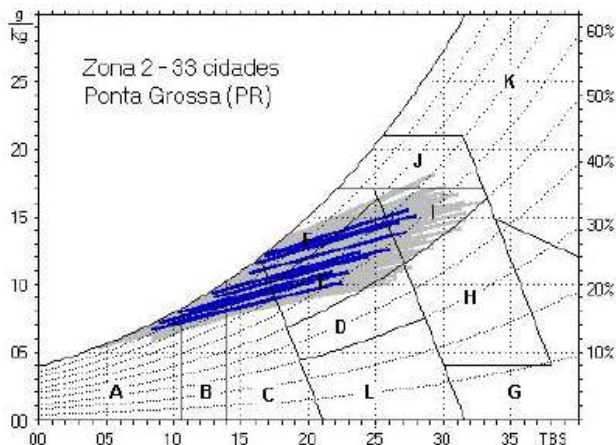


Gráfico 3.4 – Normais climatológicas da zona bioclimática 02, com destaque para a cidade de Ponta Grossa, PR

Fonte: ABNT (2003, p. 4).



Mapa 3.3 – Identificação da zona bioclimática 02 no território brasileiro

Fonte: ABNT (2003, p. 4).

A zona bioclimática 03 possui clima predominantemente ameno ao longo do ano, normalmente com umidade mais elevada. As noites de inverno apresentam temperaturas mais baixas e o verão é caracterizado por calor e umidade. Apresenta invernos secos e verões úmidos, estação em que as chuvas são concentradas. Exemplos de cidades compreendidas por esta zona são Florianópolis (SC) e São Paulo (SP). As normais climatológicas desta zona são apresentadas no Gráfico 3.5 e a parte do território brasileiro compreendido por ela, no Mapa 3.4.

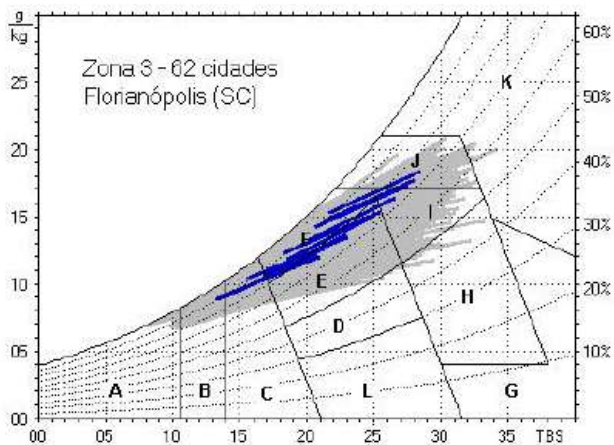
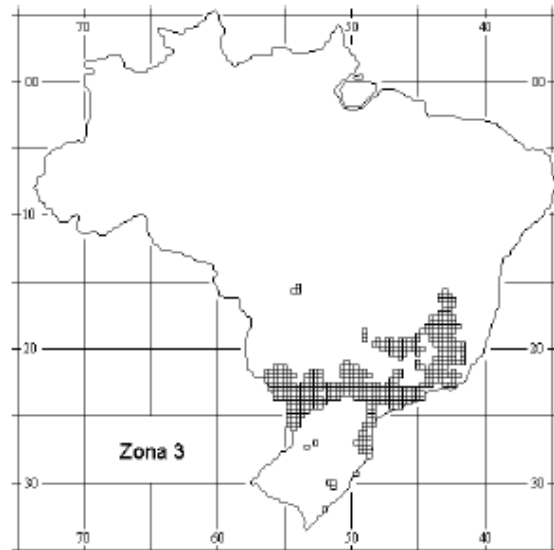


Gráfico 3.5 – Normais climatológicas da zona bioclimática 03, com destaque para a cidade de Florianópolis, SC

Fonte: ABNT (2003, p. 5).



Mapa 3.4 – Identificação da zona bioclimática 03 no território brasileiro

Fonte: ABNT (2003, p. 5).

A zona bioclimática 04 é caracterizada por invernos secos e verões úmidos, estação em que concentra-se a ocorrência de chuvas. Normalmente apresenta noites frias de inverno e tardes quentes durante todo o ano. Um exemplo de cidade compreendida por esta zona é Brasília (DF). As normais climatológicas desta zona são apresentadas no Gráfico 3.6 e a parte do território brasileiro compreendido por ela, no Mapa 3.5.

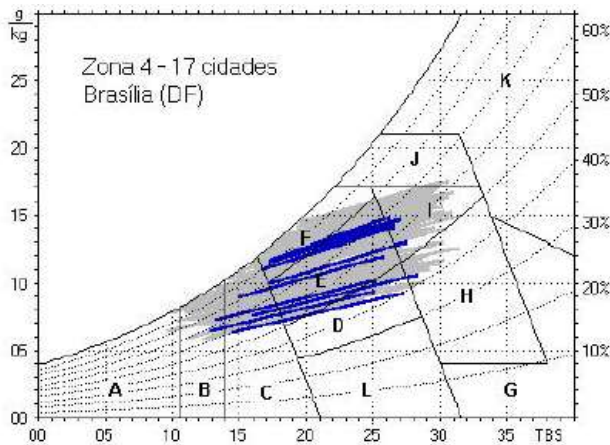
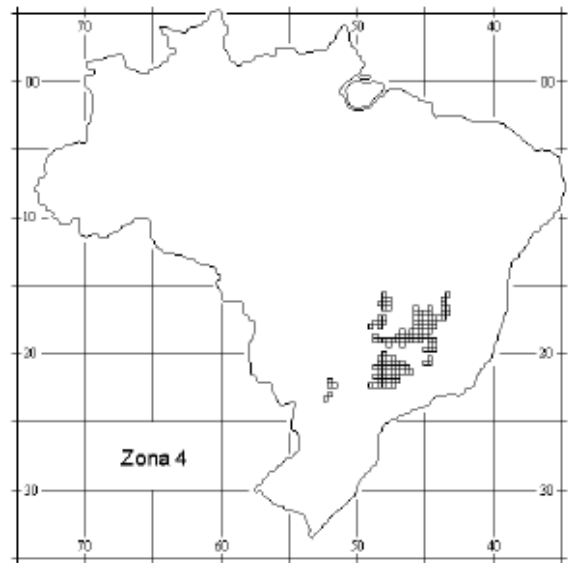


Gráfico 3.6 – Normais climatológicas da zona bioclimática 04, com destaque para a cidade de Brasília, DF

Fonte: ABNT (2003, p. 6).



Mapa 3.5 – Identificação da zona bioclimática 04 no território brasileiro

Fonte: ABNT (2003, p. 6).

A zona bioclimática 05 é caracterizada pelo clima quente e úmido durante a maior parte do ano e noites frias durante o inverno. As chuvas ocorrem principalmente no verão. Exemplos de cidades compreendidas por esta zona são Santos (SP) e Vitória da Conquista (BA). As normais climatológicas desta zona são apresentadas no Gráfico 3.7 e a parte do território brasileiro compreendido por ela, no Mapa 3.6.

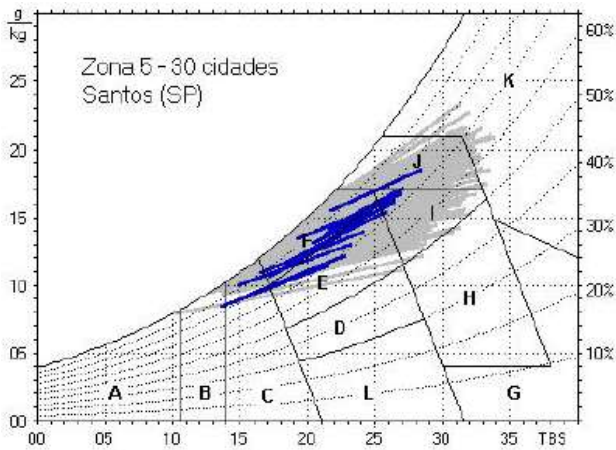
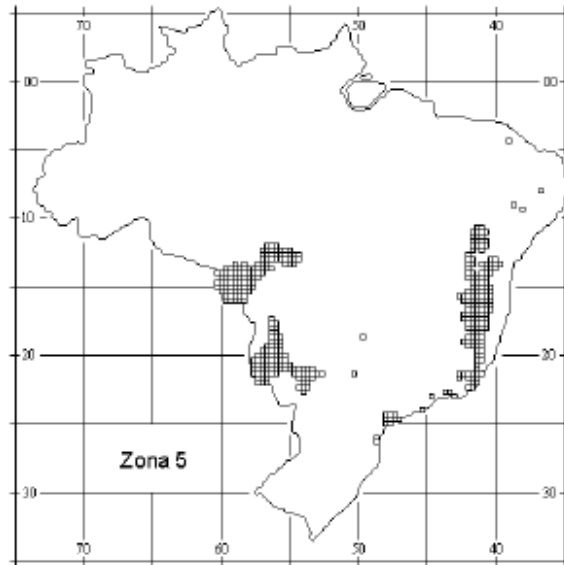


Gráfico 3.7 – Normais climatológicas da zona bioclimática 05, com destaque para a cidade de Santos, SP

Fonte: ABNT (2003, p. 6).



Mapa 3.6 – Identificação da zona bioclimática 05 no território brasileiro

Fonte: ABNT (2003, p. 6).

A zona bioclimática 06 possui clima predominantemente seco e quente. Apresenta noites confortáveis e tardes quentes. Suas chuvas ocorrem quase exclusivamente no verão. Exemplos de cidades compreendidas por esta zona são Goiânia (GO) e Campo Grande (MS). As normais climatológicas desta zona são apresentadas no Gráfico 3.8 e a parte do território brasileiro compreendido por ela, no Mapa 3.7.

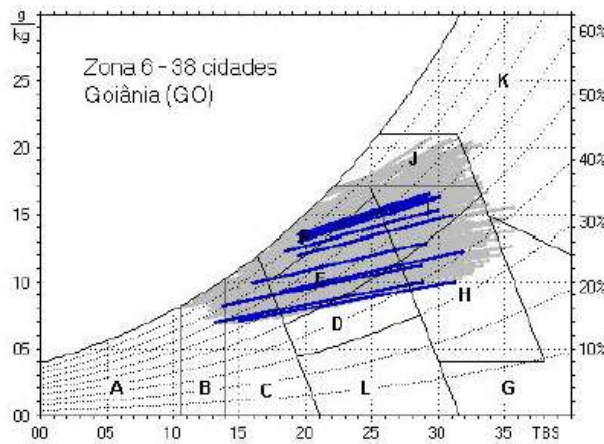


Gráfico 3.8 – Normais climatológicas da zona bioclimática 06, com destaque para a cidade de Goiânia, GO

Fonte: ABNT (2003, p. 7).



Mapa 3.7 – Identificação da zona bioclimática 06 no território brasileiro

Fonte: ABNT (2003, p. 7).

A zona bioclimática 07 apresenta clima quente e seco. Suas chuvas são escassas durante todo o ano. Exemplos de cidades compreendidas por esta zona são Picos (PI) e Cuiabá (MT). As normais climatológicas desta zona são apresentadas no Gráfico 3.9 e a parte do território brasileiro compreendido por ela, no Mapa 3.8.

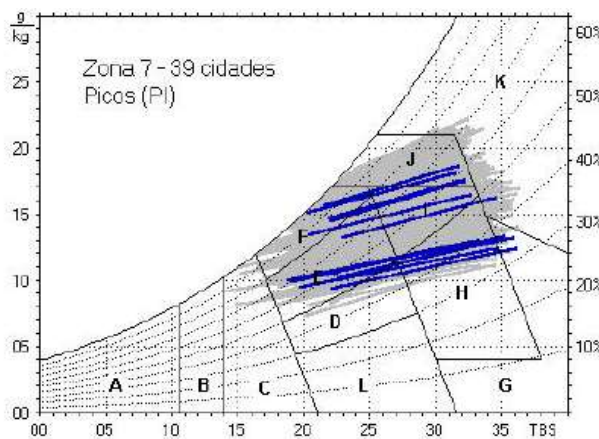
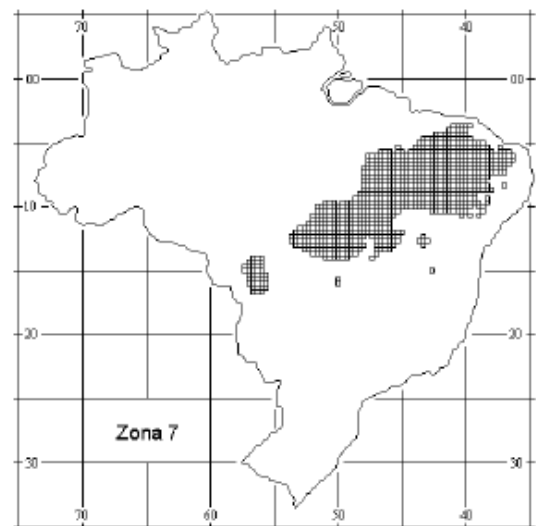


Gráfico 3.9 – Normais climatológicas da zona bioclimática 07, com destaque para a cidade de Picos, PI

Fonte: ABNT (2003, p. 8).



Mapa 3.8 – Identificação da zona bioclimática 07 no território brasileiro

Fonte: ABNT (2003, p. 8).

### CAPÍTULO 3

A zona bioclimática 08 caracteriza-se pelo clima quente e úmido e apresenta chuvas durante todo o ano. Exemplos de cidades compreendidas por esta zona são Belém (PA) e Manaus (AM). As normais climatológicas desta zona são apresentadas no Gráfico 3.10 e a parte do território brasileiro compreendido por ela, no Mapa 3.9.

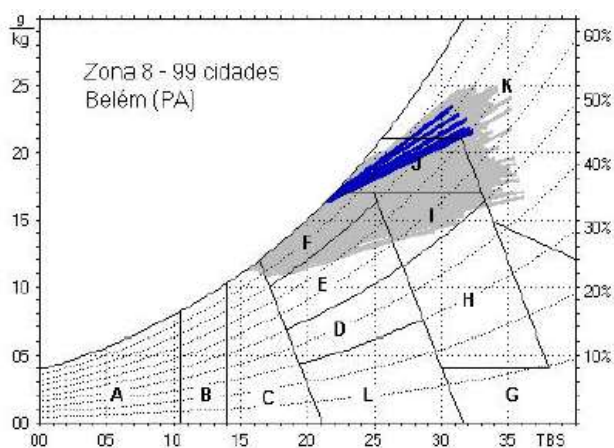
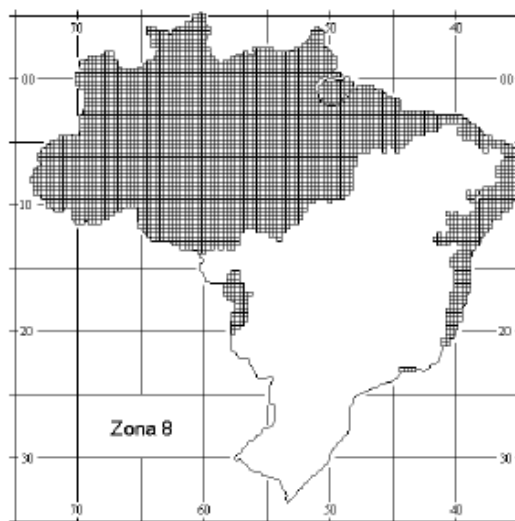


Gráfico 3.10 – Normais climatológicas da zona bioclimática 08, com destaque para a cidade de Belém, PA

Fonte: ABNT (2003, p. 8).



Mapa 3.9 – Identificação da zona bioclimática 08 no território brasileiro

Fonte: ABNT (2003, p. 8).

## 3.2 MEDIDAS PROPOSTAS

Almejando edifícios que sejam menos degradantes ao meio ambiente, foram agrupadas diversas recomendações de aspectos construtivos que podem ser adotadas. Estas abordam o local da construção, as características dos materiais utilizados, medidas para aproveitamento passivo das condições climáticas, entre outras.

### 3.2.1 Medidas aplicáveis a todo território brasileiro

Entre as medidas que serão recomendadas há aquelas que se mostram eficientes aplicadas em qualquer região, independentemente de suas condições climáticas e, portanto, sempre devem ser levadas em consideração na construção de um edifício. Como exemplo destas podemos citar a utilização eficiente do solo, a permeabilidade do solo, o combate ao efeito das ilhas de calor, a redução do consumo energético, a produção de energia através de fontes renováveis, a redução do consumo de água, a reutilização de águas pluviais ou águas cinzas, a acessibilidade ao transporte público, a acessibilidade às amenidades, o conforto acústico, o incentivo à reciclagem e a

incorporação de resíduos na produção de materiais, que serão apresentadas e desenvolvidas a seguir.

### **3.2.1.1 Utilização eficiente do solo**

A ocupação urbana do solo natural diminui a capacidade de absorção de água do terreno, comprometendo o ciclo natural de reposição e a qualidade de água dos aquíferos, aumentando os riscos de cheias e de erosão. Esta ocupação também deteriora os habitats naturais, que são cruciais para o desenvolvimento da fauna e da flora, comprometendo a biodiversidade local (SBTOOL, 2015).

Aliado a estes fatores, é importante também enfatizar que a expansão horizontal das cidades em oposição à vertical ocorreria de forma mais intensa e degradante, por acomodar um número menor de pessoas em uma mesma área do terreno. A expansão horizontal também apresenta custos mais elevados relacionados à necessidade de infraestrutura (redes de abastecimento de água, energia, saneamento básico e arruamentos) e a necessidade de transporte entre as áreas mais distantes da cidade, o que resultaria em um aumento na poluição, bem como no consumo energético e de matérias-primas.

Com o intuito de garantir o desenvolvimento ordenado das cidades, evitando a ocupação de áreas de interesse ecológico, agrícola ou paisagístico e visando atingir um equilíbrio social, ambiental e econômico os órgãos públicos desenvolveram o Plano Diretor Estratégico (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2017). Este estabelece limites para cada região relacionando a área máxima de construção permitida com a área do lote, visando uma otimização da infraestrutura disponível e, ao mesmo tempo, mantendo a sensação de conforto em relação a fatores como incidência solar, espaçamento entre edifícios, área verde, circulação de ar, entre outros (SBTOOL, 2015).

Com o objetivo de alterar o mínimo possível os habitats naturais, consumir uma quantidade reduzida de energia com o deslocamento entre partes distantes da cidade, evitar o consumo prematuro da matéria-prima utilizada para execução da infraestrutura, aproveitar ao máximo a infraestrutura disponível e ocupar as áreas menos prejudiciais ao meio ambiente, deve-se utilizar a área máxima prevista no Plano Diretor Estratégico em determinada região (SBTOOL, 2015).

### **3.2.1.2 Permeabilidade do solo**

A remoção de áreas permeáveis do terreno é prejudicial pelo fato de reduzir as áreas de infiltração do solo, por afetar o ciclo hidrológico natural, e sobrecarregar a infraestrutura de águas pluviais da cidade, implicando na necessidade de obras públicas prematuramente. Estas obras resultam em um maior consumo de materiais, produção de resíduos e gastos públicos.

Visando evitar estas perturbações, é interessante manter elevados índices de áreas permeáveis no terreno, priorizar elementos permeáveis - como por exemplo pisos drenantes - sempre que possível (como em pisos destinados a garagens descobertas e a circulação de pedestres em áreas externas), promover a condução de águas de escorrência no próprio local e realizar um plano de gestão de águas locais. Execução de zonas de retenção das águas, coleta e posterior utilização para rega e lavagem de pavimentos também são consideradas boas práticas (LIDERA, 2015).

### **3.2.1.3 Combate ao efeito das ilhas de calor**

Ilhas de calor são um fenômeno típico de grandes centros urbanos, em que grandes áreas de vegetação são substituídas por ruas, passeios e construções. O fato destas estruturas absorverem mais calor que a vegetação faz com que a temperatura em grandes centros urbanos seja superior à temperatura em áreas rurais próximas. Este aumento de temperatura gera uma necessidade de arrefecimento para que o conforto térmico seja atingido, aumentando o consumo energético e seus respectivos gastos, a poluição atmosférica e a extração de recursos naturais (SBTOOL, 2015).

Com o intuito de controlar esta deficiência deve-se aumentar a área de vegetação nas construções e escolher materiais com uma maior refletância para serem utilizados como revestimento externo. Também é interessante utilizar cores claras na cobertura e nas fachadas, já que estas absorvem uma quantidade de calor menor que as cores escuras (SBTOOL, 2015).

A ferramenta de avaliação da sustentabilidade SBTool <sup>PT</sup> recomenda adoção de materiais com refletâncias superiores a 60% para combater os efeitos das ilhas de calor (SBTOOL, 2015).

### **3.2.1.4 Redução do consumo energético**

O aumento do consumo energético resulta na necessidade de implantação de novas usinas para geração de eletricidade. Esta implica em grandes gastos públicos, em consumo de materiais, água e energia durante a fase de construção, em relocações urbanas, em gastos com a infraestrutura e redes de distribuição necessárias e em um grande incremento na emissão de GEE durante a construção e a fase de utilização das usinas.

Sendo assim, é interessante, sempre que possível, reduzir o consumo energético das edificações sem interferir na condição de conforto dos habitantes e usuários. Para isso, busca-se a utilização de equipamentos eficientes energeticamente, que consomem uma quantidade menor de energia para funcionamento, sem alteração ou com incremento no conforto dos usuários. Com o intuito de distingui-los dos demais, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO)

garante aos equipamentos energeticamente eficientes o Selo Procel de Economia de Energia e identifica sua classe de consumo através de uma avaliação do produto (PROCEL, 2017).

Visando a redução no consumo energético, é considerada uma boa prática a utilização de eletrodomésticos energeticamente eficientes. Apesar de um custo inicial mais alto, geralmente seu baixo consumo energético e vida útil prolongada torna sua aquisição mais vantajosa em termos econômicos que a de equipamentos menos eficientes. O exemplo mais claro e incontestável desta medida pode ser observado no caso das lâmpadas, que passaram de incandescentes a fluorescentes e, atualmente, estão transigindo de fluorescentes as lâmpadas *Light Emitting Diode*, mais conhecida pela sua abreviação, LED, melhorando cada vez mais o conforto, pela crescente capacidade de iluminação, e reduzindo o consumo energético.

Outras medidas sustentáveis relacionadas à energia elétrica são a produção de energia no próprio edifício através de fontes renováveis e o condicionamento térmico passivo, que implica diretamente na redução do consumo energético com sistemas ativos de climatização.

### **3.2.1.5 Energia produzida através de fontes renováveis**

Considera-se como energia renovável aquela produzida através de fontes naturais que se renovam, estando disponíveis indefinidamente. São consideradas como energias renováveis a energia solar térmica, a solar fotovoltaica, a eólica, a geotérmica, a biomassa e a maremotriz (SBTOOL, 2015).

Entre estas, as mais difundidas e utilizadas atualmente são a solar térmica através dos coletores solares para aquecimento de água quente sanitária, a solar fotovoltaica através dos painéis fotovoltaicos, e a biomassa através de sistemas de aproveitamento para o aquecimento da água sanitária e do ar em sistemas de climatização (SBTOOL, 2015).

A adoção de energias renováveis é importante pois elas contribuem à preservação dos recursos globais, reduzem a produção de gases de efeito estufa e outros poluentes, reduzem as perdas energéticas durante a transmissão pelo fato da produção estar próxima ao consumo, reduzem a necessidade do aumento da matriz energética do país e garantem a disponibilidade energética sem custos adicionais ao longo da vida útil do edifício.

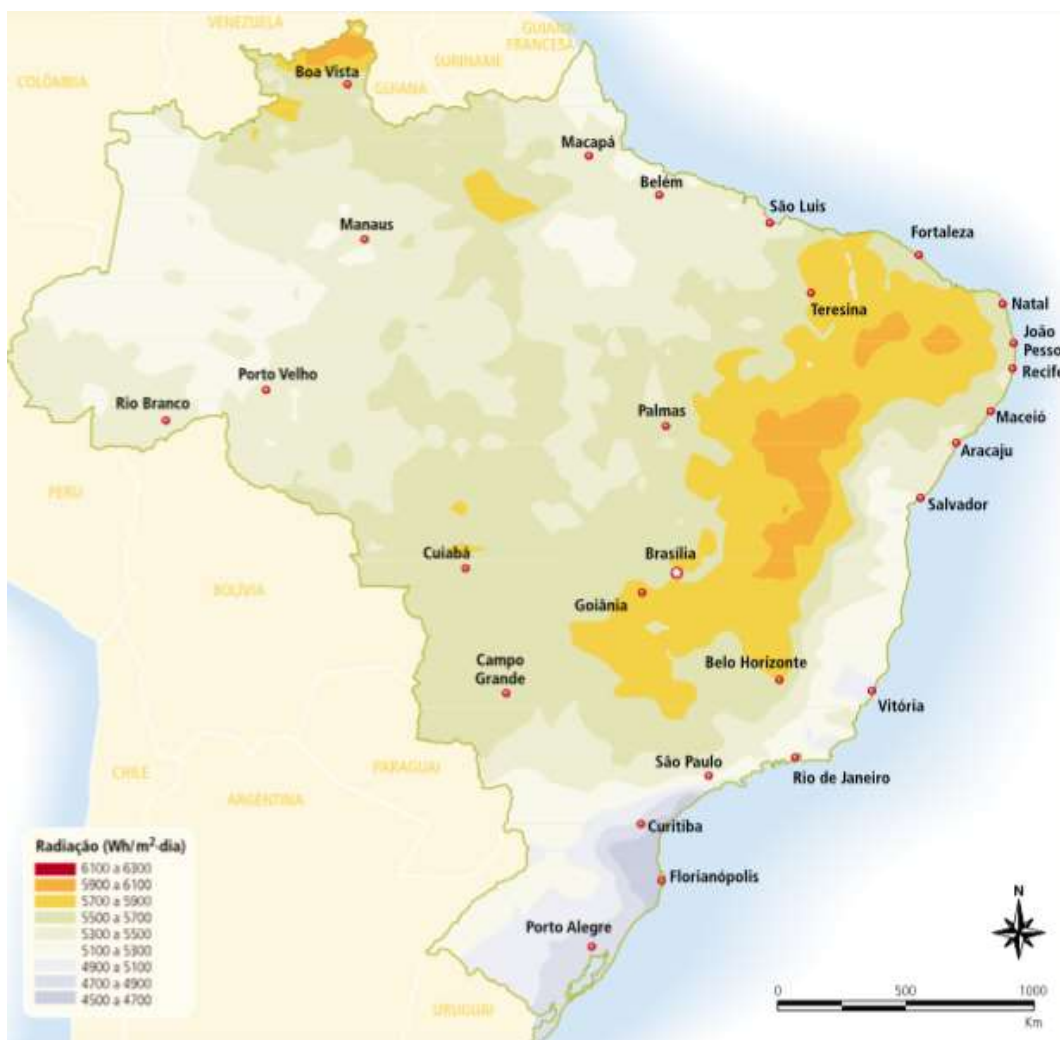
Os benefícios da energia solar para utilização própria em edifícios se mostra mais eficiente e flexível, principalmente para utilização no território brasileiro, que apresenta alta incidência solar pela maior parte de sua área estar localizado abaixo da Linha do Equador e acima do Trópico de Capricórnio (SEBASTIANELLI, 2016, p. 35). A utilização da biomassa e da energia eólica no Brasil ainda não são usuais e seu mercado é menor.

### CAPÍTULO 3

Para que se obtenha um bom aproveitamento da energia solar, é desejável que o território apresente alta incidência solar durante o dia e baixa variação de intensidade luminosa durante o ano. Este requisito é atendido por todo território brasileiro, inclusive a região sul, que é a zona com maior variação de intensidade luminosa anual (SEBASTIANELLI, 2016, p. 35).

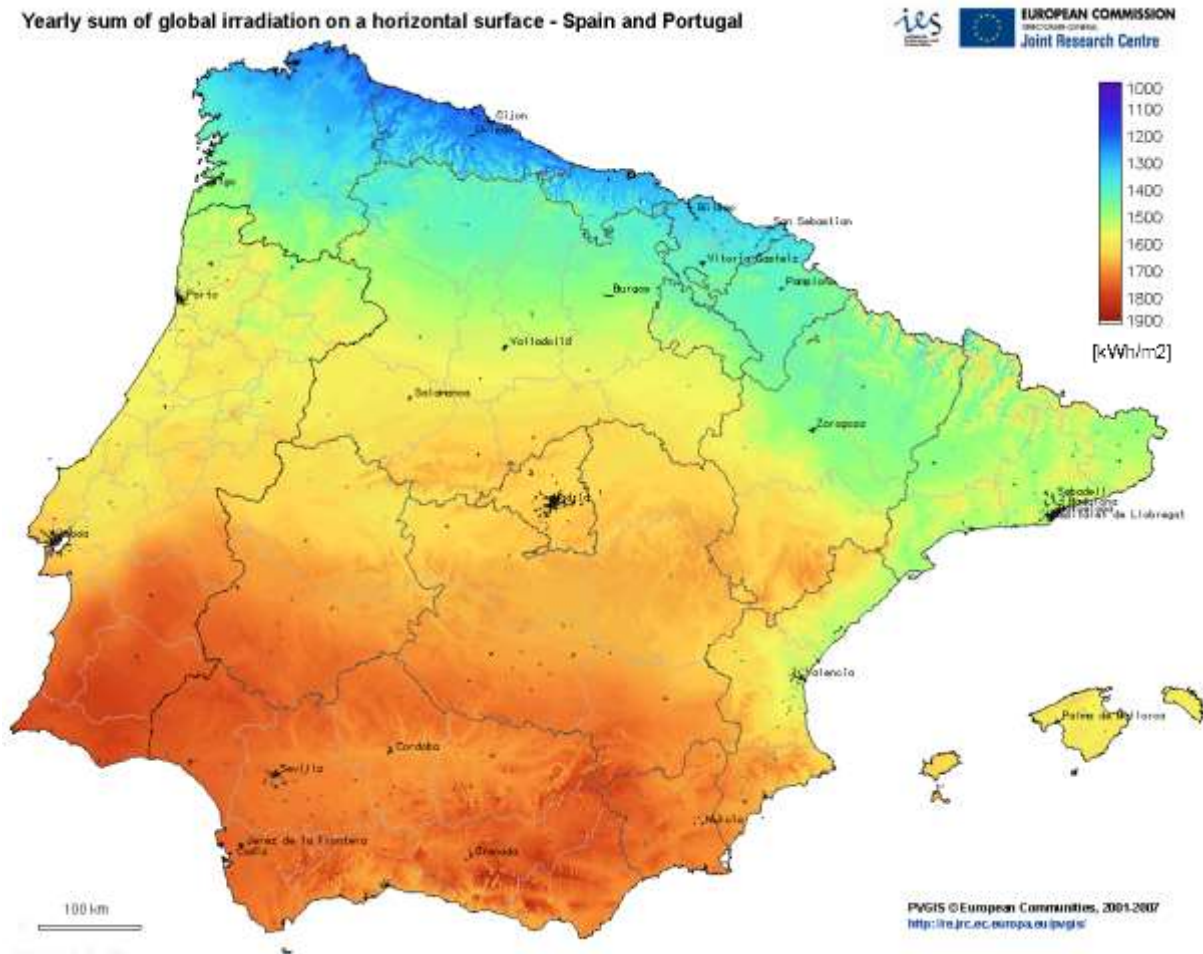
É necessário, também, que haja uma elevada incidência de irradiação solar no território, condição também atendida em todo território brasileiro (SEBASTIANELLI, 2016, p. 36).

Para melhor compreensão deste tópico, o Mapa 3.10 apresenta a irradiação solar no território brasileiro, em Wh/m<sup>2</sup>.dia e o Mapa 3.11 a irradiação solar em Portugal e na Espanha, em Wh/m<sup>2</sup>.



Mapa 3.10 – Irradiação solar no Brasil

Fonte: adaptado de ATLAS de Irradiação Solar no Brasil (1998, não paginado) *apud* SEBASTIANELLI, Francisco Siqueira (2016, p. 36).



Mapa 3.11 – Irradiação solar em Portugal e na Espanha, em Wh/m<sup>2</sup>

Fonte: Adaptado de European Commission (2007).

Analisando o Mapa 3.10 e o Mapa 3.11, conclui-se que as condições para a adoção de painéis solares na pior região do Brasil, que apresenta irradiação solar de 4.500 Wh/m<sup>2</sup>, ainda são mais propícias que nas melhores regiões de Portugal e da Espanha, com irradiação solar de 1900 Wh/m<sup>2</sup>, dois países que apresentam condições solares favoráveis considerando o cenário europeu. A irradiação solar mínima no Brasil, 4.500 Wh/m<sup>2</sup>, corresponde, mais precisamente a mais que o dobro que a máxima em Portugal e na Espanha, 1.900Wh/m<sup>2</sup>.

Mesmo com menores índices de irradiação, existe em Portugal um decreto-lei que obriga a instalação de painéis solares para aquecimento da água quente sanitária em edifícios novos e em grandes renovações (PORTAL DO MEIO AMBIENTE E DO CIDADÃO, 2006). A medida representa um enorme avanço em termos de sustentabilidade e garante redução da necessidade energética, portanto sua implantação no Brasil deveria ser estudada e a incentivada pela legislação.

### CAPÍTULO 3

Sendo a energia solar um assunto muito destacado nos últimos anos, sua evolução tecnológica tem ocorrido rapidamente. Esta foi reconhecida por muitos estudiosos, cientistas e grandes empresas como fonte de energia mais adequada ao futuro. Estes fatos a colocaram em destaque, o que contribuiu para seu desenvolvimento no mercado. Atualmente, existem empresas que alugam painéis fotovoltaicos, sendo responsáveis por todos os processos e custos de instalação, manutenção e substituição do sistema quando necessário.

O elevado potencial da energia solar chamou a atenção até de renomadas empresas, como a Google, que desenvolveu o *Project Sunroof*. Este utiliza de toda sua base de dados das imagens de satélite, para analisar a incidência solar no telhado das construções e determinar qual região do telhado seria a mais adequada para a instalação de painéis solares ou células fotovoltaicas. Ele permite também a alimentação de dados do consumo energético da edificação, para estimar os gastos com os equipamentos e qual seria o futuro valor gasto com energia elétrica, determinando em quantos anos o investimento inicial se pagaria e sugere companhias que vendem, alugam e financiam equipamentos solares e atendem a região em análise (GOOGLE, 2017). A principal vantagem do projeto é de analisar cada construção individualmente, determinando a melhor localização para o painel solar levando em consideração as condições do entorno.

Atualmente, o projeto funciona apenas nos Estados Unidos da América, mas, segundo a Google (2017), o mesmo será expandido o mais rápido possível. Entre as conclusões alcançadas pelo projeto até agora está o fato de que, em aproximadamente 80% de todas as construções americanas, a instalação de painéis solares ou de células fotovoltaicas é viável economicamente, levando em consideração a capacidade de geração energética e os custos envolvidos com o sistema (REILLY, 2017).

Considerando as vantagens da utilização de energias renováveis, o enfoque da energia solar no cenário mundial atual que irá resultar em tecnologias cada vez mais eficientes, e as condições de insolação do território brasileiro, cabe uma análise da incidência solar na edificação e da viabilidade de um projeto que tire proveito do sol para aquecer a água ou para gerar eletricidade. É possível que, em casos específicos, alguma outra fonte de energia renovável seja mais vantajosa que a solar, porém isso não é a realidade da maioria das construções em nenhuma das zonas bioclimáticas brasileiras e, portanto, é interessante que se inicie a análise de viabilidade dando prioridade à energia solar.

### **3.2.1.6 Redução do consumo de água**

A redução do consumo de água durante a fase de utilização dos edifícios pode ser alcançada com o uso de dispositivos domésticos que apresentem uma maior eficiência. Estes equipamentos garantem um menor consumo hídrico sem alterar o nível de conforto dos utilizadores. Alguns exemplos destes dispositivos são: bacias sanitárias com dupla descarga, bacias sanitárias com sistema seco, chuveiros de baixo fluxo, torneiras com arejador, torneiras com redutor de caudal, torneiras com temporizadores para espaços públicos, máquina de lavar louça de baixo consumo e máquina de lavar roupa de baixo consumo (SBTOOL, 2015).

Vale ainda ressaltar outras medidas que podem ser adotadas com o intuito de evitar o desperdício de água, como dar preferência a banhos de chuveiro em detrimento de banhos de imersão, não utilizar a bacia sanitária e uma respectiva descarga para descartar lenços de papel ou outros itens, colocar uma garrafa de plástico de um litro ou um litro e meio cheia de areia na caixa acoplada da bacia sanitária para reduzir o volume de água gasto em cada descarga, iniciar o ciclo de lavagem dos eletrodomésticos somente quando as máquinas de lavar louça e roupa estiverem em sua capacidade máxima, cobrir piscinas quando estas não estiverem sendo utilizadas para reduzir as perdas por evaporação, fechar as torneiras sempre que as mesmas não estiverem sendo utilizadas, procurar por vazamentos e erradicá-los o mais rápido possível (SBTOOL, 2015).

### **3.2.1.7 Reutilização de águas pluviais ou de águas cinzas**

A água potável é um recurso cada vez mais escasso e o crescimento populacional tende a piorar cada vez mais este cenário. No tratamento da água são utilizados procedimentos físicos e misturas químicas para garantir que a água atinja níveis de potabilidade, sua utilização mais nobre. No entanto, apenas atividades como de ingestão e contato direto com o ser humano exige esta elevada qualidade da água. Para usos menos nobres, como em torneiras internas, máquinas de lavar roupa e louça, bacias sanitárias, lavagens exteriores e rega, é possível a utilização de água que atenda com características menos exigentes, tornando possível a reutilização da água (SBTOOL, 2015).

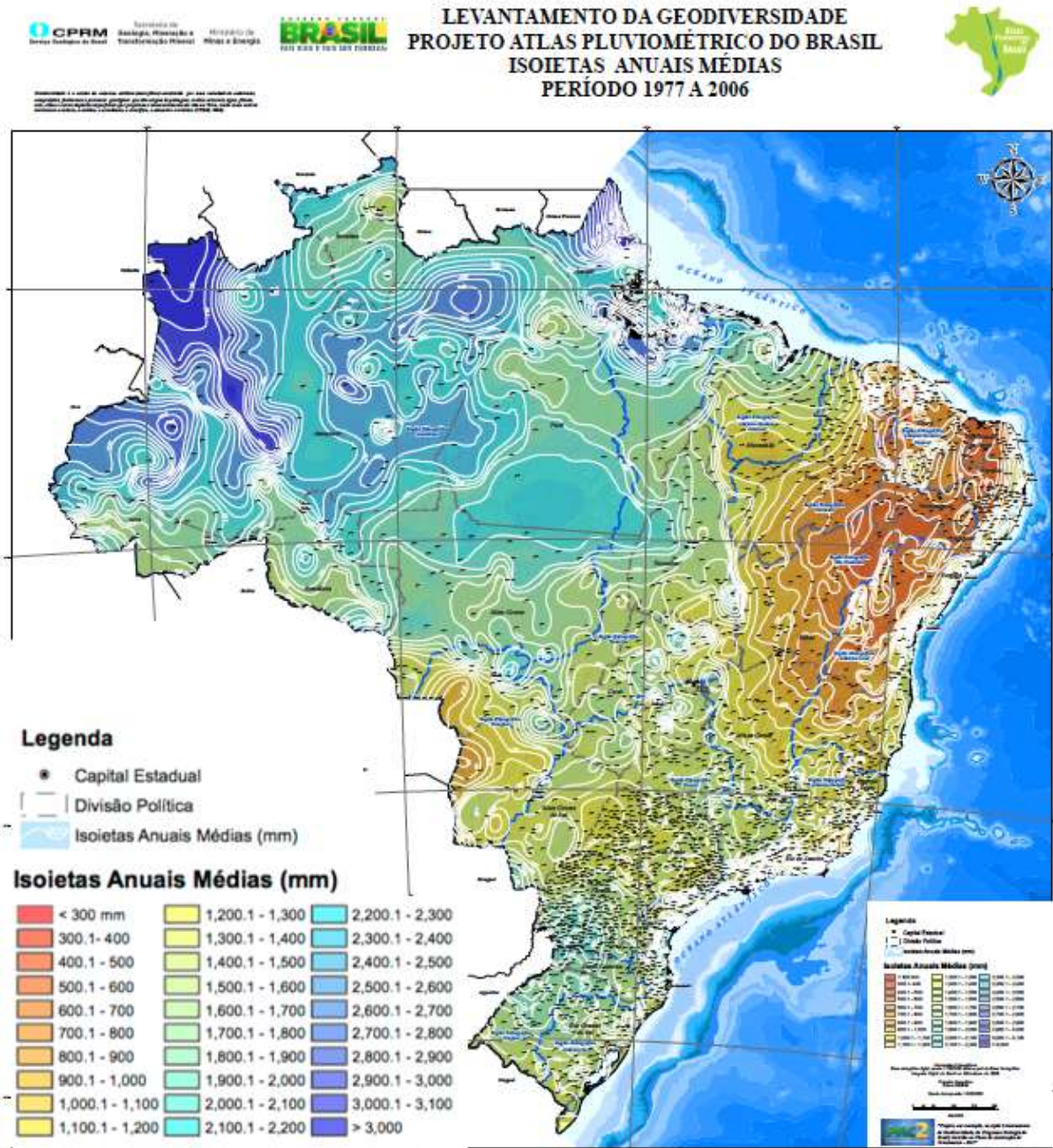
O reuso da água permite a redução da necessidade de tratamento de águas fluviais e a economia financeira, devido a diminuição do consumo de água potável, a redução do nível de utilização dos sistemas públicos de drenagem e a redução da quantidade de água residual que será tratada. Sendo assim, esta medida deve ser implantada sempre que possível.

A reutilização da água pode ser feita através de duas procedências: águas pluviais, que consiste na água proveniente da chuva, e de águas cinzas ou cinzentas, que corresponde a água proveniente dos chuveiros, banheiras, lavatórios e torneiras. As águas pluviais podem ser diretamente armazenadas e

### *CAPÍTULO 3*

utilizadas nas máquinas de lavar roupa e louça, bacias sanitárias, lavagens exteriores e rega. Se as mesmas forem tratadas, é possível utilizá-las, também, nas torneiras. Já as águas cinzas necessitam obrigatoriamente de tratamento e podem ser utilizadas nas mesmas atividades que águas pluviais que não foram tratadas (SBTOOL, 2015).

Um cenário considerado sustentável corresponde a totalidade de água utilizada nas bacias sanitárias como sendo águas reutilizadas, independentemente de sua procedência (SBTOOL, 2015). Para atingir esta meta é necessária uma estimativa do consumo sanitário através do número de habitantes da casa e de um estudo dos índices pluviométricos da região, identificados no Mapa 3.12, que permitam determinar o volume do reservatório e se seria possível suprir estas necessidades apenas com águas da chuva. As zonas bioclimáticas com maiores índices de chuva são a oito, a dois, a um, a três, a quatro, a cinco, a seis e a sete, respectivamente.



Mapa 3.12 – Atlas pluviométrico do Brasil

Fonte: modificado de Ministério de Minas e Energia (2017).

Além das condições pluviométricas locais, também é importante que se analise o tipo de edifício em questão. Em uma pequena construção unifamiliar é mais viável que se utilize somente as águas pluviais para reutilização, devido ao baixo número de moradores e, conseqüentemente, baixo volume de água destinada ao uso em bacias sanitárias. Já em grandes prédios multifamiliares ou em edifícios corporativos, devido ao alto número de moradores e usuários e, conseqüentemente, elevado volume de água utilizado em bacias sanitárias, é comum que apenas a utilização de águas

pluviais não seja o suficiente, tornando interessante a implantação de um sistema de filtros que permita o reuso de águas cinzas, em adição ao sistema de águas pluviais.

### **3.2.1.8 Acessibilidade ao transporte público**

É de conhecimento comum que o meio de transporte público é menos prejudicial à cidade do que o meio de transporte privado, tanto em termos de poluição, o que afeta diretamente o ambiente e a saúde da população, quanto em termos de saturação da infraestrutura existente. Visando um incentivo ao meio de transporte público, é de suma importância que se aumente o grau de conforto e satisfação dos seus utilizadores. Para que isso ocorra existem três aspectos que devem ser analisados: a proximidade entre a edificação e o ponto de parada do transporte, a frequência com que o transporte passa, e a quantidade e abrangência das linhas (SBTOOL, 2015).

Estes aspectos devem ser levados em consideração durante a escolha do terreno em que um novo edifício será construído e em operações urbanísticas relacionadas aos meios de transporte, visando, cada vez mais, integrar todas as partes de uma cidade, tornando-a mais sustentável.

### **3.2.1.9 Acessibilidade às amenidades**

A existência de amenidades (estabelecimentos comerciais e de serviços necessários para suprir as necessidades do dia-a-dia) nas proximidades do edifício contribui para a criação de comunidades integradas e sustentáveis. Isto se dá pelo fato destas incentivarem o contato e convívio com pessoas e o deslocamento dos moradores a pé ou de bicicleta em detrimento de meios de transporte automotores, contribuindo para a saúde física dos indivíduos e evitando a geração de poluição (SBTOOL, 2015).

Para que um edifício seja eficiente nesta medida ele deve estar locado suficientemente próximo de estabelecimentos como mercearias, açougues, cafés, espaços exteriores públicos, bancos ou caixas eletrônicos, escolas, correios, farmácias, parques, centros comerciais, centros desportivos, médicos, centros recreativos, igrejas e restaurantes, para que os deslocamentos sejam feitos a pé ou de bicicleta (SBTOOL, 2015).

Este aspecto deve ser analisado durante a escolha do terreno em que um novo edifício será construído. Para incentivar ainda mais esta medida também pode-se pensar em edifícios mistos, aqueles que apresentem áreas destinadas à habitação, ao comércio e aos serviços em uma mesma construção.

### **3.2.1.10 Conforto acústico**

Elevados níveis sonoros estão relacionados a danos físicos e psicológicos, a desentendimento entre vizinhos e a piora das condições de conforto dos habitantes (SBTOOL, 2015). Com intenção de evitar e reduzir estes impasses, é interessante a adoção de medidas para controle acústico.

A transmissão sonora ocorre de duas maneiras: condução aérea e condução pela percussão dos materiais. É possível medir seus respectivos valores através de equipamentos como o decibelímetro, permitindo a sugestão de soluções mais adequadas à cada problema em edifícios existentes que já apresentem esta patologia. Na análise da construção de um edifício novo, no entanto, é mais vantajoso economicamente a execução de um projeto acústico prévio, que determine os limites de isolamento de cada ambiente de acordo com sua utilização e preveja as medidas preventivas mais convenientes em cada situação.

De forma geral, medidas destinadas a melhorar as condições de inércia térmica também contribuem para melhorar as condições sonoras da edificação. Outras soluções que podem ser adotadas para contribuir com o isolamento de sons de condução aérea são o acréscimo da massa do elemento construtivo, a integração de materiais absorventes, a introdução de caixas-de-ar, a utilização de elementos duplos ou triplos com panos de espessuras diferentes, a utilização de caixilharia dupla, de vidros duplos ou triplos e o tratamento de conexões para reduzir as transmissões marginais. Para o combate da transmissão de sons de percussão recomenda-se a utilização de pisos flutuantes e materiais resilientes no revestimento dos pavimentos (SBTOOL, 2015).

Seria interessante, também, a implantação de uma legislação que determine limites mínimos de isolamento acústico das edificações e limites máximos de emissão de ruídos em cada região, como o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios e o Regulamento Geral de Ruídos, respectivamente, ambos em vigor em Portugal (PORTUGAL, 2002). Para que as soluções sejam consideradas sustentáveis, no entanto, as exigências devem ser maiores do que as propostas nestes decretos-lei, contribuindo para melhora na qualidade de conforto dos habitantes.

### **3.2.1.11 Incentivo à reciclagem**

O estudo sobre a gestão de resíduos propõe inicialmente cessar a geração do resíduo, seguido por reduzir a mesma, reciclar os resíduos, reutilizá-los, tratá-los e descartá-los. Sendo assim, deve-se incentivar ao máximo a reciclagem de todos os resíduos após a tentativa de erradicar e reduzir sua produção.

### *CAPÍTULO 3*

A responsabilidade sobre a reciclagem dos resíduos é dividida entre órgãos públicos, que devem implantar postos de separação e de coleta de lixo reciclado, e a população, que deve separar cada tipo de resíduo e levá-lo até os postos de coleta.

Na concepção de um edifício novo é possível a destinação de determinadas áreas para separação de resíduos recicláveis, até que se atinja um determinado volume e conduzam-se os resíduos para os postos de reciclagem. Em construções já existentes é possível a determinação de áreas destinadas a materiais recicláveis e desenvolvimento de programas de conscientização e incentivo da reciclagem para os moradores e utilizadores.

Uma medida simples que pode ser adotada para incentivar a reciclagem dos resíduos tanto no Brasil como em Portugal é a instalação de máquinas coletoras de lixo reciclável nos próprios mercados, como existe em cidades como Copenhague, capital da Dinamarca. Nestas máquinas se insere os itens recicláveis já limpos e a máquina analisa e escanea o código de barra da embalagem, coletando o lixo e o separando por tipo de material para que depois ele seja levado às usinas de reciclagem. A cada embalagem está associado um valor correspondente ao retorno obtido com a reciclagem do mesmo e, ao final do processo, a máquina gera um cupom de desconto no valor da somatória das embalagens inseridas para ser utilizado no próprio mercado.

A utilização deste tipo de máquina é interessante para os consumidores pelo fato de receberem um cupom de desconto no supermercado pelas embalagens destinadas à reciclagem, ao supermercado, por conseguir obter uma margem entre o valor recebido pela reciclagem dos materiais e o desconto dado aos consumidores, as indústrias de reciclagem, por receberem materiais recicláveis já limpos e terem os supermercados como confiáveis fornecedores de materiais para reciclagem, para os governos, por reduzir gastos com pontos de coleta de lixo reciclável e ao meio ambiente, por reduzir o consumo de matérias-primas, aproveitar ao máximo as matérias-primas já extraídas e reduzir a quantidade de resíduos destinada a aterros sanitários.

#### **3.2.1.12 Incorporação de resíduos na produção de materiais**

Aliado a reciclagem se encontra a incorporação de resíduos na produção de materiais. Esta pode resultar na redução da necessidade de extração de matérias-primas, na economia de energia e na redução de custos, além de contribuir com o prolongamento da vida útil dos materiais e adiando sua destinação à aterros.

A construção civil está repleta de possibilidades relacionadas a este aspecto. Um exemplo de incorporação de resíduos na produção de materiais é a utilização de escórias e pozolana na produção de cimento, que funciona como um ligante hidráulico e evita a necessidade de calcinação,

permitindo redução do consumo de energia em até 80% ao longo de todo processo (BONFIM, 2012). Estes incrementos são subprodutos da produção do ferro gusa e, se não fossem utilizados na produção de cimento, seriam descartados.

Outro exemplo sobre este tema que merece destaque é a utilização de pneus usados na execução de pavimentos asfálticos. Para isso, os pneus são triturados, o aço contido neles é separado através de um imã e destinado à reciclagem em siderúrgicas. Sua borracha pode ser reutilizada para confecção de produtos novos ou na execução de misturas asfálticas e utilizada em estradas. Nada é perdido neste processo (GLOBO, 2012). Entre as vantagens da utilização da borracha de pneus em misturas asfálticas, estão o prolongamento da vida útil do pavimento, o aumento do retorno elástico, da resistência ao envelhecimento precoce por oxidação do cimento asfáltico de petróleo, da resistência às intempéries e redução do fenômeno de trilhas de rodas, devido a maior resistência às deformações plásticas (GIULIO, 2007).

Outro tipo de incorporação de resíduos que se mostra promissor no ambiente da construção civil é a utilização de resíduos da construção. O material deve ser separado e classificado conforme suas características físicas e mecânicas, como, por exemplo, suas dimensões e sua resistência. Estes são utilizados principalmente como agregados graúdos na produção de concreto e como material de enchimento. Assim como nos outros exemplos citados, este procedimento prolonga a vida útil do material, reduz a necessidade de exploração de recursos naturais, reduz o consumo energético na produção de materiais e apresentam vantagens financeiras.

### **3.2.2 Medidas aplicáveis por zona bioclimática**

#### **3.2.2.1 Dimensão e sombreamento das aberturas para ventilação**

A seguir serão apresentadas recomendações sobre o tamanho das aberturas para ventilação natural e estratégias para o sombreamento das mesmas em ambientes de longa permanência, como dormitórios, cozinhas e salas. Elas foram sugeridas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (2003) na Norma Brasileira Registrada 15220-3. As medidas foram determinadas visando alcançar um conforto térmico em edificações unifamiliares com até três pavimentos.

- a) zona bioclimática 01: recomenda-se que a área das aberturas para ventilação seja de 15% a 25% a área do piso do ambiente e que seu sombreamento permita a entrada de sol durante o inverno;

- b) zona bioclimática 02: recomenda-se que a área das aberturas para ventilação seja de 15% a 25% a área do piso do ambiente e que seu sombreamento permita a entrada de sol durante o inverno;
- c) zona bioclimática 03: recomenda-se que a área das aberturas para ventilação seja de 15% a 25% a área do piso do ambiente e que seu sombreamento permita a entrada de sol durante o inverno;
- d) zona bioclimática 04: recomenda-se que a área das aberturas para ventilação seja de 15% a 25% a área do piso do ambiente e que seu sombreamento seja constante;
- e) zona bioclimática 05: recomenda-se que a área das aberturas para ventilação seja de 15% a 25% a área do piso do ambiente e que seu sombreamento seja constante;
- f) zona bioclimática 06: recomenda-se que a área das aberturas para ventilação seja de 15% a 25% a área do piso do ambiente e que seu sombreamento seja constante;
- g) zona bioclimática 07: recomenda-se que a área das aberturas para ventilação seja de 10% a 15% a área do piso do ambiente e que seu sombreamento seja constante;
- h) zona bioclimática 08: recomenda-se que a área das aberturas para ventilação seja superior a 40% a área do piso do ambiente e que seu sombreamento seja constante.

Com a intenção de garantir o sombreamento das aberturas para ventilação nas zonas bioclimáticas em que esta medida é recomendada, é possível a utilização de palas, de *brises*, das próprias sacadas do andar superior, caso sua profundidade seja dimensionada estrategicamente, e da vegetação do entorno, que deve atender os requisitos de sombreamento e ser nativa, garantindo sua subsistência sem a necessidade de rega.

### 3.2.2.2 Envoltória externa

Visando um desempenho térmico satisfatório para edificações habitacionais unifamiliares com até três pavimentos, a Associação Brasileira de Normas Técnicas criou, em 2003, a Norma Brasileira Registrada 15220-3, que estipula recomendações sobre as características dos materiais que serão utilizados na envoltória externa (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003).

Para que estas sejam compreendidas corretamente convém a definição de alguns conceitos, sendo eles: transmitância térmica, atraso térmico e fator solar. A transmitância térmica é o inverso da somatória das resistências térmicas correspondentes a todas as camadas de um elemento. Ela é representada pela letra maiúscula "U" e é medida em Watt por metro quadrado por Kelvin (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2003). O atraso térmico, segundo a Associação Brasileira

de Normas Técnicas (2003) na Norma Brasileira Registrada 15220-1, corresponde ao "Tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente construtivo submetido a um regime periódico de transmissão de calor.". Ele é representado pela letra grega minúscula " $\phi$ " e é medido em horas. O fator solar de elementos opacos, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2003) na Norma Brasileira Registrada 15220-1, corresponde ao "Quociente da taxa de radiação solar transmitida através de um componente opaco pela taxa da radiação solar total incidente sobre a superfície externa do mesmo.", é representado pelas letras "FSo" e é adimensional.

As recomendações estipulam limites para os valores da transmitância térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos opacos admissíveis para as vedações externas, que são apresentados na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Valores de referência para a transmitância térmica, o atraso térmico e o fator solar de paredes e coberturas

Vedações Externas		Transmitância térmica (U)	Atraso térmico ( $\phi$ )	Fator solar (FSo)
		W/m <sup>2</sup> .K	Horas	%
Paredes	Leve	U ≤ 3,00	$\phi$ ≤ 4,3	FSo ≤ 5,0
	Leve refletora	U ≤ 3,60	$\phi$ ≤ 4,3	FSo ≤ 4,0
	Pesada	U ≤ 2,20	$\phi$ ≥ 6,5	FSo ≤ 3,5
Coberturas	Leve isolada	U ≤ 2,00	$\phi$ ≤ 3,3	FSo ≤ 6,5
	Leve refletora	U ≤ 2,30	$\phi$ ≤ 3,3	FSo ≤ 6,5
	Pesada	U ≤ 2,00	$\phi$ ≥ 6,5	FSo ≤ 6,5

Fonte: ABNT (2003, p. 17).

- a) zona bioclimática 01: parede de tipologia leve e cobertura de tipologia leve isolada;
- b) zona bioclimática 02: parede de tipologia leve e cobertura de tipologia leve isolada;
- c) zona bioclimática 03: parede de tipologia leve refletora e cobertura de tipologia leve isolada;
- d) zona bioclimática 04: parede de tipologia pesada e cobertura de tipologia leve isolada;
- e) zona bioclimática 05: parede de tipologia leve refletora e cobertura de tipologia leve isolada;
- f) zona bioclimática 06: parede de tipologia pesada e cobertura de tipologia leve isolada;

### CAPÍTULO 3

- g) zona bioclimática 07: parede de tipologia pesada e cobertura de tipologia pesada;
- h) zona bioclimática 08: parede de tipologia leve refletora e cobertura de tipologia leve refletora.

Apesar destes valores terem sido recomendados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas como forma de obter um bom desempenho térmico da edificação, eles não são compatíveis com as construções sustentáveis atuais. Sendo o melhor exemplo da construção sustentável atual os edifícios conhecidos como *Near Zero Energy Buildings (nZEB)* ou Edifícios de Energia Quase Zero, que consistem em edifícios que apresentam um elevado desempenho energético. Eles utilizam métodos de redução do consumo energético e ao menos uma forma de produção de energia, para que seu balanço energético seja próximo de zero, ou seja, ele quase não consome energia elétrica da rede de abastecimento (SOUTHZEB, 2017).

Baixos valores de transmitância térmica são uma forma eficiente de amenizar as variações térmicas no interior da edificação, diminuindo a amplitude térmica do interior do edifício quando comparado ao exterior. Ela também diminui as trocas de calor entre o ambiente interno e externo, reduzindo as perdas, caso seja utilizado alguma forma mecânica de climatização e, conseqüentemente, aumenta a eficiência do sistema de uma forma geral.

Como exemplo de *nZEB* em Portugal podemos citar a Casa Passiva de Ílhavo, que consiste em um edifício residencial na região de Aveiro, a Rainha D. Leonor, um edifício residencial na região do Porto e o Edifício Solar XXI, um edifício de escritórios na região de Lisboa. Seus coeficientes de transmitância térmica das paredes e das coberturas são, respectivamente: 0,262 W/(m<sup>2</sup>.K) e 0,234 W/(m<sup>2</sup>.K); 0,45 W/(m<sup>2</sup>.K) e 0,64 W/(m<sup>2</sup>.K) e 0,45 W/(m<sup>2</sup>.K) e 0,26 W/(m<sup>2</sup>.K) (SOUTHZEB, 2017).

Outras construções *nZEB* presentes no Reino Unido, França, Grécia, Alemanha, Itália e Austria apresentam valores de transmitância térmica de paredes e coberturas sempre entre 0,100 e 0,678 W/(m<sup>2</sup>.K) (SOUTHZEB, 2017), ou seja, valores muito inferiores aos recomendados pela Norma Brasileira Registrada 15220-3.

Acredita-se que, a principal causa para isso ocorrer, é o fato da Norma Brasileira Registrada em questão ter sido proposta em 2003, se mostrando muito desatualizada para o cenário atual. Para contornar este empecilho, se utilizará as recomendações de um guia produzido em 2014 pelo Procel em conjunto com a Eletrobras e com o Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações que visa o alcance de um bom desempenho energético nas edificações. Este recomenda limites de transmitância térmica para paredes e coberturas em cada uma das zonas climáticas para situações em que os ambientes sejam ou não climatizados artificialmente, conforme indica a Tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Recomendações de Transmitância Térmica para cada zona climática

Zona Bioclimática	Paredes Externas	Cobertura	
		(ambientes condicionados artificialmente)	(ambientes não condicionados artificialmente)
1	$U \leq 1,00$	$U \leq 0,50$	$U \leq 1,00$
2	$U \leq 1,00$	$U \leq 0,50$	$U \leq 1,00$
3	$U \leq 3,70$	$U \leq 1,00$	$U \leq 2,00$
4	$U \leq 3,70$	$U \leq 0,50$	$U \leq 2,00$
5	$U \leq 1,00$	$U \leq 0,50$	$U \leq 1,00$
6	$U \leq 1,00$	$U \leq 0,50$	$U \leq 1,00$
7	$U \leq 1,00$	$U \leq 0,50$	$U \leq 1,00$
8	$U \leq 1,00$	$U \leq 0,50$	$U \leq 1,00$

Fonte: adaptado de PROCEL (2014)

Pode-se perceber que as recomendações presentes na Tabela 3.4 são, na maioria dos casos, mais exigentes que as presentes na Norma Brasileira Registrada 15220-3 e, que estão mais condizentes com os valores de transmitância térmica dos principais modelos atuais de construções sustentáveis.

### 3.2.2.3 Estratégias de condicionamento térmico passivo

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2003), através da Norma Brasileira Registrada 15220-3, sugere ainda outras estratégias que podem ser adotadas com o objetivo de melhorar o conforto térmico nas edificações em estações específicas, sendo elas:

- a) aquecimento solar da edificação: tirar proveito da radiação solar para aquecimento passivo. Para isso deve-se atentar a orientação dos envidraçados, a forma, orientação e implantação da edificação, assim como utilizar cores escuras nas fachadas, para maior absorção da radiação solar;
- b) vedações internas com elevada inércia térmica: permite que o calor seja absorvido durante os períodos mais quentes do dia (manhã e tarde), e seja liberado aos poucos durante o período mais frio (noite), aquecendo o ambiente, amenizando a variação térmica e aumentando o conforto dos habitantes;
- c) resfriamento evaporativo: deve ser utilizado em climas quentes e secos. A evaporação da água ameniza a sensação de calor. Para utilizar esta estratégia, deve-se introduzir no ambiente que se deseja resfriar alguma vegetação, fonte de água ou outro recurso que resulte em evaporação de água;

- d) massa térmica para resfriamento: a utilização de paredes e coberturas pesadas permite que, durante o dia, enquanto as temperaturas externas são elevadas, a temperatura interna se mantenha mais amena por um período maior de tempo, reduzindo assim a variação térmica e aumentando o conforto dos habitantes;
- e) ventilação: utiliza a circulação de ar para amenizar a sensação de desconforto térmico. Utilizando-se da ventilação cruzada a fim de garantir uma eficiente circulação de ar, o ambiente deve apresentar aberturas para ventilação em mais de uma fachada, ou então estar conectado com outros ambientes adjacentes através de alguma abertura. Para que esta estratégia seja eficiente, deve-se analisar ainda em fase de projeto os ventos predominantes durante a estação de arrefecimento no local onde a edificação será construída, atentando-se também para possíveis obstáculos no entorno da construção e levar estes fatores em consideração na escolha da orientação do edifício. Outra estratégia que pode ser utilizada para promover a ventilação natural nas construções é a ventilação pelo efeito chaminé, também conhecida como ventilação por impulsão térmica ou por ação do gradiente térmico. Esta é mais eficiente quando utilizada em edifícios que apresentam uma altura elevada ou em edifícios menores em locais em que a diferença de temperatura entre o interior e o exterior do edifício seja em torno de oito graus Celsius ou superior. Neste fenômeno, a movimentação de ar é instigada pela diferença entre o peso específico do ar, que por sua vez, ocorre devido às diferenças de temperatura. O ar no interior do edifício, normalmente mais quente, é menos denso, o que gera uma sobrepressão nas aberturas em uma cota menos elevada e uma subpressão em aberturas em uma cota mais elevada. Esta diferença de pressão gera um fluxo de ar ascendente contínuo.

Com a definição de cada estratégia e seu funcionamento, pode-se dar continuidade às recomendações a serem adotadas em cada uma das zonas bioclimáticas, sendo elas:

- a) zona bioclimática 01: durante o inverno pode-se tirar proveito do aquecimento solar e de vedações internas com elevada inércia térmica para contribuir para o aquecimento da edificação. Mesmo adotando estas medidas passivas, o conforto térmico não será completamente alcançado durante o período mais frio do ano, devendo ser prevista alguma forma mecânica de aquecimento;
- b) zona bioclimática 02: durante o inverno pode-se tirar proveito do aquecimento solar e de vedações internas com elevada inércia térmica para contribuir com o aquecimento da edificação; durante o verão pode-se tirar proveito da ventilação para contribuir com o arrefecimento da edificação. Mesmo adotando estas medidas passivas, o conforto

térmico não será completamente alcançado durante o período mais frio do ano, devendo ser prevista alguma forma mecânica de aquecimento;

- c) zona bioclimática 03: durante o inverno pode-se tirar proveito do aquecimento solar e de vedações internas com elevada inércia térmica para contribuir com o aquecimento da edificação; durante o verão pode-se tirar proveito da ventilação para contribuir com o arrefecimento da edificação. Estas medidas passivas são consideradas como suficientes para que se alcance o conforto térmico em todas as estações do ano;
- d) zona bioclimática 04: durante o inverno pode-se tirar proveito do aquecimento solar e de vedações internas com elevada inércia térmica para contribuir com o aquecimento da edificação; durante o verão pode-se tirar proveito da ventilação nos períodos em que a temperatura no interior da edificação seja superior à do exterior, do resfriamento evaporativo e da massa térmica para resfriamento. Estas medidas passivas são consideradas como suficientes para que se alcance o conforto térmico em todas as estações do ano;
- e) zona bioclimática 05: durante o inverno pode-se tirar proveito de vedações internas com elevada inércia térmica para contribuir com o aquecimento da edificação; durante o verão pode-se tirar proveito da ventilação para contribuir com o arrefecimento da edificação. Estas medidas passivas são consideradas como suficientes para que se alcance o conforto térmico em todas as estações do ano;
- f) zona bioclimática 06: durante o inverno pode-se tirar proveito de vedações internas com elevada inércia térmica para contribuir com o aquecimento da edificação; durante o verão pode-se tirar proveito da ventilação nos períodos em que a temperatura no interior da edificação seja superior a do exterior, do resfriamento evaporativo e da massa térmica para resfriamento. Estas medidas passivas são consideradas como suficientes para que se alcance o conforto térmico em todas as estações do ano;
- g) zona bioclimática 07: durante o verão pode-se tirar proveito da ventilação nos períodos em que a temperatura no interior da edificação seja superior à do exterior, do resfriamento evaporativo e da massa térmica para resfriamento. Estas medidas passivas são consideradas como suficientes para que se alcance o conforto térmico em todas as estações do ano;
- h) zona bioclimática 08: durante o verão pode-se tirar proveito da ventilação permanente. Mesmo adotando esta medida passiva, o conforto térmico não será completamente alcançado durante o período mais quente do dia, devendo ser prevista alguma forma mecânica de arrefecimento.



## CAPÍTULO 4

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

#### 4.1 CONCLUSÕES

As grandes dimensões do território brasileiro fazem com que suas condições climáticas sejam muito divergentes. Isto impossibilita a adoção de medidas sustentáveis genéricas a todo território, exigindo uma análise mais profunda para a determinação da medida ideal para cada zona climática. Por conta disto, com base no levantamento das características de cada zona bioclimática brasileira, no estudo dos métodos de avaliação da sustentabilidade existentes e nas diretrizes propostas, pode-se chegar em algumas considerações importantes.

Diante das diretrizes apresentadas, fica claro que é viável tornar um edifício mais sustentável no Brasil. Atualmente, existem diversas soluções que podem ser adotadas para que se alcancem construções menos degradantes ao meio ambiente, contribuindo ao mesmo tempo, com questões sociais e econômicas. Também já existem ferramentas de avaliação da sustentabilidade com variações específicas para o cenário brasileiro que podem ser utilizadas. Ferramentas deste tipo provenientes de outros países, também podem ser utilizadas, com o devido cuidado. Estas podem ser usadas como base caso as características climáticas da região de origem se mostrem semelhantes ao local de inserção do edifício ou como referência na busca de soluções que se mostrem eficientes independentemente da região em que forem implantadas.

Pode-se concluir também, que é de extrema importância a atualização constante de parâmetros aceitos como eficientes, dada a velocidade com que o assunto é estudado e equipamentos mais eficientes são criados. A Norma Brasileira Registrada 15220-3, que entrou em vigor em 2003, se mostra desatualizada ao propor a utilização de materiais com valores de transmitância térmica tão elevados, que não podem ser considerados como sustentáveis nos dias atuais. Objetivando uma construção realmente sustentável, é extremamente importante a utilização de produtos e valores limites condizentes com a realidade atual.

É interessante ressaltar a diferença entre os limites e as estratégias de condicionamento térmico passivo nas diversas zonas climáticas. Com isto, pode-se concluir que é necessário a utilização de medidas que

condizam com as características climáticas da região em análise. Tornando necessária uma análise específica do sítio em que o edifício será construído para propor medidas sustentáveis que se mostrem realmente eficientes.

Considerando todas as vantagens asseguradas pelas medidas sustentáveis expostas e desenvolvidas ao longo deste trabalho, acredita-se que as razões principais pelas quais elas não são largamente utilizadas nos projetos e nas construções brasileiras é seu desconhecimento por parte da população e a incerteza de sua eficiência para a região em análise. Este trabalho busca, em parte, refinar estas duas realidades dos dias atuais.

## 4.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Dentro do tema de sustentabilidade, ainda há muito o que ser estudado. É possível que sejam feitas análises e comparações para aprofundar cada um dos aspectos expostos neste trabalho isoladamente, buscando a determinação do método mais eficiente entre os existentes. Um exemplo é a comparação entre sistemas de utilização de águas pluviais e de águas cinzas, analisando seus respectivos custos e variáveis como o tipo de edifício, dividido entre habitacional, comercial, de serviço e industrial, e o número de usuários do sistema.

A investigação de soluções novas e o desenvolvimento de propostas que visem a evolução das mesmas, também se mostra como uma área que deve ser foco de pesquisas. Um exemplo são os já existentes filmes fotovoltaicos translúcidos, que captam energia solar da mesma maneira que painéis solares, mas são transparentes e podem, portanto, ser utilizados em janelas envidraçadas. Estes, no entanto, ainda apresentam rendimento energético muito baixo, o que dificulta a garantia de viabilidade econômica e, conseqüentemente, a sua utilização.

Também merece destaque de estudo no meio acadêmico adaptações de medidas sustentáveis. Um exemplo é o painel fotovoltaico desenvolvido pela empresa americana *Solar City*, que oferece o sistema de células fotovoltaicas de uma forma visualmente mais atrativa. Este está mascarado como algum dos tipos de telha comumente visto nas residências americanas, e a empresa desenvolvedora alega que as células fotovoltaicas são imperceptíveis quando vistas do nível da rua. A comparação deste método com o tradicional poderia ser uma forma de divulgá-lo, bem como contribuir na decisão de que método mais se adequa a cada usuário.

Os estudos que tem medidas sustentáveis como foco devem se estender, devido aos diversos benefícios destas soluções. Isto é importante para que seja possível reduzir a degradação ambiental, aprimorar as condições de vida da população e garantir um futuro mais digno às próximas gerações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **Desempenho térmico de edificações - Parte 1: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social-NBR 15220-1**. Rio De Janeiro, 2003.

ABNT. **Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social-NBR 15220-3**. Rio De Janeiro, 2003.

BONFIM, Isabel Paganine. Sustentabilidade, construção civil e reciclagem podem andar juntas. **Câmara Brasileira da Indústria da Construção - Clipping**, Brasília, v. 290, 20 mar. 2012. Disponível em: <<http://www.cbic.org.br/sala-de-imprensa/noticia/sustentabilidade-construcao-civil-e-reciclagem-podem>>. Acesso em: 29 mar. 2017.

BRASIL. CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. (Org.). **Participação da indústria da construção na população ocupada**. 2015. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

BRASIL. Constituição (2009). Lei nº 12187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 29 dez. 2009. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm)>. Acesso em: 05 abr. 2017.

BRE (Reino Unido) (Org.). **BREEAM: Category issues and aims**. Disponível em: <<http://www.breeam.com/uk>>. Acesso em: 17 abr. 2017.

BRE (Reino Unido) (Org.). **BREEAM**. Disponível em: <<http://www.breeam.com/uk>>. Acesso em: 12 abr. 2017.

CAMPANILI, Maura; SCHÄFFER, Wigold Bertoldo. **Mata Atlântica: Patrimônio Nacional dos Brasileiros: Biodiversidade** 34. 2. ed. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2010. 410 p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/index.php/legislacao/biomas/category/27-mata-atlantica>>. Acesso em: 01 abr. 2017.

CASBEE (Japão) (Org.). **Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency**. Disponível em: <<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

DGNB (Alemanha) (Org.). **DGNB Criteria**. Disponível em: <<http://www.dgnb-system.de/en/system/criteria/core14/>>. Acesso em: 17 abr. 2017.

DRUMM, Fernanda Caroline et al. Poluição atmosférica proveniente da queima de combustíveis derivados do petróleo em veículos automotores. **Revista Eletronica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 18, n. 1, p.66-78, abr. 2014.

EARTH OVERSHOOT DAY (Org.). **Infographics**. 2016. Disponível em: <<http://www.overshootday.org/newsroom/infographics/>>. Acesso em: 06 abr. 2017.

ECOCHOICE (Portugal) (Org.). **I&D - SBTOOL PT - STPU**. Disponível em: <<http://www.ecochoice.pt/pt/iad/sbtoolpt-stpu>>. Acesso em: 11 abr. 2017.

EUROPEAN COMMISSION. **Yearly sum of global irradiation on a horizontal surface - Spain and Portugal**. 2007. Disponível em: <[http://sunbird.jrc.it/pvgis/countries/europe/g13y\\_es.png](http://sunbird.jrc.it/pvgis/countries/europe/g13y_es.png)>. Acesso em: 26 abr. 2017.

FERNANDES, Antônio Vitor Barbosa; AMORIM, José Ricardo Ribeiro. Concreto sustentável aplicado na construção civil. **Cadernos de Graduação**, Aracaju, v. 2, n. 1, p.79-103, mar. 2014. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/index.php/cadernoexatas/article/view/1093/728>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

FERREIRA, C.; SOUZA, H. A. DE; ASSIS, E. S. DE. **Estudo do clima brasileiro: Reflexões e recomendações sobre a adequação climática de habitações**. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais...**2014

GIULIO, Gabriela di. Vantagens ambientais e econômicas no uso de borracha em asfalto. **Inovação Uniemp**, São Paulo, v. 3, n. 3, p.12-15, maio 2007. Disponível em: <<http://inovacao.scielo.br/pdf/inov/v3n3/a08v3n3.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2017.

GLOBAL FOOTPRINT NETWORK (Org.). **Ecological Wealth of Nations**. 2016. Disponível em: <[http://www.footprintnetwork.org/content/documents/ecological\\_footprint\\_nations/](http://www.footprintnetwork.org/content/documents/ecological_footprint_nations/)>. Acesso em: 06 abr. 2017.

GLOBO (São Paulo). Borracha de pneus velhos vira asfalto mais duradouro em rodovias de SP: : Material é 30% mais caro que asfalto normal, mas vantagens compensam. Responsabilidade pela coleta do pneu usado é dos fabricantes.. **G1**, São Paulo, 11 maio 2012. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/sao-paulo-mais-limpa/noticia/2012/05/borracha-de-pneus-velhos-vira-asfalto-mais-duradouro-em-rodovias-de-sp.html>>. Acesso em: 29 abr. 2017.

GOOGLE (Estados Unidos da América) (Org.). **Project Sunroof**. Disponível em: <<https://www.google.com/get/sunroof#p=0>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

GREEN BUILDING COUNCIL (Estados Unidos da América) (Org.). **Better buildings are our legacy**. Disponível em: <<http://www.usgbc.org/leed>>. Acesso em: 11 abr. 2017.

HQE (França) (Org.). **A global movement**. Disponível em: <<http://www.behqe.com/presentation-hqe/what-is-hqe>>. Acesso em: 14 abr. 2017.

HQE (França) (Org.). **Introduction to HQE™ certification**. Disponível em: <<http://www.behqe.com/cerway/essentials>>. Acesso em: 14 abr. 2017.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Org.). **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável**. 2016. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ids/tabelas>>. Acesso em: 20 mar. 2017.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Brasi) (Org.). **Projeção da População do Brasil por sexo e idade: 2000-2060**. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao\\_da\\_populacao/2013/default\\_tab.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2013/default_tab.shtm)>. Acesso em: 28 mar. 2017.

KRAINER, Christiane Wagner Mainardes *et al.* Análise do impacto da implantação de sistemas ERP nas características organizacionais das empresas de construção civil. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p.117-135, 17 set. 2013. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/38878/27159>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

LIDERA (Portugal) (Org.). **LiderA: Sistema voluntário para a sustentabilidade dos ambientes construídos**. Disponível em: <[http://www.lidera.info/resources/LiderA\\_Apresentacao\\_geral\\_2011\\_v1.pdf?phpMyAdmin=77d31a787ce126bb305b5b4b9dcec31c](http://www.lidera.info/resources/LiderA_Apresentacao_geral_2011_v1.pdf?phpMyAdmin=77d31a787ce126bb305b5b4b9dcec31c)>. Acesso em: 17 abr. 2017.

LIDERA (Portugal) (Org.). **Sistema voluntário para a avaliação da construção sustentável**. Disponível em: <<http://www.lidera.info>>. Acesso em: 11 abr. 2017.

LIDERA (Portugal). **Tabela Geral dos Limiares: LiderA V 2.00 B4**. [S. l.]: Não Informada, 2015.

LUCAS, Vanessa; AMADO, Miguel. **Construção Sustentável – Sistema de Avaliação e Certificação**. 2011. 13 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Ramo de Construções, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Caparica, 2011. Disponível em: <<https://run.unl.pt/handle/10362/5613>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (Brasil) (Org.). **Projeto Atlas Pluviométrico do Brasil**. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/Isoietas\\_Totais\\_Anuais\\_1977\\_2006.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/Isoietas_Totais_Anuais_1977_2006.pdf)>. Acesso em: 26 abr. 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (Brasil) (Org.). **Amazônia**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/amazônia>>. Acesso em: 29 mar. 2017.

MOURA, Mariangela de; MOTTA, Ana Lucia Torres Seroa da. O fator energia na construção civil. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 9., 2013, Rio de Janeiro. **Congresso**. Rio de Janeiro: Inovarse, 2013. p. 1-14. Disponível em: <<http://www.inovarse.org/filebrowser/download/15525>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

MODERNA, Marcos de Amorim Coelho de; TERRA, Silvio Lygia. **Pontos Extremos do Brasil**. 2010. Disponível em: <<http://prasempregeografia.blogspot.com.br/2010/11/pontos-extremos-do-brasil.html>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

NABERS (Austrália) (Org.). **How NABERS works**. Disponível em: <[https://nabers.gov.au/public/webpages/ContentStandard.aspx?module=10&template=3&id=5&include=HowNabersWorks.htm&side=factsheets.htm#NABERS in short - a brief explainer](https://nabers.gov.au/public/webpages/ContentStandard.aspx?module=10&template=3&id=5&include=HowNabersWorks.htm&side=factsheets.htm#NABERS%20in%20short%20-%20a%20brief%20explainer)>. Acesso em: 15 abr. 2017.

NABERS (Austrália) (Org.). **NABERS - Built on Performance**. Disponível em: <<https://nabers.gov.au/public/webpages/ContentStandard.aspx?module=0&template=3&include=homeIntro.htm>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

PEGADA ECOLÓGICA (São Paulo) (Org.). **Pegada Ecológica: Nota Técnica**. 2015. Disponível em: <<http://www.pegadaecologica.org.br/2015/nota-tecnica.php>>. Acesso em: 06 abr. 2017.

PIGA, Talita Ravagnã; MANSANO, Sonia Regina Vargas. Sustentabilidade Ambiental e História: Uma Análise Crítica. **Revista Perspectivas Contemporâneas**, Campo Mourão, v. 10, n. 2, p.174-195, maio 2015. Disponível em: <<http://revista.grupointegrado.br/revista/index.php/perspectivascontemporaneas/article/view/1856/734>>. Acesso em: 25 mar. 2017.

PORTAL DO MEIO AMBIENTE E DO CIDADÃO. **Legislação**: Decreto-Lei nº 80/2006, de 4 de Abril. 2006. Disponível em: <<http://ambiente.maiadigital.pt/ambiente/energia/mais-informacao-1/legislacao>>. Acesso em: 28 abr. 2017.

PORTUGAL. Constituição (2002). Decreto-lei nº 129/2002, de 11 de maio de 2002. **Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios**. Disponível em: <[http://www.localplus.pt/Docs/R\\_Acusticos.pdf](http://www.localplus.pt/Docs/R_Acusticos.pdf)>. Acesso em: 23 abr. 2017.

PREFEITURA DE SÃO PAULO (Org.). **Plano Diretor**: Texto da Lei Ilustrado. Disponível em: <<http://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/marco-regulatorio/plano-diretor/texto-da-lei-ilustrado/>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

PROCEL (Brasil) (Org.). **Diretrizes para Obtenção de Classificação Nível A para Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas.** 2014. Disponível em: <[http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Manua l-A.pdf](http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Manua%20l-A.pdf)>. Acesso em: 30 ago. 2017.

PROCEL. **Guia técnico PROCEL EDIFICA Elaboração e atualização do código de obras e edificações.** Rio de Janeiro, IBAM, 2012. Disponível em: <[http://www.ibam.org.br/media/arquivos/estudos/guia\\_codigo\\_obras\\_1.pdf](http://www.ibam.org.br/media/arquivos/estudos/guia_codigo_obras_1.pdf)>

PROCEL. **Selo Procel.** Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={88A19AD9-04C6-43FC-BA2E-99B27EF54632}>>. Acesso em: 22 abr. 2017.

RILEY, Michael. *Google's New Tool Says Nearly 80 Percent of Roofs Are Sunny Enough for Solar Panels.* **Mit Technology Review**, Massachusetts, mar. 2017. Disponível em: <<https://www.technologyreview.com/s/603866/googles-new-tool-says-nearly-80-percent-of-roofs-are-sunny-enough-for-solar-panels/>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

RIBEIRO, Luíza Forlin Pereira E.; ABRAHÃO, Natália Martucelli Y.; SOLAK, Pedro Henrique Akabane. **Adição da Fibra de Bambu na Matriz Cimentícia do Concreto.** 2017. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2017.

SBTOOL (Portugal). **Parâmetros SBTool:** dimensões ambiental, social e económica. [S. l.]: Não Informada, 2015.

SEBASTIANELLI, Francisco Siqueira. **Energia Solar - Célula Fotovoltaica.** 2016. 85 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2016.

SILVA, Carlos Henrique Rubens Tomé. **Estocolmo'72, Rio de Janeiro'92 e Joanesburgo'02: as três conferências ambientais internacionais.** 6. ed. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas do Senado, 2011. Disponível em: <<http://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/boletins-legislativos/boletim-no-6-de-2011-estocolmo72-rio-de-janeiro92-e-joanesburgo02-as-tres-grandes-conferencias-ambientais-internacionais>>. Acesso em: 27 mar. 2017.

SOUTHZEB (Grécia). Intelligent Energy Europe Programme (Org.). Boas Práticas. Disponível em: <<http://www.southzeb.eu/pt-pt/boas-praticas/>>. Acesso em: 30 ago. 2017.

SOUTHZEB (Grécia). Intelligent Energy Europe Programme (Org.). **Rumo a Edifícios de Balanço Energético quase Zero (nZEB) através da formação em países do Sul da Europa.** Disponível em: <<http://www.southzeb.eu/pt-pt/>>. Acesso em: 30 ago. 2017.

SUSTAINABLE BUILDING ALLIANCE (Org.). **Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM).** Disponível em: <<http://www.sballiance.org/our-work/libraries/building-research-establishment-environmental-assessment-method-breeam/>>. Acesso em: 12 abr. 2017.

SUSTAINABLE BUILDING ALLIANCE (Org.). **DGNB certification system**. Disponível em: <<http://www.sballiance.org/our-work/libraries/deutsche-gesellschaft-fur-nachhaltiges-bauen-dgnb-or-german-sustainable-building-council/>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

SUSTAINABLE BUILDING ALLIANCE (Org.). **Haute Qualité Environnementale (HQE)**. Disponível em: <<http://www.sballiance.org/our-work/libraries/haute-qualite-environnementale/>>. Acesso em: 14 abr. 2017.

SUSTAINABLE BUILDING ALLIANCE (Org.). **Perfil de Calidad – Quality Profile (PdC)**. Disponível em: <<http://www.sballiance.org/our-work/libraries/perfil-de-calidad-pdc-quality-profile/>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

SUSTAINABLE BUILDING ALLIANCE (Org.). **SBTool**. Disponível em: <<http://www.sballiance.org/our-work/libraries/sbtool/>>. Acesso em: 12 abr. 2017.

SUSTAINABLE BUILDING ALLIANCE (Org.). **Schemes and Statistics**. Disponível em: <<http://www.sballiance.org/our-work/library/>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

WWF (Org.). **Pegada Ecológica Global**. 2013. Disponível em: <[http://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/especiais/pegada\\_ecologica/pegada\\_ecologica\\_global/](http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/pegada_ecologica/pegada_ecologica_global/)>. Acesso em: 06 abr. 2017.