

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

ANÁLISE E PROPOSIÇÃO DE ESTRATÉGIAS PROJETAIS
PARA ECO PARQUES TECNOLÓGICOS

DOUGLAS SANTOS SALVADOR

São Carlos

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

ANÁLISE E PROPOSIÇÃO DE ESTRATÉGIAS PROJETAIS
PARA ECO PARQUES TECNOLÓGICOS

DOUGLAS SANTOS SALVADOR

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Urbana.

Orientação: Prof. Dr. Ricardo Siloto da Silva

São Carlos

2018

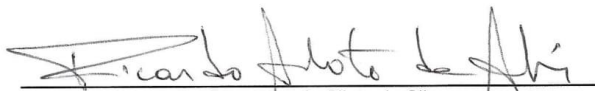



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

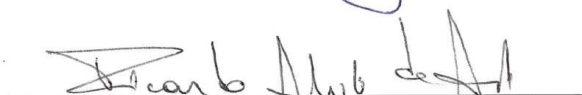
Folha de Aprovação


Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Tese de Doutorado do candidato Douglas Santos Salvador, realizada em 01/10/2018:


Prof. Dr. Ricardo Siloto da Silva
UFSCar

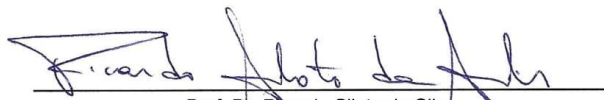

Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira
UFSCar


Profa. Dra. Luciana Marcia Gonçalves
UFSCar


Prof. Dr. Joan Rieradevall Pons
UAB


Prof. Dr. Elvis José Vieira
UBC

Certifico que a defesa realizou-se com a participação à distância do(s) membro(s) Joan Rieradevall Pons e, depois das arguições e deliberações realizadas, o(s) participante(s) à distância está(ão) de acordo com o conteúdo do parecer da banca examinadora redigido neste relatório de defesa.


Prof. Dr. Ricardo Siloto da Silva

*Dedico este trabalho aos meus pais, à minha
esposa e ao meu filho.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela jornada e imensamente:

À minha família, que foi fundamental na trajetória e finalização deste trabalho. Minha esposa Karolina pelo companheirismo, compreensão, motivação e preciosos debates sobre os rumos desta pesquisa, que juntamente com o meu filho Davi, nascido durante este doutorado, são a minha fonte de energia e inspiração cotidiana. Ao meu pai Ricardo e minha mãe Tânia pelo incentivo e força na vida que sempre me proporcionaram.

Ao meu orientador Professor Ricardo Siloto da Silva, pela confiança e a oportunidade de desenvolver este trabalho sob a sua condução, que com sua experiência e sabedoria, me propiciou apoio desde o início deste processo, com orientações e sugestões precisas para um percurso exitoso.

Ao Professor Douglas Barreto pelo estímulo a iniciar este trabalho.

Aos Professores Joan Rieradevall e Xavier Gabarrell pelo acolhimento e suporte durante o meu estágio de doutorado no exterior, realizado no ICTA na Universidade Autônoma de Barcelona. Foi um privilégio conviver com eles, compartilhando experiências e absorvendo novos conhecimentos que colaboraram na evolução deste trabalho.

Aos Professores Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira, Léa Cristina Lucas de Souza, Luiz Antonio Nigro Falcoski, Nemésio Neves Batista Salvador, José Salatiel Rodrigueus Pires, Luciana Márcia Gonçalves, Érico Masiero, pela honra de conhecê-los e pelas contribuições valiosas com reflexões e material de qualidade para este estudo, através das disciplinas, dos grupos de pesquisa, e do exame de qualificação.

Aos amigos do GestAU e PPGEU, principalmente ao Gustavo Scarpinella, por suas colaborações de grande valia e ao Augusto Azevedo da Silva pela amizade e discussões sobre as nossas pesquisas durante o nosso convívio em Barcelona.

Aos colegas do grupo Sostenipra – ICTA, em especial à Susana Toboso-Chavero e Ana Nadal pela parceria e cooperação na parte deste estudo desenvolvida na Universidade Autônoma de Barcelona.

Por fim, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior pelo apoio financeiro concedido.

A idéia de êxito da técnica é justamente não destruir. É o paradigma que fica da arte, para construir o habitat humano, para que o planeta fique melhor do que era.

Paulo Mendes da Rocha, 2005

RESUMO

Parques tecnológicos promovem a ciência, tecnologia e inovação através dos elementos nestes instalados como universidades, laboratórios de pesquisa, empresas de alta tecnologia, incubadoras, prestadoras de serviços de infraestrutura entre outros. Esta pesquisa propõe diretrizes e recomendações técnicas para serem aplicadas na concepção projetual destes empreendimentos a partir de estratégias arquitetônicas e urbanísticas que apontem para uma maior sustentabilidade ambiental e possibilitem a mitigação dos impactos gerados pela ação antrópica. Para tal, foram identificadas estratégias mais sustentáveis para as variáveis desta pesquisa sob a luz de métodos e sistemas de certificação e orientação ambiental que propiciam orientações neste sentido, verificados parâmetros para ocupação territorial com maior qualidade ambiental, normativas com indicadores de sustentabilidade urbana, avaliado o potencial para aplicação de um conceito atual central no desenvolvimento sustentável - o nexo alimento, energia e água - e analisados parques tecnológicos em operação ou em fase de implantação que de alguma forma se propõem a minimizar os impactos ambientais. Foram contempladas as seguintes variáveis de análise: recursos naturais, conforto ambiental, energia, resíduos e distribuição espacial. Os resultados demonstraram que para a caracterização efetiva de um eco parque tecnológico faz-se necessário gerar situações ambientalmente mais vantajosas e benéficas do que somente o emprego de premissas projetuais que funcionem como medidas mitigadoras. Também demonstram que eco parques tecnológicos devem almejar a maior autossuficiência possível e, portanto, são oportunos para a adoção de estratégias que incorporem o nexo alimento, energia e água, como a abordagem *Roof Mosaic*. Sob esta perspectiva, este estudo contribui com a elaboração do *Nexus Emission Index* (NEI) que avalia o potencial de emissões de CO₂ evitadas por estes vetores e serve como um instrumento de verificação e priorização na tomada de decisão final pelos responsáveis pelos projetos destes empreendimentos. A partir disto, foi sistematizado um repertório técnico-conceitual com 61 diretrizes e recomendações técnicas para a concepção e caracterização de eco parques tecnológicos.

Palavras-chave: Estratégias Sustentáveis. Inovação. Autossuficiência. Ecologia Urbana. Planejamento Ambiental Urbano.

RESUMO EM LÍNGUA ESTRANGEIRA

Technology parks promote science, technology, and innovation through elements such as universities, research laboratories, high technology companies, incubators, infrastructure service providers, among others. This research proposes guidelines and technical recommendations to be applied in the design of these projects based on architectural and urban strategies that aim at greater environmental sustainability and the mitigation of the impacts generated by anthropic action. For this, were identified sustainable strategies for the variables of this study from the methods and systems of certification and environmental orientation that provide guidelines in this sense, verified parameters for territorial occupation with higher environmental quality, norms with indicators of urban sustainability, evaluated the potential to apply a current concept central to sustainable development - the food, energy and water nexus - and analyzed technological parks in operation or in the implementation phase that somehow propose to minimize environmental impacts. The following analysis variables were considered: natural resources, environmental comfort, energy, waste and urban insert. The results showed that for the effective characterization of a eco-technological park, it is necessary to generate environmentally more advantageous and beneficial situations that only the use of design premises that function as mitigating measures. They also demonstrate that eco-technology parks should aim for the highest possible self-sufficiency and, therefore, are opportune for the adoption of strategies that incorporate the food-energy-water nexus, as the approach Roof Mosaic. From this perspective, this study contributes to the elaboration of the Nexus Emission Index (NEI), which evaluates the potential of CO₂ emissions avoided by these vectors and serves as an instrument of verification and prioritization in the final decision making by those responsible for the projects of these enterprises. From this, a technical-conceptual repertoire was systematized with 61 guidelines and technical recommendations for the design and characterization of eco-technology park.

Keywords: Sustainable Strategies. Innovation. Self-Sufficiency. Urban Ecology. Urban Environmental Planning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – A comunidade de <i>Arcosanti</i>	15
Figura 1.2 – A nova Vila Gourná.....	16
Figura 1.3 – 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODM).....	18
Figura 1.4 – Parque Tecnológico da Andaluzia em Málaga, instrumento de revitalização urbana e modelo de geração de energia e integração com a infraestrutura energética existente.....	27
Figura 1.5 - Possibilidades de pesquisa segundo a metodologia proposta.....	30
Figura 2.1 – O <i>Stanford University Science Park</i> na década de 50.....	47
Figura 2.2 – O <i>Sophia Antipolis</i> atualmente.....	48
Figura 2.3 – O <i>Tsukuba Science City</i> atualmente.....	49
Figura 5.1 – Vista aérea do Parque Científico e Tecnológico para o Meio Ambiente em Turim.....	112
Figura 5.2 – Vista aérea do Parque Técnico e Logístico em Vigo	113
Figura 5.3 – Vista aérea do Parque Tecnológico de Biscaia.....	113
Figura 5.4 – Praça central do parque tecnológico em Turim e sua integração com o parque urbano.....	116
Figura 5.5 – Vegetação do parque tecnológico em Turim e sua integração com o parque urbano.....	116
Figura 5.6 – Mapa das trilhas do parque tecnológico em Biscaia.....	117
Figura 5.7 – Telhado verde nos edifícios do parque tecnológico em Turim.....	118
Figura 5.8 – Edifício administrativo do parque tecnológico em Turim.....	119
Figura 5.9 – Edifício administrativo do parque tecnológico em Turim.....	119
Figura 5.10 – Painéis solares no parque tecnológico em Turim.....	120
Figura 5.11 – Painéis solares no parque tecnológico em Turim.....	121
Figura 5.12 – Painéis solares no edifício de serviços do parque tecnológico em Vigo.....	121
Figura 5.13 – Painéis solares nos demais edifícios do parque tecnológico em Vigo.....	122
Figura 5.14 – Painéis solares no BTEK do parque tecnológico em Biscaia.....	122
Figura 5.15 – Painéis solares nos demais edifícios do parque tecnológico em Biscaia.....	123
Figura 6.1 – Parque Científico e Tecnológico para o Meio Ambiente em Turim.....	133
Figura 6.2 – Praça central do PCTMAT integrada ao <i>Parco Dora</i>	135
Figura 6.3 – Telhado verde nas coberturas do PCTMAT.....	135
Figura 6.4 – Claraboia transparente do edifício administrativo do PCTMAT.....	136

Figura 6.5 – Área de requalificação urbana onde se localiza o PCTMAT.....	139
Figura 6.6 – Estrutura da antiga fábrica incorporada no PCTMAT.....	140
Figure 7.1 - Quantitative evolution of technology parks in Brazil and distribution of initiatives in Brazilian regions.....	146
Figure 7.2 - Schematic representation of methodology to evaluate potential of Roof Mosaic on technology park rooftops.....	149
Figure 7.3 - Localization of the UFRJ Technology Park.....	154
Figure 7.4 - UFRJ Technology Park with Roof Mosaic.....	161

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 - Protocolo de Pesquisa - Estágio 1 – Exploratório.....	31
Quadro 1.2 - Protocolo de Pesquisa - Estágio 2 – Descritivo.....	32
Quadro 1.3 - Protocolo de Pesquisa - Estágio 3 – Prescritivo.....	34
Quadro 1.4 - Protocolo de Pesquisa - Estágio 4 – Descritivo.....	36
Quadro 1.4 A - Protocolo de Pesquisa - Estágio 4 – Descritivo.....	38
Quadro 2.1 – 10 países e/ou associações internacionais com a maior quantidade de parques tecnológicos.....	52
Quadro 2.2 – Parques tecnológicos brasileiros membros da IASP.....	55
Quadro 2.3 - Estratégias Urbanísticas do UDG.....	69
Quadro 3.1 - Recursos Naturais (solo, água, vegetação e ar)	80
Quadro 3.2 - Clima (conforto).....	83
Quadro 3.3 – Energia.....	85
Quadro 3.4 – Resíduos.....	86
Quadro 3.5 - Distribuição Espacial.....	87
Quadro 4.1 – Resultados da Matriz de Análise de Sustentabilidade Ecológica.....	99
Quadro 4.2 - Matriz de Análise de Sustentabilidade Ecológica.....	100
Quadro 4.3 – Elementos de sustentabilidade presentes nas Restrições Construtivas.....	101
Quadro 5.1 – Resumo das principais estratégias sustentáveis de um eco parque tecnológico.....	125
Quadro 8.1 - Principais estratégias do VERDE DU Polígonos para as variáveis.....	169
Quadro 8.2 – Estratégias para eco parques tecnológicos: recursos naturais.....	176
Quadro 8.3 – Estratégias para eco parques tecnológicos: conforto ambiental.....	178
Quadro 8.4 - Estratégias para eco parques tecnológicos: energia.....	179
Quadro 8.5 - Estratégias para eco parques tecnológicos: resíduos.....	180
Quadro 8.6 - Estratégias para eco parques tecnológicos: distribuição espacial.....	181

LISTA DE GRÁFICOS E TABELAS

Gráfico 2.1 – Porcentagem de proprietários dos terrenos onde estão locados os parques tecnológicos mundiais.....	45
Gráfico 2.2 – Distribuição dos parques tecnológicos por fase de desenvolvimento e por estado.....	54
Gráfico 2.3 – Distribuição dos parques tecnológicos por região.....	55
Tabela 4.1 – Quadro Resumo.....	103
Gráfico 6.1 - Média da participação das fontes de energia no consumo do PCTMAT.....	137
Table 7.1 - International associations with the most technology parks around the world.....	145
Table 7.2 - Consumption and production of renewable energy in some technology parks.....	146
Table 7.3 - Characterization of UFRJ Technology Park's rooftop.....	147
Table 7.4 - Potential of lettuce and tomato production.....	158
Table 7.5 - Potential of renewable energy production.....	159
Table 7.6 - Quantification of Roof Mosaic in UFRJ Technology Park and avoided CO2 emissions.....	160
Gráfico 8.1 – Número de estratégias aplicáveis a parques tecnológicos identificadas no LEED, BREEAM ES, HQE e VERDE DU Polígonos.....	170
Gráfico 8.2– Percentual de participação possível das estratégias para cada variável analisada em um eco parque tecnológico.....	182
Gráfico 8.3 – Percentual de participação dos recursos naturais, conforto térmico e energia nas estratégias em um eco parque tecnológico.....	183
Gráfico 8.4 - Percentual de estratégias projetuais em um eco parque tecnológico que envolvem o recurso água e aspectos relacionados à energia.....	184

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANPROTEC – Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores

APTE – Asociación de Parques Científicos y Tecnológicos de España

BREEAM – Building Research Establishment Environmental Assessment Method

DRM – Design Research Methodology

EBT – Empresa de Base Tecnológica

FAO – Food and Agriculture Organization

GBCB – Green Building Council Brasil

GBCE – Green Building Council España

HQE – Haute Qualité Environnementale

IASP – International Association of Science Parks

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ISO – International Organization for Standardization

LEED – Leadership in Energy and Environmental Design

MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

MME – Ministério de Minas e Energia

ONU – Organização para as Nações Unidas

PCTMAT – Parque Científico e Tecnológico para o Meio Ambiente em Turim

PESMU – Planejamento Estratégico e Sustentado do Meio Urbano

PNI – Programa Nacional de Apoio as Incubadoras de Empresas e Parques Tecnológicos

PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

RM – Roof Mosaic

RWH – Rain Water Harvesting

SDECT – Secretaria do Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia

SPTEC – Sistema Paulista de Parques Tecnológicos

TIC – Tecnologias da Informação e Comunicação

UDG – Urban Design Group

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

UN – United Nations

UNEP – United Nations Environment Programme

UN HABITAT - United Nations Human Settlements Programme

UN WATER – United Nations Water

USGBC – United States Green Building Council

VERDE DU – Valoración de Eficiencia de Referencia de Edificios: Desarrollo Urbano

WAINOVA – World Alliance for Innovation

WGBC – World Green Building Council

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO DA PESQUISA	1
1 INTRODUÇÃO	4
1.1 ORGANIZAÇÃO DA TESE	4
1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMATIZAÇÃO.....	7
1.2.1 Desenvolvimento Sustentável	7
1.2.2 Ocupação Territorial e a Sustentabilidade Ambiental	13
1.3 OBJETIVOS.....	23
1.4 JUSTIFICATIVA	24
1.5 METODOLOGIA	29
1.5.1 Estágio 1 – Formulação / Critérios – Revisão	31
1.5.2 Estágio 2 – Descritivo – Revisão	32
1.5.3 Estágio 3 – Prescritivo – Detalhado	33
1.5.4 Estágio 4 – Descritivo – Detalhado.....	35
1.5.5 Estágio Final – Prescritivo – Detalhado	39
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	40
2.1 PARQUES TECNOLÓGICOS	40
2.1.1 Definições e Caracterização Geral	40
2.1.2 Antecedentes	46
2.1.3 Contexto Atual	51
2.2 SISTEMAS E MÉTODOS DE CERTIFICAÇÃO E ORIENTAÇÃO AMBIENTAL.....	56
2.2.1 Conceituação	56
2.2.2 Leadership in Energy and Environmental Design	57
2.2.3 Building Research Establishment Environmental Assessment Method	58
2.2.4 Haute Qualité Environnementale	59
2.2.5 VERDE DU Polígonos	60
2.2.6 Planejamento Estratégico e Sustentado do Meio Urbano	60
2.3 ARQUITETURA E URBANISMO SUSTENTÁVEL	62
2.4 NEXO ALIMENTO, ENERGIA E ÁGUA.....	71
3 ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS PROJETUAIS SUSTENTÁVEIS PARA A CONCEPÇÃO DE ECO PARQUES TECNOLÓGICOS	73
3.1 INTRODUÇÃO.....	75
3.1 MATERIAL E MÉTODOS	78
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	80
3.3.1 As variáveis de estudo e os sistemas de avaliação	88
3.4 CONCLUSÃO	88
4 AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE ECOLÓGICA, NA FASE DE PROJETO, DO PARQUE ECO TECNOLÓGICO DAMHA, SÃO CARLOS, BRASIL, UTILIZANDO-SE O MÉTODO PESMU	90
4.1 INTRODUÇÃO.....	91
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	97
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	98
4.3.1 Requisitos obrigatórios e opcionais de sustentabilidade	101
4.3.2 Validação da Tendência Neutra.....	101
4.3.3 Validação da Tendência Favorável	103
4.3.4 Predominância das Tendências.....	104
4.4 CONCLUSÕES.....	105

5 ECOPARQUES TECNOLÓGICOS: CARACTERIZAÇÃO E PRINCIPAIS ESTRATÉGIAS SUSTENTÁVEIS A SEREM ADOTADAS	106
5.1 INTRODUÇÃO	108
5.2 PARQUES TECNOLÓGICOS E A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL	111
5.2.1 Parque Científico e Tecnológico para o Meio Ambiente em Turim – Itália	112
5.2.2 Parque Tecnológico e Logístico em Vigo – Espanha	114
5.2.3 Parque Tecnológico de Biscaia – Zamudio	115
5.3 VARIÁVEIS DE ANÁLISE	116
5.3.1 Recursos Naturais	116
5.3.2 Clima	119
5.3.3 Energia	121
5.3.4 Resíduos	124
5.4 CONCLUSÕES	125
6 ANÁLISE DE UM PARQUE TECNOLÓGICO COM PRÁTICAS MAIS SUSTENTÁVEIS AMBIENTALMENTE	128
6.1 INTRODUÇÃO	130
6.2 MÉTODO	132
6.2.1 Variáveis de análise	132
6.2.2 Estudo de caso: Parque Científico e Tecnológico para o Meio Ambiente em Turim (PCTMAT)	133
6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	135
6.3.1 Recursos	135
6.3.2 Conforto Ambiental	136
6.3.3 Energia	137
6.3.4 Resíduos	139
6.3.5 Distribuição Espacial	139
6.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	141
7 POTENTIAL OF TECHNOLOGY PARKS TO IMPLEMENT ROOF MOSAIC (FOOD-ENERGY-WATER NEXUS): A CASE STUDY IN BRAZIL	143
7.1 INTRODUCTION	144
7.1.1 Technology parks	145
7.1.2 Potential of technology parks for Roof Mosaic	147
7.1.3 Objectives	149
7.2 METHODOLOGY	149
7.2.1 Evaluating the potential of technology parks for Roof Mosaic	149
7.2.2 Case study: evaluating the potential of the UFRJ Technology Park for the Roof Mosaic	154
7.3 RESULTS OF THE CASE STUDY	156
7.3.1 Step 1: Characterization of the area and definition of demands	156
7.3.2 Step 2: Characterization of rooftops	157
7.3.3 Step 3: Possibilities of Roof Mosaic uses	158
7.3.4 Step 4: Rooftop potential	159
7.3.5 Step 5: Environmental impacts	161
7.4 DISCUSSIONS	162
7.4.1 Methodology and future indicators	162
7.4.2 Potential of case study	163
7.4.3 Possibilities of prioritization	165
7.5 CONCLUSIONS	166
7.6 ACKNOWLEDGMENTS	167
8 SISTEMATIZAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	169
8.1 IDENTIFICAÇÃO DE ESTRATÉGIAS AMBIENTALMENTE MAIS SUSTENTÁVEIS PARA AS VARIÁVEIS DE ANÁLISE, APLICÁVEIS À PARQUES TECNOLÓGICOS, NOS MÉTODOS E SISTEMAS DE CERTIFICAÇÃO E ORIENTAÇÃO AMBIENTAL	169

8.2 ANÁLISE DOS PARQUES TECNOLÓGICOS SELECIONADOS	173
8.3 POTENCIAL PARA IMPLEMENTAÇÃO DO ROOF MOSAIC (NEXO ALIMENTO, ENERGIA E ÁGUA)	175
8.4 ESTRATÉGIAS PROJETUAIS PARA ECO PARQUES TECNOLÓGICOS.....	176
9 CONCLUSÃO.....	187
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	190
APÊNDICES.....	208

APRESENTAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho tem sua origem no Grupo de Pesquisa Gestão do Ambiente Urbanizado (GESTAU) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e está vinculado à uma pesquisa mais ampla, de abrangência internacional, denominada “Ecolnovação em *Smartparks*: Análises de Metodologias e Estratégias Sustentáveis para promover a Simbiose Industrial, Urbana e Agrícola no Brasil e na Espanha” que envolveu a Universidade Autônoma de Barcelona (UAB), a Universidade de São Paulo (USP) e a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

Em função disto, a elaboração inicial do plano de trabalho da presente pesquisa direcionava-se para a proposição de estratégias projetuais arquitetônicas e urbanísticas mais sustentáveis para parques industriais de base tecnológica. A medida que houve um aprofundamento na definição dos conceitos para o desenvolvimento do projeto de pesquisa, verificou-se que:

- (i) Estes empreendimentos estavam associados a reprodução de bens de consumo e tinham suas origens nos fundamentos determinados pelo economista inglês Alfred Marshall, no final do século 19;
- (ii) Parques industriais já envolvem conceitos nos quais a inovação tecnológica está primordialmente associada aos fluxos provenientes da produção industrial, como por exemplo, os que de forma sintética seguem:
 - Ecologia Industrial (EI): que tem como objetivo analisar sistematicamente o ciclo de vida dos produtos e os processos produtivos envolvidos e como se relacionam como o meio ambiente, visando a maior integração das partes envolvidas buscando um sistema de ciclo fechado;
 - Simbiose Industrial (SI): processo produtivo que realiza o intercâmbio de informações, materiais, energia, recursos e resíduos entre os componentes de um parque industrial, com o objetivo de gerar um benefício coletivo.

- (iii) Neste sentido, já há uma definição oficial internacional para eco parque industrial que leva em consideração a cooperação mútua entre as suas empresas na busca pela minimização dos impactos ambientais, principalmente relativos a estes fluxos;
- (iv) Sob o ponto de vista arquitetônico e urbanístico, a morfologia dos edifícios que compõem estes empreendimentos atende prioritariamente a função do que se produz;

Importante salientar que a razão motivadora central desta pesquisa sempre foi a de compatibilizar a evolução e inovação tecnológica com um desenvolvimento urbano mais ambientalmente sustentável. Através do que se havia verificado, o potencial de parques industriais para este fim é limitado e com bases conceituais já bem definidas.

Simultaneamente a estas constatações no processo investigativo, conheceu-se uma outra tipologia, em desenvolvimento e evolução, que congregava características mais adequadas à motivação deste trabalho: empreendimentos que fomentam a produção de conhecimento e a inovação tecnológica. Verificou-se que existem algumas definições internacionais para eles, tais como parques tecnológicos (adotada no Brasil), parques científicos, parques de pesquisa e parques científicos e tecnológicos.

Algumas indagações e questionamentos surgiram e deram novos rumos ao desenvolvimento do plano de trabalho e conseqüentemente de toda a pesquisa. Parques tecnológicos não tinham uma caracterização, definição oficial ou sistematização de estratégias projetuais arquitetônicas e urbanísticas para que sejam considerados de baixo impacto ambiental. Considerado um produto da era da informação da segunda metade do século 20, no século 21 apresenta um aumento quantitativo (nacional e internacionalmente) de iniciativas que o tornam um elemento estratégico na propagação e conscientização da qualidade ambiental.

Deste momento em diante a busca pela caracterização e definição de um eco parque tecnológico enfrentou os desafios e oportunidades inerentes a própria característica do objeto de estudo: a inovação. Parte desta pesquisa foi desenvolvida no estágio de doutorando no exterior no último ano destes estudos, de agosto de

2017 a fevereiro de 2018, no grupo Sostenipra – ICTA da Universitat Autònoma de Barcelona, Espanha.

Este intercâmbio foi de grande valia para os objetivos desta pesquisa, pois possibilitou observar e constatar que os parques tecnológicos, para além das estratégias projetuais de baixo impacto ambiental consolidadas e prescritas, em função da sua natureza também têm potencial para incorporar bases conceituais contemporâneas fundamentais para o desenvolvimento sustentável, como o nexo entre alimento, energia e água.

1 INTRODUÇÃO

1.1 ORGANIZAÇÃO DA TESE

Este subcapítulo apresenta a estrutura deste trabalho, que é composta no seu corpo central na forma de conjunto de artigos que seguiram os estágios preconizados na metodologia geral, visando responder as questões formuladas nos protocolos de pesquisa.

Inicialmente no **Capítulo 1 - Introdução** estão os resultados da revisão bibliográfica realizada no primeiro estágio da metodologia. É apresentada a temática da sustentabilidade ambiental através da contextualização sobre a formulação do conceito de desenvolvimento sustentável e as suas dimensões, com a problematização dos impactos ambientais decorrentes das aglomerações urbanas. Foram inseridos os parques tecnológicos neste cenário como instrumentos estratégicos ao se converterem em eco parques tecnológicos. Também estão descritos o objetivo geral e específicos pretendidos, bem como a justificativa da pesquisa pela sua relevância científica, ambiental e aplicabilidade.

O **Capítulo 2 – Fundamentação Teórica** descreve os temas previstos no segundo estágio. Há uma diversidade de materiais e informações sobre as definições de um parque tecnológico e para as questões que permeiam a busca pela sustentabilidade ambiental. Diante disto, a revisão bibliográfica foi estruturada nos seguintes eixos temáticos (definidos no protocolo de pesquisa): (i) parques tecnológicos: definição, caracterização geral, antecedentes e cenário atual; (ii) métodos e sistemas de certificação e orientação ambiental; (iii) arquitetura e urbanismo sustentável.

Deste ponto em diante, são apresentados os artigos desenvolvidos de acordo com os estágios de investigação apresentados na metodologia. O **Capítulo 3 - Análise de Estratégias Projetuais Sustentáveis para a Concepção de Eco Parques Tecnológicos** apresenta o artigo completo elaborado para o ENURB 2015¹ e publicado nos Anais deste evento (ISBN: 978-857-51591-4-9). Este estudo teve como objetivo identificar como as variáveis de análise são abordadas pelos sistemas

¹ II Encontro Nacional de Tecnologia Urbana, realizado nos dias 11, 12 e 13 de novembro de 2015 em Passo Fundo, RS, Brasil.

e métodos de certificação e orientação ambiental LEED, BREEAM ES e HQE, definidos no Capítulo 2. Foram sistematizadas diretrizes a partir de estratégias que apontem para uma maior sustentabilidade ambiental para serem adotadas nas concepções projetuais e caracterização de eco parques tecnológicos. A produção deste artigo envolveu o terceiro estágio da metodologia.

O Capítulo 4 - Avaliação da Sustentabilidade Ecológica, na fase de projeto, do Parque Eco Tecnológico Damha, São Carlos, Brasil, utilizando-se o Método PESMU mostra o artigo completo produzido para o PLURIS 2014². Foi apresentado e publicado nos Anais deste evento (ISBN: 978-989-99150-1-5). Através da análise de um objeto empírico preliminar, buscou-se verificar de que forma as variáveis de análise deste estudo foram abordadas, sob o ponto de vista ambiental e a luz do método Planejamento Estratégico e Sustentado do Meio Urbano, definido no Capítulo 2. A elaboração deste artigo contribuiu no desenvolvimento do terceiro estágio, com a obtenção de respostas preliminares para as variáveis de análise para o quarto estágio na análise de um estudo de caso.

O Capítulo 5 – Eco Parques Tecnológicos: Caracterização e Principais Estratégias Sustentáveis a Serem Adotadas expõe o artigo completo desenvolvido para o ENTAC 2016³. Foi apresentado oralmente e publicado nos Anais deste evento (ISBN: 978-85-89478-44-1 / ISSN: 2178-8960). Abordou o terceiro estágio da metodologia através da definição e caracterização preliminar de um eco parque tecnológico e investigou os objetos empíricos presentes no quarto estágio.

O Capítulo 6 – Análise de um Parque Tecnológico com Práticas mais Sustentáveis Ambientalmente apresenta o artigo submetido no periódico Revista Sociedade & Natureza (ISSN: 1982-4513). Este estudo analisa especificamente o objeto empírico Parque Científico e Tecnológico para o Meio Ambiente de Turim, na Itália. Embora não se denomine como um eco parque tecnológico, a partir dos

² VI Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável, realizado nos dias 24, 25 e 26 de setembro de 2014 em Lisboa, Portugal.

³ XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, realizado nos dias 21, 22 e 23 de setembro de 2016 em São Paulo, SP, Brasil.

resultados do **Capítulo 5** foi o que mais se aproximou. Abordou o quarto estágio da metodologia.

O **Capítulo 7 - *Potential of technology parks to implement Roof Mosaic (food-energy-water nexus) using the Nexus Emission Index: a case study in Brazil*** mostra o artigo original produzido no período de estágio de doutorando no exterior e submetido no periódico internacional *Journal of Cleaner Production* (ISSN: 0959-6526), motivo pelo qual este capítulo está em inglês. Trata-se do resultado de uma pesquisa, em parceria com os pesquisadores do grupo de pesquisa Sostenipra – ICTA da Universitat Autònoma de Barcelona, Espanha: Susana Toboso-Chavero, Ana Nadal, Xavier Gabarrell e Joan Rieradevall, na qual avaliou-se o potencial de parques tecnológicos do Brasil para a adoção do conceito *Roof Mosaic*. Esta parte da pesquisa se insere no quarto estágio da metodologia.

O **Capítulo 8 – Sistematização e Discussão dos Resultados** apresenta os resultados deste estudo através de uma análise integrada do material apresentado nos Capítulos 3, 4, 5, 6 e 7, para organização, complementação e sistematização das recomendações técnicas e diretrizes para concepção de eco parques tecnológicos. Esta parte do estudo envolveu o estágio final da metodologia.

No **Capítulo 9 – Conclusão** são apresentadas as conclusões e as pesquisas futuras possíveis relacionadas ao tema.

Por fim, são apresentadas as **Referências Bibliográficas** envolvidas na produção de todos os capítulos e os **Apêndices** contemplam as informações suplementares de apoio utilizadas nesta pesquisa.

1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMATIZAÇÃO

1.2.1 Desenvolvimento Sustentável

Atualmente as questões relacionadas às alterações climáticas e a gestão dos recursos naturais estão em grande evidência, discutidas cotidianamente nos mais diversos âmbitos sociais: acadêmicos, políticos, econômicos. As contradições geradas pelas relações sociais globalizadas através do excessivo consumo de recursos naturais e pela iniquidade social existente propõem grandes desafios.

A grande evolução tecnológica vivenciada desde a Revolução Industrial até a atualidade, também traz em si uma situação paradoxal, pois ao mesmo tempo em que cada vez mais proporciona melhores condições e qualidade de vida ao ser humano, agride de modo considerável e irreversível o ecossistema ambiental e reforça as diferenças sociais, econômicas e culturais entre países.

A alteração deste contexto passa por um processo de conscientização ambiental que primordialmente fomente a utilização racional dos recursos naturais, conforme aponta Sachs (2002):

Necessitamos, portanto, de uma abordagem holística e interdisciplinar, na qual cientistas naturais e sociais trabalhem juntos em favor do alcance de caminhos sábios para o uso e aproveitamento dos recursos da natureza, respeitando a sua diversidade. [...] O uso produtivo não necessariamente precisa prejudicar o meio ambiente ou destruir a diversidade, se tivermos consciência de que todas as nossas atividades econômicas estão solidamente fincadas no ambiente natural. (SACHS, 2002, p.32)

Esta postura levaria a uma forma de abordagem dos fenômenos que seja abrangente e que consiga abarcar as inter-relações existentes entre as diferentes variáveis. Todavia essa não é a realidade, Capra (2004) identifica que ainda predomina uma abordagem analítica, com fortes tradições mecanicistas de Descartes, que busca solucionar os problemas de modo isolado.

É urgente a necessidade de conciliar os avanços tecnológicos com os ecossistemas naturais através de uma relação mais harmônica, fato este que está diretamente associado a uma maior conscientização do ser humano conforme destaca Sérgio Mascarenhas (VISSER, 2012, p.11) “[...] pouco a pouco a

humanidade se dá conta de que necessita de novos valores que constituam a base axiológica de uma nova cultura, [...] a da convergência entre os saberes [...].”

Hawken, Lovins e Lovins (2010) e Sachs (2002) enfatizam que a conscientização e a mudança de comportamento vigente (por pessoas, segmentos, corporações e países) se constituem em eixos centrais na efetivação de um desenvolvimento (social, econômico, ambiental e político) que se proponha ser sustentável (ou durável, como preferem os franceses). Também que possa promover maior igualdade social, que atue com respeito à capacidade de suporte dos recursos naturais e que promova, em termos de macroeconomia, uma adequada distribuição de bens e recursos, sem desperdícios.

As preocupações sobre as consequências negativas no ambiente natural oriundas das atividades antrópicas já ocorrem há séculos. Jonhson (2012) relata que no século 14, em Londres, um homem foi executado por causar uma excessiva poluição decorrente da queima de carvão. Inclusive neste período foi promulgada no Reino Unido a primeira lei que tratava sobre a qualidade da água. Ainda a este respeito, Johnson (2012) também afirma que o Reino Unido teve em 1863, auge da segunda Revolução Industrial, a primeira lei moderna e efetiva para o controle de poluição, conhecida como *Alkali Works Act*. Este nome foi atribuído em função dos sérios problemas que ocorriam no entorno dos setores industriais que manipulavam produtos químicos na manufatura de metais alcalinos. Estas atividades resultavam em emissões de gases na atmosfera que causavam grandes danos ambientais. A referida lei solicitava que 95% destas emissões deveriam ser retidas e o restante diluído. Foi uma das referências utilizada nos mais relevantes indicadores antipoluição atuais.

Nos Estados Unidos da América, nos anos de 1930, o presidente a época, Franklin Delano Roosevelt, promoveu ações através do Departamento da Agricultura e Interior no combate ao desperdício de água e utilização dos recursos naturais que visaram mitigar os impactos ambientais oriundos do fenômeno climático que ficou conhecido como *Dust Bowl* (taça de poeira). Hansen e Libecap (2003) destacam que se tratou de um dos mais graves desastres ecológicos e econômicos da América do Norte, sem precedentes, que ocorreu nas Grandes Planícies, se iniciou no Norte e gradativamente se alastrou para o Sul em um período de aproximadamente dez anos. A combinação de anos de práticas inadequadas de cultivo, o ar seco e os

ventos fortes (característicos da região) provocaram inúmeras tempestades de poeira de diversas escalas de intensidade e danos, como por exemplo, extensas áreas de erosão que destruíram campos agrícolas e problemas de saúde associados à inalação de partículas suspensas no ar.

Nota-se que foram ações centradas exclusivamente na mitigação dos impactos ambientais negativos resultantes das atividades socioeconômicas sem um debate aprofundado sobre como evitá-los a partir de uma possível visão que contemplasse o ecossistema com todas suas relações de interdependência, bem como a necessidade de mudança de comportamento humano, de forma a buscar um desenvolvimento sustentável.

Para Silva *et al* (2016) “[...] os questionamentos mais enfáticos e socialmente articulados começaram a vir à luz a partir da década de 60” e Johnson (2012) aponta que foi neste período que nos países desenvolvidos industrialmente cresceram os interesses pelas questões ambientais e se inicia a busca pela conciliação dos conceitos de desenvolvimento e sustentabilidade. Em 1962, o livro *Primavera silenciosa*, de Rachel Carson, se tornou paradigmático ao demonstrar as consequências nocivas ao ambiente e os impactos na saúde humana oriundos da utilização indiscriminada de pesticidas sintéticos.

Outras publicações também foram importantes. Por exemplo, *The population bomb*, de Paul R. Ehrlich, de 1968, que apontava para o crescimento exponencial da população e a insustentabilidade disto perante os recursos do planeta, e o *Operation Manual for Spaceship Earth*, de R. Buckminster Fuller, de 1969, que através da metáfora no título, demonstra o planeta como um sistema fechado, onde todos os componentes se inter-relacionam. Esta expressão será posteriormente utilizada por Sachs (1993) e Visser (2012) destaca que nesta publicação surge pela primeira vez o conceito de sinergia e a sua contribuição para a ecologia na construção da teoria do pensamento sistêmico.

Entretanto, para Silva *et al* (2016) a publicação mais impactante deste período e que se tornou um marco, ocorre em 1972 com “Os limites do crescimento”, de Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, Jorgen Randers e William W. Behrens III. Tratou-se de um relatório encomendado pelo Clube de Roma, uma organização não governamental, criada em 1968 por cientistas, administradores e industriais. O trabalho buscou por meio de simulação computacional, desenvolvida no

Massachusetts Institute of Technology (MIT), pesquisar as grandes preocupações mundiais: avanço da industrialização, crescimento populacional, capacidade de produção de alimentos, recursos não renováveis e degradação ambiental. As conclusões não foram animadoras, pois se comprovou que o sistema é de excesso e colapso. Há uma grande disparidade entre o capital industrial e o natural, de modo que nem com as suposições mais otimistas na simulação, que envolviam a utilização de tecnologia na reciclagem, produção agrícola, geração de energia entre outros, foi possível alcançar uma solução satisfatória. Muitas críticas, questionamentos e restrições foram feitas, considerando o estudo pessimista e que não havia levado em consideração a inovação tecnológica bem como os mecanismos de mercado. Os autores se manifestaram anos mais tarde, Meadows (2008 *apud* Visser, 2012) afirma:

Mostramos que essas (mudanças tecnológicas) não eram suficientes. São necessárias também mudanças culturais e comportamentais muito, mas muito importantes. A população terá de se estabilizar (e) precisamos fazer com que as pessoas estabeleçam metas de consumo muito diferentes. (MEADOWS, 2008 *apud* VISSER, 2012, p.44)

Ainda a este respeito, Randers (2008 *apud* Visser, 2012) enfatiza:

Muito além dos mecanismos de mercado, precisamos deliberar a respeito de programas de desenvolvimento de tecnologia, como o Projeto Manhattan, que criou a bomba atômica durante a Segunda Guerra. Precisamos de alguns tipos de investimentos de vanguarda em grande escala para captura e armazenamento de carbono, em moinhos de vento em alto-mar – desse tipo de tecnologia. (RANDERS, 2008 *apud* VISSER, 2012, p.45)

À medida que os debates se aprofundaram foram necessários outros meios que possibilitassem ampliá-los através de um maior envolvimento. Em 1968 ocorre a Conferência Intergovernamental para o Uso Racional e Conservação da Biosfera, promovida pela UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e a Cultura. Buscou-se associar a conservação e o uso dos recursos naturais com o desenvolvimento e se iniciou a concepção do conceito de desenvolvimento sustentável presente.

O ano de 1972 se tornou um marco temporal na formulação deste conceito, pois a Organização das Nações Unidas, que até então não o tinha incorporado na sua agenda internacional, promoveu em Estocolmo, Suécia, de 5 a 16 de junho, a

primeira Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, trazendo-o para o centro das discussões.

Esta conferência teve como resultados a Declaração de Estocolmo sobre o Ambiente Humano com 26 princípios que conduziram o mundo na preservação e valorização do meio ambiente, e na fundação da UNEP – *United Nations Environment Programme* – ou PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.

O envolvimento internacional se amplia e em 1974 foi realizado um simpósio em Cocoyoc, no México, organizado pelo PNUMA e pela UNCTAD - *United Nations Conference on Trade and Development* (Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento). Composto por especialistas, o evento identificou os fatores econômicos e sociais que provocam a degradação ambiental e produziu a Declaração de Cocoyoc. Este relatório alterou o modo de pensar dos ambientalistas e expôs a dificuldade de se atender às demandas humanas de forma sustentável em um meio ambiente sobre pressão: utilização dos recursos sem limites e sem distribuição igualitária sob o ponto de vista social e econômico (PNUMA, 2004). Destaca-se também a relevante participação neste simpósio de Ignacy Sachs e Maurice Strong, pioneiros nos assuntos relativos à sustentabilidade e que neste período contribuíram na elaboração do conceito de Ecodesenvolvimento, que mais tarde seria denominado desenvolvimento sustentável (SACHS, 1993 e 2002), que envolve a prudência ecológica, a igualdade social e a eficiência econômica, compondo inicialmente um tripé com as dimensões que constituem a sustentabilidade.

Em 1983 formou-se a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas, constituída por 21 países membros e presidida por Gro Harlem Brundtland, a época a primeira-ministra da Noruega. Esta comissão em 1987 publicou o relatório *Nosso Futuro Comum*, que também ficou conhecido como Relatório Brundtland, que identificou os desafios a serem enfrentados nas áreas de urbanização, população, segurança alimentar, indústria, economia, segurança, paz, espécies, ecossistemas e energia. Apresentou um capítulo específico sobre a expansão das cidades e identificou que a população urbana mundial passou de 100 milhões em 1920 para um bilhão em 1980 e considerou o século 20 como o da “revolução urbana”. Em algumas cidades da Ásia

e da América Latina (São Paulo estava presente) no período entre 1950 e 1980 a população urbana triplicou ou quadriplicou. Também definiu o conceito de desenvolvimento sustentável como: “[...] aquele que atende as necessidades do presente, sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades. [...]”. Sachs (1993) cita que ocorreram críticas ao relatório por se entender que se configurou uma contraposição entre desenvolvimento qualitativo e crescimento quantitativo, o que sob o seu ponto de vista foi um equívoco semântico, já que o crescimento sugerido na produção industrial para o pleno atendimento da demanda populacional estava associado a maior produtividade, eficiência e diminuição da poluição. Silva *et al* (2016) apontam que houve restrições, tais como a ausência do tema sobre redistribuição dos recursos entre os países ricos e pobres e que o desenvolvimento sustentável proposto seria impossível em uma economia de livre mercado onde há concorrência e o aumento do consumo. O relatório contribuiu para o avanço do debate ao apontar a insustentabilidade dos padrões de consumo (principalmente dos países desenvolvidos industrialmente), a necessidade de se integrar os sistemas econômicos aos ecológicos e a limitação da tecnologia como solução para os danos causados pelas atividades humanas, bem como consolidou as três dimensões da sustentabilidade: a econômica, a social e a ambiental.

Importante salientar que este sistema econômico referido não é o pautado pelo crescimento vigente até então, em que os lucros são para poucos e os prejuízos (ambientais e sociais) são amplamente distribuídos promovendo as desigualdades (SACHS, 2002). O termo desenvolvimento trouxe uma proposta de mudança deste comportamento econômico para que fossem possíveis melhores condições de vida a todos e utilização prudente do capital natural mediante as necessidades e não direcionado pelo mercado.

Isto se manifestará no título da conferência seguinte, sendo que para Sachs (1993) e Visser (2012) o relatório foi o responsável direto pela convocação e realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento realizada no Rio de Janeiro, em 1992. O encontro também ficou conhecido como “Cúpula da Terra”, contou com a participação de 172 países, consolidou o termo desenvolvimento sustentável e teve como um dos resultados a Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, marcando o equilíbrio

nas relações entre desenvolvimento e meio ambiente na busca pela sustentabilidade. Este documento propõe um pacto global entre nações e toda a sociedade onde fosse possível “[...] a conclusão de acordos internacionais que respeitem os interesses de todos e protejam a integridade do sistema global de meio ambiente e desenvolvimento [...]” através de 27 princípios para se alcançar o desenvolvimento sustentável.

A partir de então ocorreu uma série de acordos e protocolos nos quais foram propostas diversas medidas, das quais para a pesquisa proposta destacam-se: a diminuição de energia e desenvolvimento de tecnologias com uso de fontes energéticas renováveis, novos materiais de construção, aproveitamento e consumo de fontes alternativas de energia, como a solar, a eólica e a geotérmica.

Ainda neste período, Sachs (1993) propôs uma revisão conceitual no tema sustentabilidade, de forma que qualquer planejamento que visasse o desenvolvimento sustentável necessitava levar em consideração simultaneamente cinco dimensões de sustentabilidade, a saber: social (equidade), econômica (gestão dos recursos), ecológica (proteção ambiental), espacial (distribuição espacial) e cultural (contexto local).

1.2.2 Ocupação Territorial e a Sustentabilidade Ambiental

Neste contexto de formulação do conceito de desenvolvimento sustentável, houve aumento no ritmo de crescimento das aglomerações urbanas, principalmente as dos países em desenvolvimento. Atualmente as cidades ocupam aproximadamente 2% do território (com 54.5% da população mundial), e são responsáveis, em nível global, por 70% da economia, 60% do consumo de energia, 70% da emissão dos gases de efeito estufa e 70% de geração de resíduos. (HABITAT III, 2018).

O ambiente construído – edificações e toda a infraestrutura urbana - em geral, tem sido resultado de ações e posturas que pouco consideram os impactos resultantes no ecossistema em que se inserem. Como consequências poderão ocorrer alterações climáticas, escassez dos recursos naturais, perdas na biodiversidade, geração e despejo de resíduos sólidos, afetando a sustentabilidade

em todas as suas dimensões, sobretudo a ecológica ou ambiental. Geralmente, predominam interesses particulares, como o do lucro imobiliário, por exemplo, em detrimento a preocupações para com as áreas ambientalmente frágeis, as áreas degradadas que necessitariam de recomposição, a resiliência ambiental e aos limites da capacidade de suporte dos recursos naturais e, portanto, a qualidade da vida nesse meio.

A urbanização para Oke (1980) é um processo de transformação do ambiente natural para um assentamento humano, seguido quase sempre por irreversíveis alterações do uso do solo. Para Ferreira e Ferrara (2012) ela produz:

[...] grande consumo energético, movimentações de terra e impermeabilização do solo, desflorestamento, alto nível de emissões de gases poluentes, poluição dos corpos d'água, contaminação do solo, problemas ambientais decorrentes da urbanização. (FERREIRA; FERRARA, 2012, p.17)

Edwards (2004) aponta que a indústria da construção absorve aproximadamente 50% dos recursos naturais e as cidades, em sua maioria, são dependentes dos combustíveis fósseis e a contaminação que eles geram ocasionam um desequilíbrio nos processos naturais como: ilha de calor, uso intensivo do solo, tráfego e contaminação, impacto na qualidade da água e do ar.

Como forma de buscar a harmonia entre o ambiente construído e o natural na direção de uma maior tendência a sustentabilidade ambiental, diferentes temas e instrumentos devem ser levados em consideração: mobilidade, recursos, energia, resíduos sólidos, iniciativa empresarial, vontade política, agentes sociais, participação social, comunidades sustentáveis, ecoturismo, revitalização, renovação, reabilitação, requalificação entre outros.

O problema ambiental não é necessariamente decorrente da urbanização, cada vez mais crescente, Sachs (1993), Farr (2013), Gumuchdjian e Rogers (2012) identificaram oportunidades que geram emprego e prosperidade neste processo, como a especialização flexível e a industrialização descentralizada a partir de novas técnicas e estratégias inovadoras do ecodesenvolvimento urbano, planejadas e implementadas pela própria população, acompanhado por políticas públicas de eficazes. As cidades proporcionam um suporte físico para a vida em comunidade e é também o momento de se repensar os padrões de consumo, o modo de viver, trabalhar e disfrutar o tempo livre.

No final dos anos 60 tem início a busca por uma maior harmonia entre sociedade, ambiente natural e os avanços tecnológicos, como por exemplo nas atuações do arquiteto, urbanista e filósofo Paolo Soleri, com a formulação do termo “arcologia” (arquitetura mais ecologia) demonstrado no livro *The City in the Image of Man*, publicado pelo MIT Press. Criou em 1966 de um centro de estudos sobre construção, arquitetura, urbanismo e ecologia, o Cosanti – a união de duas palavras em italiano, *cosa* e *anti*, que significam coisa e antes. Produziu obras que segundo Segre (2001) “Integravam entre si a herança orgânica de Wright,⁴ a tradição construtiva dos romanos e a visão das megacidades da ficção-científica [...]” como no protótipo urbano denominado *Arcosanti* (figura 1.1), construído em 1970 no deserto do Arizona, Estados Unidos.

Figura 1.1 – A comunidade de *Arcosanti*



Fonte: Arcosanti (2016)

Também neste período o arquiteto egípcio, Hassan Fathy busca produzir uma arquitetura e urbanismo referenciados por técnicas e soluções vernaculares do Norte da África, diferentemente das convicções das correntes arquitetônicas e urbanísticas do ocidente predominantes à época.

Destacava que os estilos arquitetônicos ancestrais foram um resultado da adaptação do homem à natureza, principalmente na busca por conforto térmico, quando a tecnologia era baseada nos materiais que se encontravam disponíveis.

⁴ Frank Lloyd Wright (1867-1959), arquiteto norte americano, foi o responsável pela concepção da arquitetura orgânica, movimento que entende o edifício como um organismo vivo no meio ambiente, que tem como características principais a simplicidade formal, a preferência por materiais tradicionais e disponíveis no local, rejeição da estrutura modulada e a busca pela simbiose com a natureza.

Para a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO, 2015) destaca o projeto Vila Gourná (figura 1.2) e considera que Fathy “[...] demonstrou que sustentabilidade e coesão social podem também se encontrar com a arquitetura vernacular, materiais e técnicas locais”.

Figura 1.2 – A nova Vila Gourná



Fonte: UNESCO (2015)

Na década de 80 o *Rocky Mountain Institute*, uma organização independente e sem fins lucrativos cofundada por Amory Lovins⁵, elaborou o conceito “fator quatro” (LOVINS; LOVINS; WEIZSACKER, 1988) que defende a ideia de que a sociedade podia crescer sem causar maiores danos ecológicos, através de tecnologias existentes, maior utilização de reciclagem e melhor gestão e projeto dos edifícios e cidades com a utilização de ¼ dos recursos e energia utilizados a época, se tornando quatro vezes mais eficiente.

Segundo Coelho (2012), o crescimento urbano deve vir acompanhado de aumento de investimentos de forma equânime em infraestrutura e serviços urbanos acessíveis a todos. Farr (2013) aponta o “Crescimento Urbano Inteligente” (*Smart Growth*), formulado em 1995 por Roy Romer, à época governador do Colorado, Estados Unidos, como forma de se incorporar a consciência ambiental neste processo. Em 1996 este movimento propôs 10 princípios no planejamento urbano:

⁵ Amory Lovins é físico e cientista ambiental formado em *Harvard* e *Oxford*, atualmente é presidente, cientista chefe do *Rocky Mountain Institute* e consultor de física experimental.

- Ampliar a oportunidades e alternativas de habitação;
- Projetar bairros em que seja possível caminhar;
- Envolver a comunidade;
- Propor locais interessantes e com identificação local;
- Tomar decisões previsíveis, justas e econômicas;
- Promover a diversidade de categorias de uso;
- Preservar áreas abertas, rurais e em situação crítica;
- Possibilitar uma variedade de modais de transporte;
- Priorizar as comunidades existentes;
- Utilizar construções compactas.

Na visão de Virílio (1997), o século XXI terá que reinventar a relação do homem com a natureza sendo que a grande questão ecológica na realidade é a construção das cidades, onde a noção de espaço físico deve ceder a de espaço ambiental.

A Nova Carta de Atenas⁶ foi adotada em 1998 pelo Conselho Europeu de Urbanistas (CEU), na Conferência Internacional de Atenas e atualizada em 2003. Este documento expõe a visão do conselho sobre as cidades do século XXI e estabelece que o desenvolvimento urbano sustentável depende primordialmente da gestão prudente do espaço comum com coerência ambiental, como por exemplo, através da mudança do tradicional metabolismo urbano linear de *inputs e outputs* para um metabolismo urbano circular, no qual haja a reintrodução dos elementos, propondo uma nova relação com a natureza, paisagem, energia e espaços livres.

A Organização das Nações Unidas (ONU) estima que até 2050 mais de 70% da população mundial viverá em cidades. Para os países em desenvolvimento as estimativas são maiores, como por exemplo, no Brasil se prevê que 90% da população se concentrará nos grandes centros urbanos, com o ônus e bônus que seguem a urbanização, já que qualquer ambiente construído é uma interferência no

⁶ O documento tem este nome em menção à Carta de Atenas de 1933, elaborado no IV Congresso Internacional de Arquitetura Moderna, que primou pelo urbanismo racionalista e funcionalista.

ecossistema natural, obviamente o nível variará, pois dependerá da extensão da ocupação do território, da infraestrutura vigente como as edificações habitacionais, comerciais, transportes e demais.

Em junho de 2012 ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável Rio +20 e no seu documento final foi acordado a elaboração de um conjunto de objetivos e metas globais que promovessem o desenvolvimento sustentável, referenciados pelo: “Objetivos de Desenvolvimento do Milênio” (ODM), que tinham como limite o final do ano de 2015 para serem alcançados. Com a contribuição da sociedade civil, líderes mundiais, acadêmicos, cientistas e equipes da ONU, formularam-se objetivos e metas que foram adotados pelos 193 países-membros na Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável que ocorreu em setembro de 2015, em Nova Iorque, as vésperas da Sessão de Abertura da 70ª sessão da Assembleia Geral da ONU. Esta nova Agenda universal produziu um documento intitulado “Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável” e há uma Declaração com um conjunto de 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (figura 1.3) e 169 metas, uma seção sobre formas de implementação e um mecanismo para avaliação e acompanhamento.

Figura 1.3 – 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODM)



Fonte: ONUBR (2018)

Para a presente pesquisa, cabe destacar o Objetivo 11: Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. Entre as suas metas estão:

- Direito a habitação segura e urbanização de favelas;
- Sistemas de transporte seguros, acessíveis e sustentáveis;

- Planejamento e gestão de assentamentos humanos participativos, integrados e sustentáveis;
- Proteção do patrimônio cultural e natural; busca pela redução das catástrofes e suas consequências sociais, econômicas e ambientais;
- Redução do impacto ambiental negativo das cidades;
- Acesso universal a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes;
- Integração econômica, social e ambiental entre áreas urbanas, periurbanas e rurais.

Segundo a própria declaração, as metas para que se atinjam este objetivo devem abordar de modo integrado e equilibrado as três dimensões da sustentabilidade: econômica, social e ambiental de modo que o desenvolvimento urbano e a gestão sustentável promovam qualidade de vida.

Na sequência à definição destes objetivos aconteceu em outubro de 2016 a Conferência das Nações Unidas sobre Habitação e Desenvolvimento Urbano Sustentável, também denominada Habitat III, em Quito, Equador, com o intuito de adotar uma Nova Agenda Urbana global e contou com a participação de 167 nações que aprovaram o documento final. A primeira Habitat foi realizada no ano de 1976 em Vancouver, Canadá e a Habitat II em 1996, na cidade de Istambul, Turquia.

Esta Agenda não é impositiva e tampouco estabelece metas, diferentemente de outros acordos e protocolos internacionais onde há os compromissos políticos pelas nações que os assinam, como por exemplo, com a já referida “Agenda 30 para o Desenvolvimento Sustentável” e não há prazos, somente uma previsão de em 2026 serem apresentados um balanço da sua aplicação, para se necessário serem propostas novas medidas. A Nova Agenda Urbana se inicia com a Declaração de Quito sobre Cidades e Assentamentos Humanos Sustentáveis para Todos, onde são expostos os desafios e as oportunidades do processo de urbanização previsto para 2050. Como desafio central está à promoção do desenvolvimento sustentável frente às desigualdades sociais, econômicas e os impactos ambientais decorrentes. Já com relação às oportunidades estão o crescimento econômico, social, cultural e a proteção do ambiente natural.

Ainda na Declaração, a Agenda se propõe a reorientar o modo de planejamento, projeto, finanças, desenvolvimento, governança e gestão destes desafios e aproveitamento das oportunidades. Isto se dá através de um plano de aplicação, que para o presente estudo faz-se oportuno destacar: Compromissos de transformação em prol do desenvolvimento urbano sustentável e Planejamento e gestão do desenvolvimento espacial urbano.

Os Compromissos de transformação em prol do desenvolvimento urbano sustentável estão divididos em áreas segundo as três dimensões da sustentabilidade:

- Desenvolvimento urbano sustentável para a inclusão social e a erradicação da pobreza (social);
- Prosperidade urbana sustentável, inclusiva e oportunidades para todos (econômica);
- Desenvolvimento urbano resiliente e sustentável ambientalmente (ambiental).

No que se refere à dimensão ambiental, foram firmados 18 compromissos que reconhecem questões relacionadas às cidades, tais como, a mudança climática, padrões de consumo insustentáveis, a necessidade de urbanização das favelas, eficiência energética e a função social e ecológica.

O tópico relativo ao planejamento e gestão do desenvolvimento espacial urbano é constituído por 33 princípios e estratégias de ordenação territorial e ordenação urbana presentes nas Diretrizes Internacionais sobre Planejamento Urbano e Territorial adotados pelo Conselho de Administração do Programa das Nações Unidas para Assentamentos Humanos em abril de 2015.

Tais princípios e estratégias buscam equilibrar as necessidades imediatas com as demandas futuras. Entre os principais temas abordados estão as relações entre cidades, segurança alimentar, combinação de diferentes categorias de uso, qualidade nos espaços públicos, mobilidade urbana sustentável e acessível, vias seguras e acessíveis, gestão da água, clima e a inserção dos aspectos culturais como prioridade na elaboração de estratégias urbanas.

Para que os objetivos da Nova Agenda Urbana sejam alcançados de fato, a conferência salienta que, se faz necessário repensar o modo de construir e viver nas cidades, com a cooperação entre os diversos atores urbanos, esferas de governo e setor privado.

Em uma era marcada pela inovação efetuada pela evolução tecnológica, como forma de superar a mecanização da revolução industrial, tecnologias já existentes e em desenvolvimento podem ser utilizadas para que se tenha um desenvolvimento urbano sustentável, tais como a utilização da tecnologia da informação e comunicação (TIC) nos sistemas de automação para a mobilidade e gestão dos recursos energéticos, análises quantitativas e qualitativas avançadas sobre dados urbanos para monitoramento e planejamento, energias renováveis, tudo de modo a contribuir na adoção da Nova Agenda Urbana (UN-HABITAT III, 2017).

As sociedades e cidades estão em um processo histórico de transformação estrutural decorrente principalmente de uma revolução tecnológica em função das TICs, (BORJA e CASTELLS, 2004; CASSIN, 2012) utilizadas nos processos de globalização da comunicação e da economia, mudaram os modos de produzir, consumir, gerir, informar e pensar.

Na visão de Duarte (2005), este processo de transformação gera uma sociedade contemporânea caracterizada pelos fluxos de informação dispostos em redes adaptáveis criando possibilidades para as cidades, conforme destaca:

[...] o contraponto entre sociedade de fluxo e localidades fixas não retira do meio urbano o potencial de ser um dos nós no espaço de fluxos, um dos dinamos dessa sociedade, pois são ao mesmo tempo seu polo centrípeto, por atrair bens, pessoas e signos de diversas fontes, e centrífugo, por emanar esses mesmos elementos pelo espaço. (DUARTE, 2005, p.130)

Edwards (2004), Gumuchdjian e Rogers (2012) afirmam que as cidades são instrumentos relevantes no processo de formação de uma cultura pós-industrial – com responsabilidade social e consciência ambiental - através do uso de procedimentos que associem a inovação das TICs e automação com o respeito ao ambiente natural na exploração dos recursos naturais, na mudança do uso de recursos não-renováveis para os renováveis e na busca por estratégias autossuficientes.

Para a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) as atuais mudanças econômicas, sociais e ambientais requerem ciência, tecnologia e inovação.

Nas atuais cidades metropolitanas, alguns equipamentos que promovem o desenvolvimento e inovação tecnológicos no meio urbano são valorizados pelo capital internacional, como por exemplo, os parques tecnológicos que são *habitats* de inovação (CDT/UNB, 2014). Segundo Zouain (2003), estes empreendimentos têm como características básicas a união de diversas empresas com vínculos às universidades e institutos de pesquisa, onde a gestão é, em geral, realizada por uma entidade que faz a coordenação do uso das instalações e realiza a integração universidade-empresa para a promoção do desenvolvimento tecnológico e inovação.

Duarte (2005) considera que os parques tecnológicos (quando ainda havia somente o termo polos tecnológicos) são um dos primeiros modelos urbanos próprios da sociedade contemporânea informacional (formada com base nas TICs). Desde a década de 90 estão presentes nos planos urbanos estratégicos e são objetos de análise (CASTELLS e HALL, 1994; MASSEY, QUINTAS e WIELD, 1991) e questionamentos sobre inserção urbana e a capacidade de incorporarem questões socioambientais e (DOLOREAUX e SHEARMUR, 2000; VAINER, 2000).

Conforme Nahm (2000), estes empreendimentos contribuem para o crescimento da inovação nas regiões onde são inseridos através do conhecimento baseado em sólida pesquisa, tornam os locais com atrativa qualidade de vida para indivíduos altamente qualificados, promovem uma cultura local em redes formais e informais de intercâmbios e cooperações entre indivíduos, empresas, governos e instituições de ensino, proporcionando o desenvolvimento socioeconômico

A presente pesquisa se insere nesse contexto de integração entre ambiente construído e natural com a possível contribuição dos parques tecnológicos neste processo. Para tal, busca-se compreender e identificar as estratégias projetuais que apontem no sentido da sustentabilidade ambiental e que sejam aplicáveis a estes empreendimentos, tornando-os eco parques tecnológicos.

Deste modo, estes empreendimentos podem ser utilizados efetivamente de modo estratégico como elementos indutores de mudança de comportamento, transformação social e conscientização ecológica, planejados e projetados e com

qualidade ambiental, além da oportunidade de escolher as empresas que se instalarão a partir da sua gestão ambiental, de forma a contribuírem para o desenvolvimento urbano sustentável

1.3 OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa é identificar e sistematizar diretrizes e recomendações técnicas que apontem para uma maior sustentabilidade ambiental, para a concepção projetual arquitetônica e urbanística de eco parques tecnológicos.

Para que se possa alcançar o objetivo geral, são definidos os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar os elementos definidores de um eco parque tecnológico;
- Identificar estratégias e soluções de baixo impacto ambiental aplicáveis a parques tecnológicos
- Analisar parques tecnológicos em operação ou em implantação que tenham como proposta a adoção de diretrizes sustentáveis.

Faz-se pertinente salientar que a pesquisa não se propõe a fornecer um modelo ou tipologia final a ser replicada em qualquer situação. Conforme aponta Jourda (2012) “[...]. De fato, cada resposta é única e só corresponde a um único lugar, um único programa, uma única cultura. [...]”. O que se pretende é que eco parques tecnológicos também sejam elaborados em processos projetuais específicos e que possam contribuir na propagação de soluções mais adequadas sob o ponto de vista da qualidade ambiental, conforme a visão de Edwards (2004) “[...]. Se a sociedade aceitar a ideia de projetar edifícios sustentáveis, o desenvolvimento sustentável das cidades se produzirá como uma consequência lógica. [...]”

1.4 JUSTIFICATIVA

A justificativa desta pesquisa está estruturada a partir da possível relevância de um eco parque tecnológico, primordialmente, nas seguintes áreas:

- Ambiental: ao investigar de que forma empreendimentos que desenvolvem a inovação e o avanço tecnológico podem colaborar na busca por uma maior sustentabilidade ambiental;
- Científica: ao contribuir para a formação de um repertório técnico-conceitual que caracterizará um eco parque tecnológico;
- Aplicabilidade.

Importante ressaltar que não se propõe um nível de importância maior à dimensão ambiental e tampouco priorizá-la em detrimento da social e econômica. Há análises que demonstram a relevância dos impactos dos parques tecnológicos nestes aspectos (ANPROTEC, 2016b; MCTI, 2015; CDT/UNB, 2014). O que se propõe é a oportunidade de também incorporar aspectos ecológicos, de maneira eficaz, nestes empreendimentos que fomentam o conhecimento, de modo a se tornarem mais um elemento estratégico do ambiente urbano na busca pela minimização dos impactos ambientais gerados pelo setor das atividades humanas menos sustentáveis (EDWARDS, 2004; JOURDA, 2012), a produção arquitetônica e urbana, que consome aproximadamente 50% dos recursos naturais mundiais e segundo o Conselho Internacional da Construção – CIB, somente a fase de construção é responsável por mais de 50% dos resíduos sólidos gerados no planeta.

O Ministério do Meio Ambiente anuncia em seu portal os atuais desafios da indústria da construção civil para a busca do urbanismo sustentável e recomenda, por exemplo: “a mudança dos conceitos da arquitetura convencional [...], busca de soluções que potencializem o uso racional de energia [...], gestão ecológica da água [...]”. Além disto, dá recomendações específicas para a implantação urbana, relaciona os aspectos essenciais para a edificação, cita critérios para escolha dos materiais, e propõe tecnologias apropriadas para o uso da energia e da água bem como sugere o tratamento adequado das áreas externas.

O Estatuto da Cidade tem como uma de suas diretrizes gerais o direito a cidades sustentáveis e o “Estímulo à utilização [...] nas edificações urbanas, de

sistemas operacionais, padrões construtivos e aportes tecnológicos que objetivem a redução de impactos ambientais e a economia de recursos naturais” (BRASIL, 2001).

Diante disto, no que se refere à relevância ambiental, uma vez que são ambientes concebidos para a inovação e de relevância socioeconômica, podem contribuir no espaço urbano como elementos estratégicos na incorporação de medidas que promovam o desenvolvimento ambiental, tais como a busca por uma maior produtividade e gestão dos recursos naturais, conforto ambiental, eficiência energética e tratamento destinado aos resíduos.

A tipologia arquitetônica e a morfologia urbana de um parque tecnológico, em função da sua natureza inovadora, não são padronizadas e propiciam liberdade e condições favoráveis para a adoção e experimentação de estratégias de baixo impacto ambiental. A este respeito, Rubio (1997) destaca que nestes empreendimentos, surgem mais possibilidades para a criação de uma tipologia urbana a partir de uma ocupação mais ambientalmente sustentável, tornando-os uma ferramenta estratégica que possibilita a criação de tecidos produtivos de grande valor científico agregado.

A Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura reconhece a importância de se agregar a qualidade ambiental à imagem destes empreendimentos, já que, de modo geral, não têm como foco central a busca pela harmonia entre as suas edificações e infraestrutura com o ecossistema natural. As inovações das empresas de alta tecnologia instaladas nestes empreendimentos, frequentemente são aplicadas na busca por soluções que visam uma maior produção e desenvolvimento econômico e acabam tornando-se o parâmetro central para a avaliação da atuação destes empreendimentos. (CASSIN, 2012; DUARTE, 2005; UNESCO, 2016).

Os impactos positivos destes empreendimentos, planejados e projetados com qualidade ambiental, podem se estender para além dos seus próprios limites territoriais e contribuir significativamente na criação do bem-estar ambiental promovendo a sustentabilidade, uma vez que com empresas de tecnologia adequada e bem aplicada podem funcionar como grandes colaboradores nas soluções de problemas ambientais (ZOUAIN, 2008).

Para tal, estes empreendimentos devem considerar diversos aspectos das condições de inserção e de produção tais como as características geográficas, climáticas, topográficas, análises de ciclo de vida de materiais, técnicas construtivas, eficiência e autonomia energética, entre outras, conforme identifica Casagrande (2004):

Ao desenharmos estratégias de desenvolvimento através de um design ecológico e de um processo de inovação tecnológica que não exclua a questão sócio-ambiental, também devemos repensar a criação de parques tecnológicos ou dos arranjos produtivos locais, alinhando estes as diretrizes das cidades sustentáveis, que faz parte da AGENDA 21 brasileira, e seus quatro princípios para se alcançar a sustentabilidade urbana. (CASAGRANDE, 2004, p.10)

A distribuição espacial dos parques tecnológicos também é relevante ambientalmente, pois possibilita a mitigação dos impactos através da oportunidade de se tornarem catalisadores de requalificação de áreas urbanas (DUARTE, 2005) além da possibilidade dos efeitos indiretos positivos no meio socioeconômico. Por exemplo, o Parque Tecnológico da Andaluzia em Málaga (figura 1.4), Espanha, inaugurado em dezembro de 1992, foi um dos responsáveis pela revitalização da cidade estimulando o desenvolvimento econômico e tecnológico. Atualmente o empreendimento faz parte do projeto *Smart MED Parks* que visa a melhoria da eficiência energética e utilização de energias renováveis nos parques científicos, tecnológicos e empresariais da região do Mediterrâneo, em países como Espanha, Portugal, França e Portugal.

Figura 1.4 – Parque Tecnológico da Andaluzia em Málaga, instrumento de revitalização urbana e modelo de geração de energia e integração com a infraestrutura energética existente



Fonte: SmartMEDParks (2017)

Já com relação à relevância científica, a pesquisa se insere em uma área do conhecimento em formulação, pois já existem parques tecnológicos que adotam, em alguma medida, a busca pela minimização dos impactos ambientais, principalmente na fase de operação através de uma gestão mais sustentável.

No Brasil, por exemplo, há o Parque Eco Tecnológico Damha, o único no país a obter uma certificação relacionada à sustentabilidade. Ele está inserido em um projeto maior de urbanização que possui recomendações sustentáveis na etapa do programa, característica esta que lhe conferiu a certificação Processo AQUA – Alta Qualidade Ambiental – Bairro Sustentável – Fase Programa da Operação.

A partir das diretrizes e recomendações técnicas referenciadas por estratégias arquitetônicas e urbanísticas mais sustentáveis a serem aplicadas no momento da concepção destes empreendimentos, será possível contribuir na configuração do termo eco parque tecnológico e formar um repertório técnico-conceitual a ser utilizado por profissionais, de modo que possam explorar com segurança e decisão suas possibilidades, para além das soluções tradicionais, em cada novo empreendimento.

A este respeito Krause (2005) constata:

Para o profissional já 'em campo' permanece uma certa dificuldade na matéria. Quando sem tempo para reciclar, com hábitos já enraizados, acaba com dificuldades para incluir, desde os primórdios do projeto os conceitos necessários a uma boa inserção de sua arquitetura no meio. Este é talvez o momento mais importante da concepção onde há mais liberdade de escola (implantação, partidos, materiais, etc), [...] (KRAUSE, 2005, p.2)

Quanto à aplicabilidade, observam-se recentemente no Brasil algumas políticas públicas referentes à implantação de parques tecnológicos, como por exemplo, o Programa Nacional de Apoio as Incubadoras de Empresas e Parques Tecnológicos (PNI) e o Sistema Paulista de Parques Tecnológicos (SPTec).

Este setor apresentou um aumento significativo de iniciativas no país, passando de 10 parques tecnológicos brasileiros em 2000 para 74 em 2008 e 94 em 2013, sendo que destes apenas 28 estavam em operação e 66 em projeto ou em fase de implantação (CDT/UNB, 2014). Por tratar-se de uma área em desenvolvimento surge a possibilidade de que o avanço quantitativo destes empreendimentos já possa ser acompanhado pela evolução qualitativa, a partir da combinação de recursos naturais abundantes, profissionais qualificados e ambientes integrados ao ecossistema.

1.5 METODOLOGIA

Como forma de sistematizar as etapas a serem desenvolvidas nesta pesquisa, foi utilizado o método desenvolvido na Universidade Técnica de Berlim denominado *Design Research Methodology* (DRM), resultado da busca de uma sistematização da pesquisa na área de engenharia, envolvendo diferentes instrumentos e variáveis (BLESSING; CHAKRABARTI, 2002).

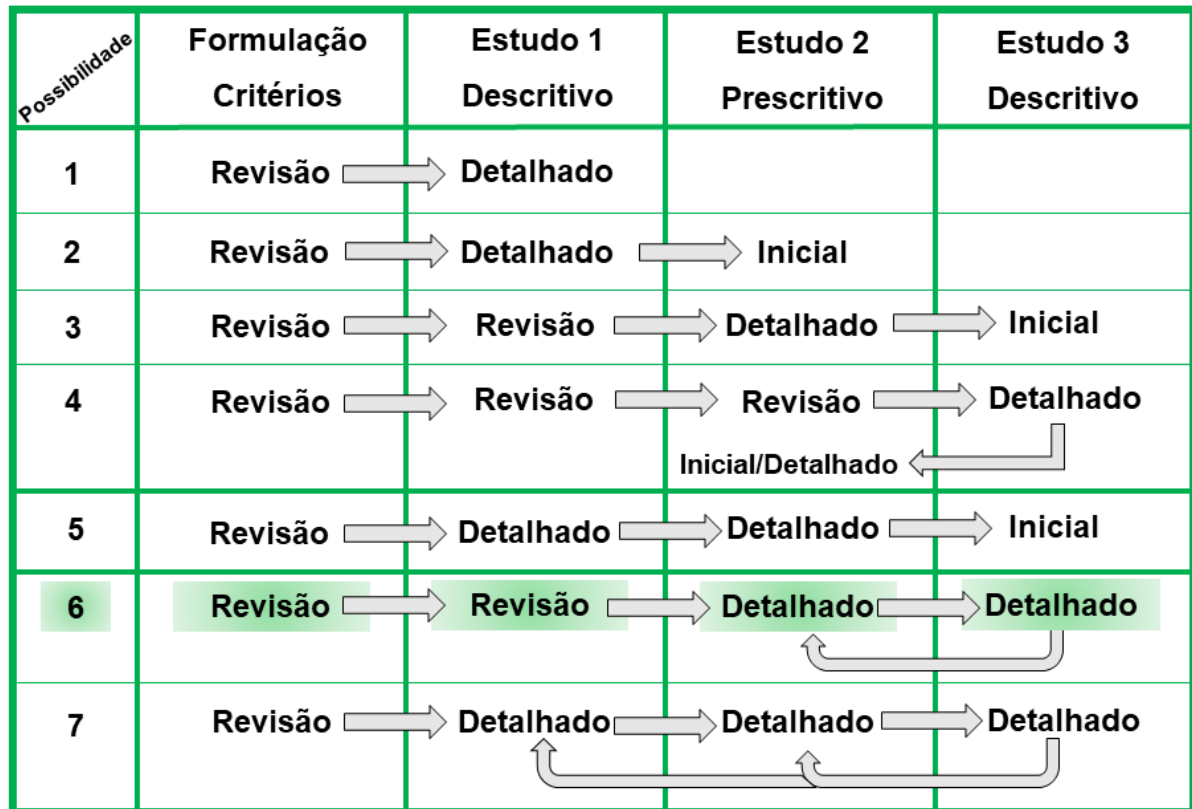
O DRM propõe a formulação de três questões-problemas que orientam o processo investigativo. Seguem abaixo as que foram definidas para o presente estudo:

- O que caracteriza um parque tecnológico de impacto ambiental reduzido?
- Quais estratégias que apontam para uma maior sustentabilidade ambiental que devem estar presentes na concepção projetual deste empreendimento?
- Como demonstrar as possibilidades desta situação ocorrer?

Este método possibilita a separação em diferentes estágios para a investigação destas indagações, de modo que cada um fornece subsídios relevantes para o próximo, demonstrando as relações de interdependência entre os mesmos para atingir o objetivo final.

O DRM é adaptável a cada projeto, entretanto tem uma estrutura definida que possibilita tanto uma retroalimentação de dados para novas interpretações como o reinício da mesma. Os estágios podem ser investigados isoladamente seguindo-se a sequência proposta ou simultaneamente, conforme a figura 1.5 exemplifica a estrutura desta ferramenta:

Figura 1.5 - Possibilidades de pesquisa segundo a metodologia proposta



Fonte: Adaptado e elaborado pelo autor de Blessing e Chakrabarti (2002, p.6)

Também foi utilizado o Protocolo de Pesquisa que, conforme Gil (2002), consiste em um instrumento norteador que define a conduta a ser adotada de modo a aumentar a confiabilidade da pesquisa.

Estas duas bases conceituais metodológicas colaboraram por meio da integração entre a determinação dos procedimentos de pesquisa a serem realizados nos estágios propostos na 6ª possibilidade do método DRM e um protocolo de pesquisa específico para cada etapa.

A seguir serão expostos estes estágios e protocolos pormenorizados sequencialmente com os aspectos orientativos e mais relevantes. Uma vez que esta tese é apresentada na forma de conjunto de artigos, cada qual demonstra a metodologia específica adotada com as técnicas de pesquisa pertinentes, bem como a análise dos resultados.

1.5.1 Estágio 1 – Formulação / Critérios – Revisão

O primeiro estágio tem como objetivo a formulação do problema e a definição dos critérios para o êxito do projeto, sob o ponto de vista da mitigação dos impactos ambientais. Para tal foi realizada uma pesquisa exploratória por meio da análise bibliográfica e documental, referenciada pelas questões definidas no quadro 1.1:

Quadro 1.1 - Protocolo de Pesquisa - Estágio 1 – Exploratório

Categorias de Análise	Subcategorias de Análise	Questões
1. Desenvolvimento Sustentável	1.1 Definições	<i>Como foi elaborado o conceito de desenvolvimento sustentável?</i>
	1.2 Dimensões da sustentabilidade	<i>Quais são as dimensões da sustentabilidade e as suas características?</i> <i>Quais são as discussões que envolvem a ocupação territorial e a sustentabilidade ambiental?</i>
2. Ocupação Territorial e a Sustentabilidade Ambiental	2.1 A expansão das cidades	<i>De que forma o urbanismo pode colaborar com uma melhor ocupação territorial de modo a minimizar os impactos ambientais?</i>
	2.2 Impactos no entorno imediato	<i>Quais os impactos potenciais podem se manifestar no entorno imediato?</i> <i>Quais são as discussões atuais sobre expansão das cidades, ocupação territorial planejada e desempenho ambiental?</i> <i>De que modo os recursos naturais podem ser otimizados através da inovação e desenvolvimento tecnológico?</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

1.5.2 Estágio 2 – Descritivo – Revisão

O segundo estágio tem por finalidade descrever o estado da arte sobre o tema. Assim, foi realizada a fundamentação teórico-conceitual com definição e caracterização do contexto relativo aos parques tecnológicos, aos métodos e sistemas de certificação e orientação ambiental, que sejam aplicáveis à parques tecnológicos tais como PESMU, BREEAM ES, LEED, HQE, VERDE DU Polígonos, à arquitetura e urbanismo sustentável e ao nexo alimento, energia e água.

Neste momento foi realizada uma pesquisa descritiva, através de análise documental, referenciada pelas questões propostas no quadro 1.2:

Quadro 1.2 - Protocolo de Pesquisa - Estágio 2 – Descritivo

Categorias de Análise	Subcategorias de Análise	Questões
1. Parques Tecnológicos	1.3 Definição	<i>O que é um parque tecnológico? Quando e como surgiram?</i>
	1.4 Caracterização Geral	<i>Quais são os critérios e parâmetros sócio-espaciais requeridos para a implantação dos parques tecnológicos?</i>
	1.5 Antecedentes	<i>Existem legislações específicas para a construção destes empreendimentos?</i>
	1.6 Cenário Atual	<i>Qual o panorama atual, nacional e internacional, dos parques tecnológicos?</i>
2. Sistemas e Métodos de Certificação e Orientação Ambiental	2.1 Conceituação	<i>Quais sistemas e métodos são mais indicados para servirem de referências e aplicáveis à parques tecnológicos?</i>
	2.2 Sistemas e Métodos	<i>Quais os maiores níveis de sustentabilidade para as variáveis segundo os sistemas e métodos?</i>
3. Arquitetura e Urbanismo Sustentável	3.1 Contextualização	<i>O que caracteriza a arquitetura e urbanismo sustentável?</i>
	3.2 Proposta	<i>Como as diversas propostas desta área podem contribuir na minimização dos impactos ambientais?</i>
4. Nexo alimento, energia e água	4.1 Conceituação	<i>Quais são as principais referências e parâmetros? O que é o nexo alimento, energia e água? Quais as consequências ambientais das interrelações entre os vetores?</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

1.5.3 Estágio 3 – Prescritivo – Detalhado

No terceiro estágio, que é prescritivo, ocorreu a sistematização das diretrizes e recomendações técnicas para serem utilizadas na concepção projetual de eco parques tecnológicos e caracterização destes empreendimentos, de forma a contribuir para um uso mais sustentável do território.

Para tal, foram determinadas as variáveis de análise relativas ao meio físico e ao meio biológico: recursos naturais (solo, água, vegetação e ar), conforto ambiental, energia, resíduos, e distribuição espacial. Elas contemplam o capital natural (HAWKEN; LOVINS; LOVINS, 2010) e são baseadas em diretrizes da sustentabilidade ecológica (SACHS, 2002).

São elementos centrais na incorporação dos aspectos ambientais na produção arquitetônica e urbanística que vise à eficiência energética, redução do consumo de materiais e geração de resíduos. Também envolvem as discussões sobre os processos de urbanização como forma de mitigação dos impactos ambientais na busca pelo desenvolvimento sustentável, como a cidade compacta, densa e socialmente diversificada, onde as atividades se sobreponham (GUMUCHDJIAN; ROGERS, 2012).

As variáveis de análise determinadas foram investigadas no material levantado no estágio 2: sistemas e métodos de certificação e orientação ambiental definidos para este estudo, e em parâmetros para uma ocupação territorial mais ambientalmente sustentável.

Com os resultados obtidos desta etapa, foram identificadas as principais estratégias arquitetônicas e urbanísticas mais sustentáveis ambientalmente para as variáveis de análise relativas aos eco parques tecnológicos.

As questões que auxiliaram a atingir os objetivos desta etapa estão no quadro 1.3:

Quadro 1.3 - Protocolo de Pesquisa - Estágio 3 – Prescritivo

Categorias de Análise	Subcategorias de Análise	Questões
1. Sistemas e Métodos de Certificação e Orientação Ambiental	Recursos naturais Resíduos Conforto Ambiental Energia Distribuição Espacial	<p><i>Quais os maiores níveis de sustentabilidade para as variáveis segundo os sistemas e métodos de certificação?</i></p>
2. Eco Parques Tecnológicos	Caracterização	<p><i>De que forma o conceito de tendência na análise da sustentabilidade pode aparecer em eco parques tecnológicos?</i></p> <p><i>Quais são as características essenciais de um eco parque tecnológico?</i></p>
3. Recomendações técnicas e diretrizes para concepção projetual de eco parques Tecnológicos	Principais estratégias sustentáveis possíveis para as variáveis determinadas	<p><i>A partir dos parâmetros e indicadores definidos segundo os sistemas e métodos de certificação de sustentabilidade e das principais estratégias sustentáveis nas variáveis definidas, quais podem ser adotadas por um eco parque tecnológico?</i></p>

Fonte: Elaborado pelo autor

Importante salientar que não foram determinadas variáveis para o meio sócio econômico por não ser o objeto deste estudo. Entretanto devido a sua importância para o desenvolvimento urbano sustentável, serão consideradas as influências indiretas das variáveis definidas anteriormente frente à ocupação do espaço.

1.5.4 Estágio 4 – Descritivo – Detalhado

No quarto estágio, descritivo, ocorreu a análise das variáveis determinadas no terceiro estágio nos casos selecionados, utilizando-os para verificação, viabilidade e complementação das diretrizes e recomendações técnicas ambientalmente mais sustentáveis propostas.

Universo de análise: foram selecionados quatro parques tecnológicos, Parque Eco Tecnológico Damha, Brasil; Parque Científico e Tecnológico para o Meio Ambiente em Turim, Itália; Parque Tecnológico e Logístico em Vigo, Espanha; e Parque Tecnológico de Biscaia, em Zamudio, Espanha.

O Parque Eco Tecnológico Damha situa-se no município de São Carlos, no estado de São Paulo e faz parte do Sistema Paulista de Parques Tecnológicos (SPTec) que é um programa da Secretaria do Desenvolvimento do Estado de São Paulo. Possui premissas e recomendações sustentáveis no programa, característica esta que lhe propiciou a certificação Processo AQUA-HQE, conferida pela Fundação Vanzolini, na fase programa da operação (AQUA, 2018).

Para além do objeto empírico nacional, optou-se por parques tecnológicos da Península Ibérica, pois na visão de Zouain (2008) os mesmos oferecem uma grande oportunidade de aprendizado para o Brasil pela similaridade cultural.

É possível analisar e identificar os pontos positivos destes parques em questões como a relação local/regional, a atuação em políticas de reurbanização de áreas degradadas, ativação econômica e os modelos de governança adotados para a gestão dos mesmos.

Estes empreendimentos foram planejados a partir de práticas com qualidade ambiental, buscando uma gestão mais sustentável, e contam com certificações internacionais de qualidade e meio ambiente, como por exemplo, *Bandera Azul*, ISO 9001, ISO 14001, *Ekoskan* e BREEAM.

As questões que orientaram a análise destes objetos empíricos estão no quadro 1.4:

Quadro 1.4 - Protocolo de Pesquisa - Estágio 4 - Descritivo

Categorias de Análise	Subcategorias de Análise (para todos os parques)	Questões
Parque Eco Tecnológico Damha	Caracterização	<i>Como é a estrutura física do empreendimento?</i>
Parque Científico e Tecnológico para o meio ambiente de Turim	Contextualização Geral	<i>Quais foram os critérios para a implantação do empreendimento?</i>
	Análise do projeto	<i>Quais os aspectos socioespaciais que caracterizam a região onde está inserido o empreendimento?</i>
Parque Tecnológico e Logístico de Vigo	Existência de premissas sustentáveis	<i>Quais premissas sustentáveis foram determinadas na elaboração do programa do empreendimento?</i>
	Existência de estratégias sustentáveis	<i>Quais estratégias sustentáveis foram utilizadas na elaboração do projeto do empreendimento?</i>
Parque Tecnológico de Biscaia	Processo de implantação e gestão	<i>De que forma é realizada a gestão do empreendimento?</i>
	Recursos naturais	<i>Como a dimensão ambiental aparece nas variáveis definidas?</i>
	Resíduos	
	Conforto Ambiental	<i>Como é a relação do empreendimento com o meio ambiente?</i>
	Energia	
	Distribuição Espacial	
Desempenho Ambiental	<i>O empreendimento tem alguma certificação ambiental?</i>	
Certificações		

Fonte: Elaborado pelo autor

A parte da pesquisa realizada no período de estágio de doutorado no exterior se enquadra nesta fase. Envolveu especificamente as variáveis de análise recursos naturais e energia com a avaliação do potencial de parques tecnológicos para a adoção de estratégias ambientalmente mais sustentáveis nas coberturas dos seus edifícios, a partir de uma visão mosaico.

Esta abordagem é intitulada *Roof Mosaic* (RM) que é referenciada por uma base conceitual central na atualidade para o desenvolvimento sustentável: o nexo alimento-energia-água (UN-WATER, 2018).

Neste sentido, o RM propõe a integração nas coberturas dos edifícios de diversas estratégias mais sustentáveis, tais como: geração de energia renovável (painéis fotovoltaicos e solares térmicos), cobertura vegetal, produção de alimentos, captação de CO₂ e reaproveitamento de água de chuva.

O objetivo é atingir a maior autossuficiência possível e sua composição é definida por indicadores obtidos a partir de necessidades ambientais específicas dos empreendimentos como forma de mitigação dos impactos (TOBOSO-CHAVERO, 2018).

Conforme destacado anteriormente a respeito da forma de apresentação da tese, esta parte do trabalho também gerou um artigo que contém metodologia específica, resultados, discussão e conclusão.

As principais questões que estruturaram esta etapa estão no quadro 1.4 A:

Quadro 1.4 A - Protocolo de Pesquisa - Estágio 4 - Descritivo

Categorias de Análise	Subcategorias de Análise	Questões
Parques tecnológicos brasileiros	Estágio	<i>Quais estão em operação, implantação e projeto?</i>
	Zoneamento Bioclimático (NBR 15220-3:2005)	<i>Em quais zonas bioclimáticas estão?</i>
	Análise técnica	<i>Quais são as informações e dados disponíveis?</i>
	Macro entorno	<i>Como é a pluviometria, a radiação e a temperatura?</i>
Parques tecnológicos internacionais	Recursos naturais (água)	<i>Qual é o consumo de água e a demanda de energia em nível nacional e internacional?</i>
	Energia	<i>Como ocorre a reutilização de água pluvial e a produção de energia renovável?</i>
	Existência de estratégias sustentáveis	<i>Quais estratégias sustentáveis foram utilizadas na elaboração do projeto do empreendimento?</i>
Roof Mosaic	Alimentos	<i>Como ocorrem e quais os principais cultivos hidrônicos no Brasil?</i>
	Energia	<i>Qual é o consumo dos principais alimentos passíveis de produção hidropônica?</i>
	Água	<i>Onde são cultivados e como são transportados estes alimentos?</i>
		<i>Qual é o perfil energético das cidades destes empreendimentos?</i>
		<i>Como é o sistema de abastecimento de água destes empreendimentos?</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

1.5.5 Estágio Final – Prescritivo – Detalhado

O método DRM prevê o retorno a determinados estágios de acordo com cada pesquisa. Neste estudo, após a finalização do quarto estágio, regressou-se ao terceiro, prescritivo, para validação final com a consolidação das diretrizes e recomendações técnicas para a concepção projetual e caracterização de eco parques tecnológicos. Para tal, foram compatibilizados os resultados do terceiro e quarto estágio com a revisão, complementação e atualização de dados e informações.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PARQUES TECNOLÓGICOS

2.1.1 Definições e Caracterização Geral

Para que seja possível a compreensão do que são parques tecnológicos, inicialmente serão apresentadas as definições oficiais regional, nacional e internacional de modo a compor um panorama global do tema.

Segundo a Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo (SDECT) estes empreendimentos são definidos como:

[...] empreendimentos para a promoção da ciência, tecnologia e inovação. São espaços que oferecem oportunidade para as empresas do Estado transformarem pesquisa em produto, aproximando os centros de conhecimento (universidades, centros de pesquisas e escolas) do setor produtivo (empresas em geral). Esses ambientes propícios para o desenvolvimento de Empresas de Base Tecnológica (EBTs) e para a difusão da Ciência, Tecnologia e Inovação transformaram-se em locais que estimulam a sinergia entre empresas, tornando-as mais competitivas. (SDECT, 2013)

Já para o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações (MCTIC) os parques tecnológicos são definidos como:

[...] complexos de desenvolvimento econômico e tecnológico que visam fomentar e promover sinergias nas atividades de pesquisas científica, tecnológica e de inovação entre as empresas e instituições científicas e tecnológicas, públicas e privadas, com forte apoio institucional e financeiro entre os governos federal, estadual e municipal, comunidade local e setor privado. (MCTIC, 2018)

Para a Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores (ANPROTEC):

[...] constituem um complexo produtivo industrial e de serviços de base científico-tecnológica. Planejado, têm caráter formal, concentrado e cooperativo, agregando empresas cuja produção se baseia em P&D. Assim, os parques atuam como promotores da cultura da inovação, da competitividade e da capacitação empresarial, fundamentados na transferência de conhecimento e tecnologia, com o objetivo de incrementar a produção de riqueza de uma determinada região. (ANPROTEC, 2018)

A *Asociación Española* de Parques Tecnológicos (APTE, 2018) define estes empreendimentos a partir de três princípios:

- A existência de relações formais com as universidades, centros de pesquisa e demais instituições de nível superior;
- É projetado para promover a formação e o desenvolvimento de empresas associadas à produção de conhecimento e outras organizações de grande valor agregado, pertencentes ao setor terciário;
- Possui um organismo de gestão que incentiva a transferência de tecnologia e fomenta a inovação entre os elementos constituintes do parque.

A *International Association of Science Parks and Areas of Innovation* (IASP, 2018) conta atualmente com aproximadamente 400 parques tecnológicos distribuídos por 73 países e define estes empreendimentos como:

[...] uma organização gerida por profissionais especializados, que tem como objetivo principal incrementar a riqueza da comunidade local, promovendo a cultura da inovação e competitividade das empresas associadas e instituições baseadas em conhecimento. Para tal, um parque tecnológico estimula e gerencia o fluxo de conhecimento e de tecnologia entre universidades, instituições de pesquisa e desenvolvimento, empresas e o mercado, facilita a criação e o desenvolvimento e o desenvolvimento de empresas baseadas na inovação através da incubação e processos de *spin-off*, e fornece outros serviços de valor agregado junto com espaço físico e estrutura de alta qualidade e facilidades. (IASP, 2018)

Outras associações e instituições internacionais também têm definições oficiais e observa-se que são similares, pois estes empreendimentos estão fundamentados no conceito “tríplice hélice”⁷ que aborda a inovação a partir da relação entre universidade-empresa-governo. Segundo Etzkowitz (2002), “[...] é um modelo de inovação em espiral que capta múltiplas relações recíprocas em diferentes pontos do processo de conhecimento [...]”

A primeira dimensão deste modelo é a transformação interna de cada hélice, como a formação de alianças estratégicas entre empresas. A segunda são as relações de influência entre as dimensões e a terceira é criação de organizações

⁷ Termo formulado por Henry Etzkowitz na década de 90 a partir da observação da relação do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) com o polo industrial de base tecnológica em seu entorno nos anos 1930 e 1940.

trilaterais a partir da interação entre as três hélices, para a promoção de novas ideias e o desenvolvimento de alta tecnologia.

Estes empreendimentos também podem ter diferentes denominações dependendo do país onde estão inseridos (CASSIN, 2012; NAHM, 2000; SHEARMUR; DOLOREAU, 2000, IASP, 2018), que envolvem alguma palavra chave como ciência, tecnologia, parque e polis, tais como: parques de pesquisa (Estados Unidos da América, parque científico (Reino Unido), polos tecnológicos/*technopoles* (França), parque científico e tecnológico (Itália) e parque tecnológico (Espanha).

Para a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO, 2016) definir estes empreendimentos como “parque científico” é limitado, pois foca apenas no vínculo às universidades e institutos de pesquisa. Esta agência internacional relaciona os princípios e práticas a serem adotados por um parque tecnológico:

- Infraestrutura física: edificações, redes, laboratórios entre outros nos quais a alta tecnologia é o elemento de destaque que providencia o suporte básico;
- Educação e pesquisa: a aproximação física entre as empresas relacionadas à inovação e universidades ou institutos de pesquisa, visando facilitar a cooperação entre as partes;
- Localização: pode ser determinante para o funcionamento, como a proximidade de um sistema de transportes eficiente. É feita a ressalva para os parques tecnológicos fora das áreas urbanas, pois geralmente estão associados ao agronegócio;
- Pesquisa e desenvolvimento: facilitar a transferência da inovação tecnológica para aplicação em empresas e indústrias;
- Incubadoras: é uma ferramenta que auxilia no desenvolvimento de uma empresa de alta tecnologia, com apoio técnico e financeiro.
- *Venture Capital* ou Capital de Risco: empreendedores que desejam financiar projetos de inovação;
- Suporte legal;

- Proteção da propriedade intelectual;
- Meio ambiente: valorização da paisagem natural, como por exemplo, das montanhas, praias, campo entre outros e de áreas verdes.

Este princípio de agregar valor ao ambiente natural (UNESCO, 2016), embora contribua para a sustentabilidade e seja relevante para o desenvolvimento regional que busque a qualidade urbana, frequentemente é utilizado pelos empreendimentos apenas de modo simbólico para se associar a uma imagem de consciência ambiental como forma de obter uma valorização econômica maior.

Leite (2012) aponta que os parques tecnológicos também são uma forma de *clusters*⁸ de alta tecnologia e pode ser um elemento no espaço urbano de desenvolvimento e inovação com as seguintes tipologias: parques tecnológicos fechados (fora das áreas urbanas), parques tecnológicos urbanos fechados (perímetros delimitados) e parques tecnológicos urbanos abertos (dispersos no tecido urbano). A IASP (2016) informa que mundialmente há apenas 6% de parques tecnológicos fora das áreas urbanas, sendo que os existentes nos perímetros urbanos estão distribuídos através de 37.6% em pequenas cidades (até 500.000 habitantes), 16.5% em médias (500.000 a 1.000.000 de habitantes) e 39.8% nas grandes cidades (acima de 1.000.000 de habitantes). As inserções destes empreendimentos tornam o local uma área estratégica, pois além da infraestrutura necessária - existente, a se planejar ou a se consolidar -, cria um entorno socioeconômico que pode induzir a uma melhor qualidade de vida, formar uma cultura empreendedora, ampliar a oferta de lazer e oportunidades educacionais e gerar maior vitalidade cultural e dinamismo comercial (DUARTE, 2005; GOSÁLBEZ, 2014).

Black (2007) também visualiza aspectos positivos na implantação desses empreendimentos ao se referir que os efeitos sociais e econômicos dos parques tecnológicos se fazem notar no estímulo da relação universidade e indústria através da transferência de conhecimento, no ímpeto do desenvolvimento econômico regional, na promoção da inclusão social com a tecnologia, na agregação de valor

⁸ Utilizado pelo autor para se referir ao conceito industrial do termo que faz referência a um grupo de empresas que desenvolvem atividades similares em conjunto e em um mesmo ambiente.

na economia local e na construção de edifícios que utilizem tecnologias sustentáveis.

Outro ponto de destaque são as altas concentrações de atividades que atraem pesquisadores e uma grande diversidade de categorias, formando uma massa crítica voltada para a criatividade, estimulando o desenvolvimento econômico nas regiões em que estão localizados. (WESTHEAD; STOREY, 1994 *apud* NAHM, 2000; IASP (2016a). Isto pode ser possível por meio de um processo constante de inovação que envolva a integração de políticas públicas, intercâmbio de conhecimento e tecnologia entre universidades e empresas, espaços com infraestrutura adequada e profissionais altamente qualificados como forma de criar serviços com grande valor agregado.

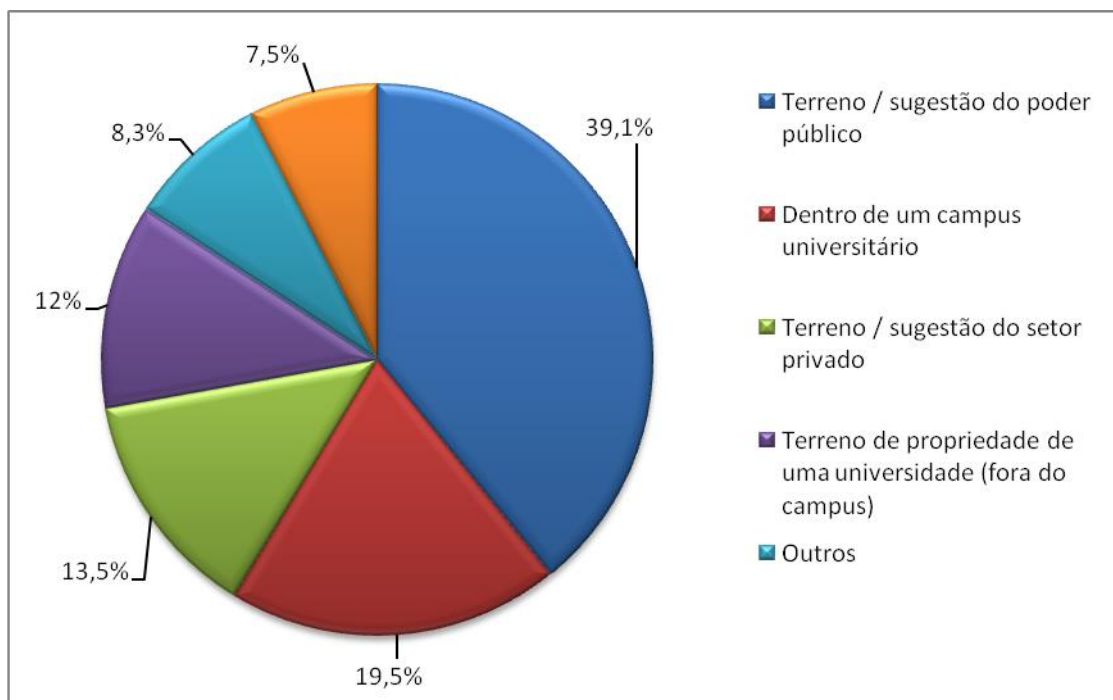
Apesar da grande diversidade sociogeográfica dos empreendimentos, para Ondategui (2002 *apud* GOSÁLBEZ, 2014) e Nahm (2000) é possível delimitar alguns fatores comuns relativos aos locais mais adequados:

- Regiões policêntricas com presença industrial e acessos a multiplicidade de conexões, desde regionais às internacionais;
- Administração pública atuante, planejadora e cooperativa com as universidades na definição das indústrias prioritárias e das consequentes linhas de pesquisa;
- Forte vínculo entre as empresas e os pesquisadores, por onde o papel das universidades é fundamental;
- Criação de uma rede empresarial com dinâmica colaborativa e cooperativa para gerar sinergias, empregos e transferência de conhecimentos;
- Planejamento de médio prazo;
- Viabilidade de acessar fundos públicos e privados;
- Políticas públicas que fomentem a inovação;
- Infraestrutura urbana avançada, que definirá uma localização estratégica, pois evolverá uma região de relevância, seja regional ou nacional, mobilidade através de modais para além do rodoviário, tais

como aeroportos, portos, trens de alta velocidade e uma eficiente rede de transporte público.

O gráfico 2.1 indica de que forma os parques tecnológicos membros da *International Association of Science Parks and Areas of Innovation (IASP)* estão localizados e nota-se que a maioria está em áreas sugeridas ou de propriedade do poder público (municipal, estadual ou federal):

Gráfico 2.1 – Porcentagem de proprietários dos terrenos onde estão locados os parques tecnológicos mundiais



Fonte: Adaptado pelo autor de IASP (2016b)

No que se refere às características funcionais e morfológicas de um parque tecnológico ideal Black (2007) considera que os mesmos deverão ser desenvolvidos “[...] sob um inspirador 'grande projeto', refletindo propósito, valores, e princípios que conduza a uma imagem significativa e característica do parque”.

2.1.2 Antecedentes

Os estudos sobre a formação do conceito de parque tecnológico datam do final dos anos 1960 (JUDICE; MACULAN; VEDOVELLO, 2006) tendo como países precursores a Inglaterra e os Estados Unidos (ZOUAIN, 2003) e vem ao longo do tempo evoluindo através da observação e avaliação dos resultados das experiências práticas.

Na visão de Duarte (2005) os polos tecnológicos são um dos primeiros modelos urbanos oriundos da sociedade da informação⁹. As experiências pioneiras ocorreram decorrentes do adensamento espacial autônomo do Vale do Silício, Califórnia, a partir do *Stanford University Science Park* e da Rota 128 na região de Boston, Massachusetts, ambas nos Estados Unidos da América e ocorridas entre 1940 e 1950.

Para a Unesco (2018a), o *Stanford University Science Park*, nos Estados Unidos da América, juntamente com o primeiro parque tecnológico da Europa, o *Sophia Antipolis* na França e o *Tsukuba Science City* no Japão, os três com início das atividades entre as décadas de 50 e 60, representam os mais antigos e conhecidos parques tecnológicos.

O *Stanford University Science Park* (figura 2.1), localizado em Palo Alto, Califórnia, é considerado um dos elementos fundamentais na formação do Vale do Silício (SRP, 2017a) e tem o início das suas atividades associadas à instalação da *Varian Associates*¹⁰, em 1951, originalmente sob a configuração de um parque industrial com a denominação de *Stanford Industrial Park*. Seu mentor, Frederick Terman, à época diretor da escola de engenharia da Universidade de Stanford, imaginou o potencial da união de esforços e interesses entre universidade, indústria e a cidade de Palo Alto.

⁹ Termo que designa o modo como a sociedade contemporânea é estruturada com base nas tecnologias de informação.

¹⁰ Empresa pioneira no Vale do Silício na área de alta tecnológica.

Figura 2.1 – O *Stanford University Science Park* na década de 50



Fonte: Stanford Research Park (2017b)

Em meados dos anos 50 esta instituição acadêmica formou uma parceria com lideranças da cidade de Palo Alto e criou o *Stanford University Science Park*, com áreas destinadas dentro do empreendimento à geração de receitas fiscais como forma de promover o desenvolvimento econômico regional.

Neste parque ocorreram significativos avanços tecnológicos, tais como: os estudos sobre a geração de micro-ondas que formaram a base para o desenvolvimento dos satélites e dos aceleradores de partículas; fundação da *NeXT Computer*¹¹; elaboração de instrumentos de medição eletrônica, impressoras a laser e calculadoras pela *Hewlett-Packard*; as estações pessoais de trabalho pela *Xerox's Palo Alto Research Center*, entre outros. Atualmente o *Stanford University Science Park* é constituído por mais de 150 empresas de alta tecnologia distribuídas por 140 edifícios.

O *Sophia Antipolis* (figura 2.2), inaugurado em 1969, na região *Provence Alpes Côte d'Azur*, teve como base conceitual a “fertilização cruzada” entre pesquisadores, acadêmicos e industriais com o objetivo de criar uma cidade com

¹¹ Criada por Steve Jobs, em 1985, após o seu desligamento da *Apple Inc.*

alto nível de desenvolvimento tecnológico. Conta com 1.600 hectares, em uma área total de 2.400, destinados a espaços verdes, trilhas e quadras esportivas.

Figura 2.2 – O *Sophia Antipolis* atualmente



Fonte: Sophia Antipolis (2017)

Em 1984 foi criada a Fundação *Sophia Antipolis* com a missão de realizar a organização cultural e científica do parque, facilitando o intercâmbio local, regional e internacional entre ciência, indústria e cultura, de modo a promover a inovação.

Atualmente conta com 1.350 empresas de 63 nacionalidades diferentes e têm os setores de atividades distribuídos da seguinte forma: 71% em tecnologias da informação, 15% em educação e formação, 10% em ciências da vida e química, 4% ambiente e reserva energética.

O *Tsukuba Science City* (figura 2.3), na cidade de Tsukuba, na província de Ibaraki, foi aprovado para construção em 1963, com o propósito inicial de descentralizar as funções do setor industrial de base tecnológica da grande Tóquio, que já contava com uma densidade populacional elevada, e ser um centro de excelência intelectual com instituições de ensino e pesquisa em uma região próxima à metrópole.

Figura 2.3 – O *Tsukuba Science City* atualmente

Fonte: Tsukuba Science City Network (2017)

É constituído por dois distritos: parque tecnológico e subúrbio, com a sua trajetória e evolução associadas diretamente as políticas públicas de desenvolvimento tecnológico do Japão, como os planos do país relacionados à ciência e tecnologia de 1996, 2001 e 2006 que tiveram efeitos na promoção da cooperação e integração entre pesquisa e desenvolvimento, tornando-se um centro de pesquisa internacional.

Os empreendimentos deste período também são conhecidos como os Parques de 1ª Geração ou Pioneiros, que surgiram de modo espontâneo, sem necessariamente um planejamento, entretanto com uma cultura empreendedora e interação com as universidades, condições que favoreceram a inovação.

A partir da década de 70, na Europa e América do Norte, eles passaram a ser planejados e obtiveram o apoio estatal e são conhecidos como os Parques de 2ª Geração ou Parques Seguidores, que visaram o desenvolvimento de inovação a partir da vocação das empresas do local onde se instalaram, promoveram definitivamente a integração universidade-empresa e buscaram criar os polos tecnológicos e empresariais (ANPROTEC, 2008a).

Também se podem considerar duas fases diferentes sob o ponto de vista conceitual para estes empreendimentos: a fase inicial “histórica” – dos anos 1960 a meados dos anos 1990 – e a fase “contemporânea” – segunda metade dos anos 1990 até os tempos atuais (JUDICE; MACULAN; VEDOVELLO, 2006).

A primeira fase, com os Parques de 1ª e 2ª Geração, tem como características a experimentação, já a segunda é marcada por uma visão mais

sensata e objetiva sobre a eficiência destes empreendimentos possibilitando elaborar modelos com maior rigor e precisão e com a crescente institucionalização.

Nahm (2000) considera que os parques tecnológicos atuais são uma evolução que vem desde as aglomerações urbanas com foco na infraestrutura física, passa para o parque industrial com a interação entre as indústrias de um mesmo setor e segue com os parques de pesquisa com a parceria de universidades e transferência de tecnologia.

Diante disto, estes empreendimentos têm obtido reconhecimento como instrumentos estratégicos para a inovação tecnológica, a partir da verificação das diversas experiências internacionais e nacionais implantadas. A experiência brasileira é considerada recente e concentrada principalmente nas regiões Sul e Sudeste.

Segundo a ANPROTEC (2008a), estes empreendimentos passaram a ser tratados no Brasil em 1984, com a criação de um programa de apoio pelo Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq) e somente a partir dos anos 2000 é que os parques tecnológicos se tornaram efetivamente uma alternativa para o desenvolvimento tecnológico, econômico e social.

Exemplo disto é a implantação do Parque Tecnológico de São Carlos (ParqTec) no estado de São Paulo, um processo complexo de aproximadamente vinte anos entre a sua proposta e realização, consequência da quase total ausência de políticas públicas relativas a estes empreendimentos neste período, bem como na dificuldade do entendimento destes instrumentos inovadores.

O Parqtec inaugurou a sua primeira incubadora destinada as empresas de base tecnológicas (EBT's) em 1984 e tornou-se um Parque Científico somente em julho de 2008.

2.1.3 Contexto Atual

No cenário internacional, os parques tecnológicos atuais são conhecidos como os Parques de 3ª Geração ou Parques Estruturantes, com exemplos na Coreia, Taiwan, Cingapura entre outros, que são uma evolução dos da 1ª e 2ª Gerações e são integrados às estratégias de desenvolvimento urbano, regional e ambiental, notadamente nos países emergentes (ANPROTEC, 2008a).

Esta 3ª Geração fomenta o processo de desenvolvimento tecnológico e econômico inclusive com aportes públicos, visando o mercado globalizado através da difusão do conhecimento, diversificação das áreas de atuação na busca pela inovação que possibilite a melhoria da competitividade dos serviços, processos e produtos.

Segundo a IASP (2016c) os seus 390 parques tecnológicos afiliados e distribuídos em 73 países atuam nos seguintes segmentos: agricultura e silvicultura; atmosfera e ciências da terra; audiovisual; biotecnologia; produtos químicos; engenharia civil; ciências da computação; indústria cultural; eletrônicos; energia; meio ambiente; ciência alimentar; saúde e fármacos; comunicações; transportes terrestres, aéreos e navais; automação; materiais, mecânica; metrologia; micro e nanotecnologia; defesa militar; óptica; física; consultoria à indústria; engenharia de *software*; tecnologia espacial; esporte, turismo e entretenimento.

Há um levantamento mundial com a quantidade e distribuição geográfica de parques tecnológicos no *Atlas of Innovation*, de 2009, elaborado pela organização não governamental *World Alliance for Innovation* (WAINOVA) que coordena 24 associações internacionais de parques científicos / tecnológicos e incubadoras de empresas baseadas em inovação.

Algumas destas associações disponibilizam diretamente uma lista atualizada com os seus membros e, por se tratar da afiliação uma ação optativa, existem ainda os parques tecnológicos que não estão cadastrados, mas são atuantes.

A Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) apresenta uma relação de parques tecnológicos distribuídos pelos continentes com a identificação nominal de alguns e estima que existam cerca de 400 empreendimentos.

A partir destas fontes, apurou-se preliminarmente uma quantidade aproximada de parques tecnológicos em operação nos 10 países e/ou associações internacionais com maior quantidade destes empreendimentos, indicados no quadro 2.1:

Quadro 2.1 – 10 países e/ou associações internacionais com a maior quantidade de parques tecnológicos

Nação / Associação	Parques Tecnológicos
Estados Unidos da América <i>Association of University Research Parks (AURP)</i>	152
Reino Unido <i>The United Kingdom Science Park Association (UKSPA)</i>	70
<i>Asian Science Park Association (ASPA)</i>	68
Espanha <i>Asociación de Parques Científicos y Tecnológicos de España (APTE)</i>	66
França <i>RETIS - France Technopoles Enterprises</i>	60
Finlândia <i>Finnish Science Park Association (TEKEL)</i>	33
Alemanha <i>German Association of Innovation, Technology and Business Incubation Centers (ADT)</i>	32
Itália <i>Associazione dei Parchi Scientifici e Tecnologici Italiani (APSTI)</i>	29
Brasil Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores (ANPROTEC)	28
Suécia <i>Swedish Incubators and Science Parks (SISP)</i>	26

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados de WAINOVA (2009); APTE (2017); UKSPA (2017); APSTI (2017); CDT/UNB (2014); UNESCO (2018a)

Relativo a América do Sul, além do Brasil, na Argentina há a *Asociación de Incubadoras de Empresas, Parques e Polos Tecnológicos da República Argentina* com 7 parques tecnológicos associados, no Uruguai a *URUNOVA* com 2 e o Equador com 1.

A partir do ano 2000, ocorreu no Brasil a inclusão dos parques tecnológicos no Plano Plurianual do Governo Federal e a criação do Programa Nacional de Apoio as Incubadoras de Empresas e Parques Tecnológicos (PNI) pelo então Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI).

Segundo a Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores (ANPROTEC, 2008b), antes disto o país contava com 10 parques tecnológicos, passou para 15 em 2005 e desta data em diante se inicia o lançamento de mais de 50 empreendimentos.

Alguns estados também implantaram políticas específicas, como por exemplo, o Estado de São Paulo que através da Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia (SDECT) criou o Sistema Paulista de Parques Tecnológicos (SPTec) que se apresentava com o objetivo de atrair investimentos para gerar empresas de base tecnológica e produção de conhecimento para a promoção do desenvolvimento econômico do Estado.

É necessário que um empreendimento destes já esteja em operação, contemple uma área mínima de 200 mil m² entre outras solicitações para obter um credenciamento provisório pelo período de 4 anos. O Parque Tecnológico de São José dos Campos foi o primeiro a ser reconhecido em definitivo por este sistema do Estado de São Paulo.

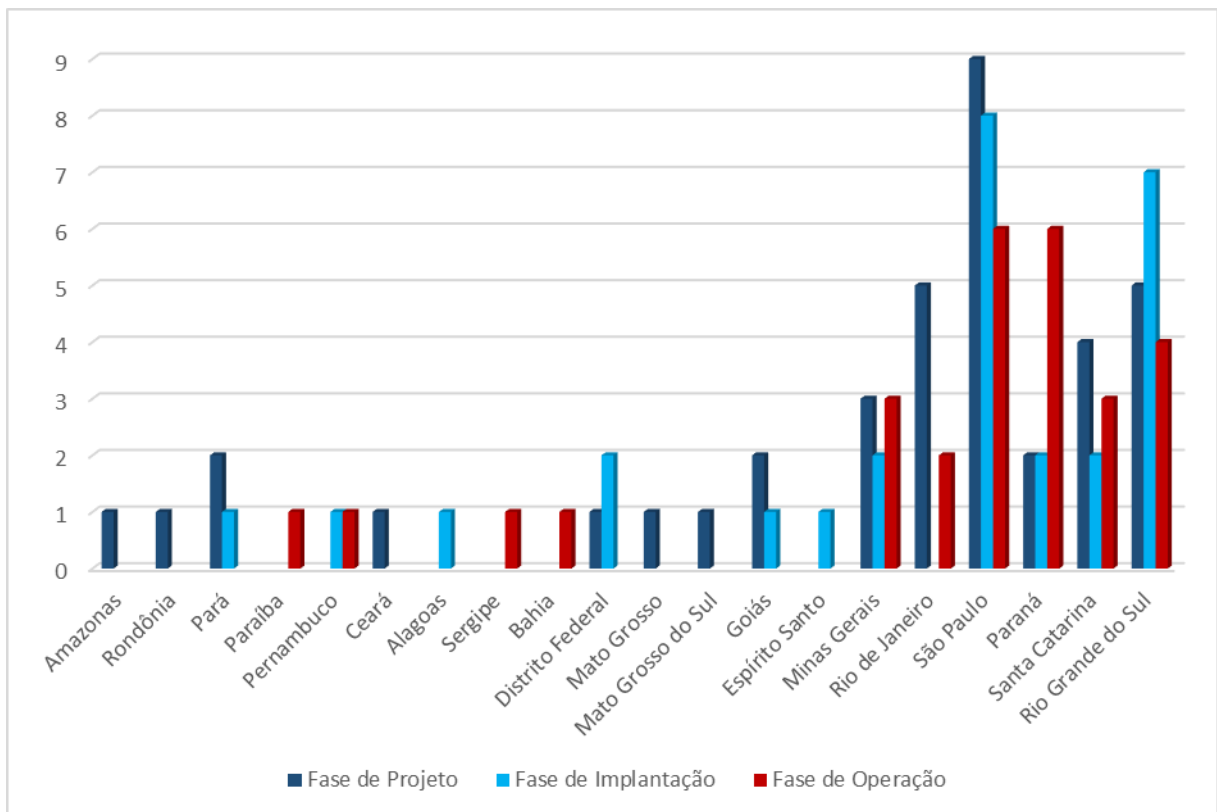
Para que o credenciamento seja definitivo, há a obrigatoriedade do atendimento ao artigo 8º do decreto que “Institui e regulamenta o Sistema Paulista de Ambientes de Inovação (SPAI) e dá providências correlatas” (SÃO PAULO, 2014) no qual entre as exigências está a da apresentação do projeto básico do empreendimento contendo o projeto arquitetônico e urbanístico e os estudos preliminares de viabilidade de sustentabilidade ambiental.

Estas iniciativas entre outros objetivos pretendem a consolidação destes empreendimentos em áreas próximas aos centros de pesquisas e universidades por todo o país para a promoção do desenvolvimento tecnológico e da inovação.

O levantamento de parques tecnológicos existentes no Brasil mais atualizado é o realizado pelo Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília (CDT/UNB) para o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) em 2014. Lá foi apontado que em 2013 o Brasil possuía 94 parques tecnológicos, dos quais 32 em estágio de projeto, 28 em processo de implantação e 28 em operação.

No gráfico 2.2 é possível observar que em diversos estados brasileiros não há nenhuma iniciativa relacionada a estes empreendimentos:

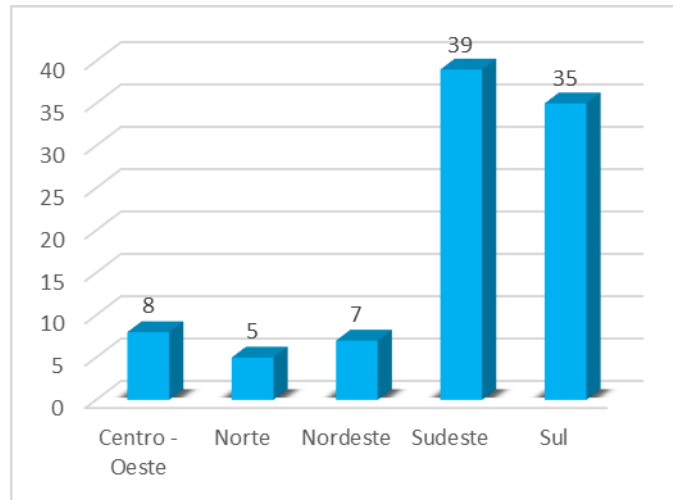
Gráfico 2.2 – Distribuição dos parques tecnológicos por fase de desenvolvimento e por estado



Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados de CDT/UNB (2014)

Relativo à distribuição geográfica, o gráfico 2.3 indica que a maioria está concentrada predominantemente nas regiões Sudeste e Sul, como provável consequência da grande produção técnico-científica destas regiões.

Gráfico 2.3 – Distribuição dos parques tecnológicos por região



Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados de CDT/UNB (2014)

Destes parques tecnológicos brasileiros, 15 são membros da *International Association of Science Parks (IASP)*, sendo 1 da região Nordeste, 1 do Centro-Oeste, 7 do Sudeste e 6 do Sul, conforme exposto no quadro 2.2:

Quadro 2.2 – Parques tecnológicos brasileiros membros da IASP

Região Nordeste	<ul style="list-style-type: none"> • Porto Digital – Paraíba
Região Centro-Oeste	<ul style="list-style-type: none"> • PCTec – UNB
Região Sudeste	<ul style="list-style-type: none"> • Belo Horizonte Science & Technology Park – BH-TEC • Incubadora – Agência Inova Sorocaba • Parque Tecnológico – São José dos Campos • Parque Tecnológico do Rio/UFRJ • Tecnoparq – Parque Tecnológico de Viçosa • Associação Parque Tecnológico Botucatu • Parque Tecnológico de Sorocaba
Região Sul	<ul style="list-style-type: none"> • Feevale Techpark • Fundação PTI – Parque Tecnológico Itaipu • Sapiens Parque, S.A – Santa Catarina • TECNOPUC – Parque Científico e Tecnológico da PUCRS • TECNOSINOS – Parque Tecnológico de São Leopoldo • PUCPR Tecnoparque – Pontifícia Universidade Católica do Paraná

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados de IASP (2016d)

2.2 SISTEMAS E MÉTODOS DE CERTIFICAÇÃO E ORIENTAÇÃO AMBIENTAL

2.2.1 Conceituação

Os sistemas e métodos internacionais de certificação e orientação ambiental utilizam manuais e listas de conferência que abordam dimensões, temas e metas que contém pré-requisitos, estratégias, critérios e indicadores para avaliarem o nível de sustentabilidade de um empreendimento, para o qual é atribuída uma pontuação ou conceito como forma de mensuração.

Existem os de caráter mais qualitativo que visam metas de longo prazo de sustentabilidade urbana, através do monitoramento do consumo de recursos naturais e fornecendo subsídios para tomada de decisão política. Há também os de natureza mais quantitativa, estruturados com indicadores e planilhas de verificação – *check list* – geralmente referenciados pela técnica de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para avaliação dos sistemas e subsistemas de um empreendimento em relação ao seu desempenho ambiental (NEGREIROS, 2009).

Sem necessariamente levar-se em consideração os processos envolvidos e independentemente de aspirar-se um grau de certificação para um empreendimento, os métodos e sistemas de certificação e orientação ambiental possuem um vasto repertório teórico de estratégias mais sustentáveis que podem auxiliar na elaboração de projetos arquitetônico e urbanístico que busquem a qualidade ambiental.

Neste sentido, o presente estudo adotou quatro certificações ambientais internacionais que serão detalhadamente analisadas no Capítulo 4 e 8 de modo a contribuir na formação de repertório técnico para a proposição de estratégias projetuais para eco parques tecnológicos. Seguiram-se os seguintes critérios: (i) abrangência e consolidação (ii) informações e materiais técnicos disponíveis; (ii) aplicável à parques tecnológicos; (iii) contempla as variáveis de análise (totalmente ou parcialmente).

Também se utilizou o método de análise e avaliação da sustentabilidade ecológica intitulado Planejamento Estratégico e Sustentado do Meio Urbano (PESMU) no Capítulo 3, pois foi desenvolvido no âmbito do grupo de pesquisa

denominado Urbanismo e Saneamento Urbano Sustentáveis da Universidade Federal de São Carlos, na qual esta investigação está vinculada.

Este instrumento colaborou principalmente com a compreensão do desempenho necessário para as variáveis de análise em um parque tecnológico para que se tenham condições efetivamente favoráveis à sustentabilidade ambiental.

2.2.2 Leadership in Energy and Environmental Design

O sistema de certificação e orientação ambiental LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), tem as suas origens nos Estados Unidos da América, em 1993, com a fundação da *U.S. Green Building Council* (USGBC) por Rick Fedrizzi, David Gottfried e Mike Italiano. Com a meta de promover ações mais sustentáveis na construção civil, atualmente é o mais utilizado internacionalmente por aproximadamente 160 países e possui diferentes tipologias com cerca de 200 mil m² certificados diariamente (USGBC, 2018).

Faz uma avaliação objetiva a partir de um sistema de pontuação específico e propicia algumas orientações, como tecnologias e estratégias, com potencial para atingir os requerimentos. Possui 4 categorias: novas construções e grandes reformas, escritórios comerciais e lojas de varejo, empreendimentos existentes e bairros. Nelas são analisadas 8 dimensões que contam com pré-requisitos e créditos: localização e transporte, espaço sustentável, eficiência do uso da água, energia e atmosfera, materiais e recursos, qualidade ambiental interna, inovação e processos, créditos de prioridade regional.

A certificação varia de níveis de acordo com a pontuação obtida nestas dimensões, com no mínimo 40 pontos e no máximo 110 pontos, podendo ser: Certificado (40 – 49 pontos), Prata (50 – 59 pontos), Ouro (60 – 79 pontos) e Platina (acima de 80 pontos). Os empreendimentos certificados no Brasil, em média, reduzem o consumo de água em 40%, o de energia em 30%, as emissões de CO₂ e a geração de resíduos em 65% (GBCB, 2018).

Tem flexibilidade para ser aplicado em diferentes tipologias, tais como escolas, envoltória e núcleo central, lojas de varejo, data centers, galpões e centros

de distribuição, hospedagem, unidades de saúde, interiores comerciais, edifícios existentes e plano ou projeto urbano.

2.2.3 Building Research Establishment Environmental Assessment Method

O BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) é um método de avaliação e certificação de edificações, criado no Reino Unido em 1990, por pesquisadores do instituto inglês *Building Research Establishment* (BRE) com o intuito de minimizar os impactos as edificações no meio ambiente. Está presente em 77 países, possui mais de 565.000 edifícios certificados e mais de 2.273.000 registrados, sendo líder deste segmento na Europa (BREEAM, 2018; BREEAM ES, 2018).

Tem como premissas a redução do impacto ambiental dos edifícios, saúde e conforto para quem os utiliza, a minimização da demanda de energia através da eficiência energética e tecnologias que priorizem a redução da emissão de carbono.

Propõe um sistema de pontuação menos específico acompanhado de um conceito de classificação: correto, bom, muito bom, excelente e excepcional. Descreve extensivamente a forma de avaliação dos critérios com as suas possibilidades de soluções através da exposição pormenorizada de conceitos, guias, estudos e normativas.

Este método utiliza 10 categorias para mensurar o desempenho ambiental: energia, saúde e bem-estar, inovação, uso do solo, materiais, gestão, contaminação, transporte, resíduos e água. Nelas são levados em consideração fatores que abrangem: qualidade do ar e da ventilação, iluminação, materiais, conforto acústico, economia de água, localização territorial, reciclagem, medidas contra a devastação da camada de ozônio e a chuva ácida, emissões de dióxido de carbono, características saudáveis da edificação entre outros.

Tem disponibilidade para certificar as seguintes tipologias: infraestrutura, planos urbanísticos de novas comunidades ou projetos de requalificação, habitações (novas construções ou renovação/restauração) e edifícios comerciais (novas construções, em uso ou renovação/restauração). Além do Reino Unido, desde 2009

possui versões específicas adaptadas para alguns países, tais como Alemanha, Nova Zelândia, Noruega e Espanha.

2.2.4 Haute Qualité Environnementale

O HQE (*Haute Qualité Environnementale*) é um sistema de qualificação do edifício que tem a sua origem na França, em 1992, e desde a sua fusão em 2016 com a associação *Green Building Council*, passou a se denominar *Alliance HQE-GBC* e atua como membro do *World Green Building Council (WGBC)*. Esta certificação está presente em 24 países, inclusive com uma adaptação para o Brasil, intitulada Processo-AQUA, operada pela Fundação Vanzolini. Este sistema francês informa que tem as missões de promover a sustentabilidade a partir da evolução do conhecimento, disseminação das melhores práticas, inovação e promoção da qualidade de vida saudável (HQEGBC, 2018).

Possui um caráter mais orientativo já que faz um gerenciamento de critérios ambientais através da propagação de informações e avaliação de métodos construtivos. O sistema visa a eco construção, a eco gestão, o conforto, a saúde e a avaliação da produção de resíduos.

Certifica edifícios (residenciais e não-residenciais), infraestruturas e territórios com a verificação de 4 temas: energia, meio ambiente, saúde e conforto através de 14 metas: relação do edifício com o entorno imediato; integração dos componentes; baixo impacto ambiental do canteiro; energia; água; resíduos; manutenção e durabilidade do desempenho ambiental; conforto térmico, acústico, visual e olfativo; qualidade dos espaços, do ar e da água.

Sistema de pontuação em menor escala, através de 3 níveis de performance para as metas (pré-requisito, realizado e alto desempenho) com diretrizes e recomendações de como assegurar os critérios e auxílio na elaboração da estratégia para a obtenção da meta em questão (CERWAY, 2014).

2.2.5 VERDE DU Polígonos

Trata-se de uma metodologia para avaliação e certificação ambiental para novas construções de parques logísticos desenvolvido pela associação *Green Building Council España* (GBCe) que é filiada à *World Green Building Council* (WGBC). Utiliza a metodologia Valorização de Eficiência de Referência de Edifícios (VERDE) para o Desenvolvimento Urbano (DU) que está baseado na análise de ciclo de vida (ACV) e mensura a redução dos impactos ambientais, sociais e econômicos do edifício e no seu entorno pela adoção de estratégias projetuais e performance destas. Está integrado com as normativas espanholas como o Código Técnico, os regulamentos técnicos e as diretivas europeias (GBCE, 2018).

Este instrumento analisa os impactos associados às medidas incorporadas por empreendimentos de grande porte, relativas ao consumo de energia primária, de água potável, emissões de CO₂, entre outras, cada qual com um peso percentual, através de 35 critérios dispostos em 5 categorias: aspectos ambientais, aspectos sociais, aspectos econômicos, conceito de qualidade e inovação. O resultado é medido em número de folhas verdes, que pode ser no mínimo 1 e no máximo 5 e este método está integrado com as normativas espanholas como o Código Técnico, os regulamentos técnicos e as diretivas europeias.

2.2.6 Planejamento Estratégico e Sustentado do Meio Urbano

O PESMU (Planejamento Estratégico e Sustentado do Meio Urbano) é um método de análise e avaliação da sustentabilidade ecológica, desenvolvido no âmbito do grupo de pesquisa denominado Urbanismo e Saneamento Urbano Sustentáveis da Universidade Federal de São Carlos (SILVA, R.S; TEIXEIRA, B.A.N, 2009).

Este método contém oito categorias, as variáveis de controle, baseadas em diretrizes da sustentabilidade ecológica e as intervenções urbanas, as variáveis de ação, com componentes do Urbanismo e do Fluxo da Água no Meio Urbano.

O principal instrumento deste método é a Matriz de Análise de Sustentabilidade Ecológica, que possibilita o cotejamento entre as variáveis de ação, que estão nas colunas, e as variáveis de controle, que estão nas linhas e são decompostas em fatores e critérios, possibilitando várias inter-relações resultando em quatro classificações relacionadas com tendência à sustentabilidade: Favorável, Desfavorável, Neutro e Insuficiência de Dados.

Como instrumento de suporte é utilizada a Ficha de Caracterização e Análise dos Fatores, que contém a caracterização das tendências e um Fluxograma de Decisão para auxiliar na tomada de decisão. No final, é proposto a elaboração do Quadro Resumo, que demonstra de modo sintético os resultados totais, possibilitando a quantificação das tendências.

2.3 ARQUITETURA E URBANISMO SUSTENTÁVEL

O mundo pós-moderno encontra-se imerso em profundas discussões a respeito de diversos temas estruturais que influenciarão o futuro da humanidade, sendo que as formas de ocupação territorial ganham destaque devido à necessidade de uma reforma urbana por meio da participação democrática de todos os agentes envolvidos, atração de investimentos, desenvolvimento socioeconômico, qualidade urbana e, sobretudo, ambiental.

A arquitetura e urbanismo têm a possibilidade e responsabilidade de buscar soluções que reflitam positivamente no entorno, de modo a contribuir neste processo, conforme aponta Edwards (2004):

“[...] A reforma urbana é uma consequência natural da filosofia do desenvolvimento sustentável, uma vez que integra questões de meio ambiente com questões sociais e econômicas. A energia é evidentemente a principal preocupação meio ambiental, especificamente para os projetistas dos edifícios, porém a preocupação pela ecologia humana e natural da cidade também é importante. Os rios, canais, parques, jardins e coberturas ajardinadas oferecem oportunidade de introduzir a natureza novamente nas cidades.” (EDWARDS, 2004, p.118)

Esta parte do estudo buscará sistematizar informações da literatura atual sobre arquitetura e urbanismo mais sustentáveis, como forma de compreender os seus princípios fundamentais, sob o ponto de vista ambiental, e posterior investigação de como as variáveis de análise deste estudo são consideradas.

Na produção de um empreendimento, na maioria das vezes, não se leva em consideração como funciona o ecossistema natural e isto resulta em práticas não sustentáveis no desenvolvimento urbano como a especulação, priorização de interesses econômicos, desperdício de energia e de recursos naturais. Perde-se qualidade e conforme aponta Adams (2001), coloca-se em risco a própria sobrevivência humana uma vez que este sistema urbano criado poderá entrar em colapso.

Corbella e Yannas (2003) consideram que, após a II Guerra Mundial, a evolução das técnicas construtivas associadas à ampla disponibilidade de combustível provocou nos profissionais uma postura de indiferença frente às questões ambientais, já que havia um entendimento no qual o desenvolvimento

tecnológico e o seu profundo conhecimento proporcionariam as soluções necessárias.

Fuller (2008) denominou este comportamento como a superespecialização e a responsabilizou pela perda gradativa da capacidade de se abranger as inter-relações existentes no planeta, pois não eram computados na evolução tecnológica os impactos decorrentes do aumento do consumo energético, como por exemplo, a poluição ambiental, e as relações entre o edifício e entorno.

As crises com relação à dependência de determinadas fontes de energia não renováveis, a partir dos anos 70, tornaram necessárias mudanças na produção de edifícios e cidades, principalmente no que se refere à integração ao clima local e a minimização do consumo energético e surge a Arquitetura Bioclimática, que para Braz, Gama e Lanham (2004) trouxe a reflexão sobre a produção arquitetônica, à época:

A grande inovação no contexto da Arquitetura Bioclimática resulta então, quanto a nós, de dois grandes fatores: da multidisciplinaridade necessária para conceber um projeto eficiente e da sua inserção no tema da sustentabilidade. Ambos estes fatores têm sido largamente desprezados na Arquitetura moderna visto por um lado existir de certa forma uma falta de diálogo entre a Arquitetura e a Engenharia e por outro lado existir ainda uma globalização dos critérios arquitetônicos criando um “modelo internacional” que em muitos casos está desenraizado do contexto. [...] (BRAZ; GAMA; LANHAM, 2004, p.9)

Na busca por metodologias que obtivessem maior eco-eficiência, também estão os irmãos Olgay na década de 1960, considerados os criadores da expressão “projeto bioclimático”, também há Givoni em 1969 com a publicação de “Homem, clima e arquitetura” e Evans em 1980 com “Casa, clima e conforto” que eram regidos por uma abordagem que visou primordialmente à integração entre o edifício e o contexto climático onde se inseria.

Em função disto, Doherty e Mostafavi (2014) apontam que até pouco tempo atrás, a produção do conhecimento nesta área estava centrada nos modos de geração de energia e reciclagem de resíduos e para Burke e Keeler (2010) o conceito de arquitetura sustentável era relacionado primordialmente à autossuficiência e à topografia local.

Para Corbella e Yannas (2003, p.17) a arquitetura sustentável é a [...] continuidade mais natural da Bioclimática, considerando também a integração do edifício à totalidade do meio ambiente, de forma a torná-lo parte de um conjunto maior. [...]” e atualmente na produção urbana associam-se palavras como eficiente, resiliente, alto desempenho e integração (BURKE; KEELER, 2010), sendo que a ponderação sobre os impactos ambientais causados pelas edificações para além da proposição de soluções mitigadoras, na visão de Gonçalves e Bode (2015), deve ser realizada em três níveis:

- A inadequação ao contexto climático onde se insere e a necessidade da extensa utilização de tecnologias ativas (equipamentos eletromecânicos) para o seu funcionamento;
- O impacto no entorno imediato através de uma morfologia que, amparada pela legislação municipal, bloqueia o acesso à insolação e ventilação natural;
- A relevância de um conjunto de edifícios, propostos a partir de modelos descontextualizados ou que perseguem exclusivamente o lucro, na formação do espaço urbano e as consequências negativas no clima urbano e regional.

Burke e Keeler (2010) estabelecem alguns princípios no planejamento de arquitetura sustentável a serem adotados no século XXI, como por exemplo:

- Tratamento dos resíduos gerados pelos usuários;
- Preferência por materiais que minimizem o impacto da mineração e extrativismo, com baixa energia incorporada no transporte e que emitam compostos orgânicos voláteis;
- Redução do consumo de solo, água e energia em todo ciclo de vida do edifício (planejamento, execução e ocupação);
- Buscar a conservação de energia e consumo eficiente na alimentação dos sistemas prediais;
- Favorecer a ventilação, iluminação natural e a conexão com o exterior;

- Cuidar da qualidade interna do ar através do controle e tratamento de poluentes externos;
- Utilização do termo acumulação (massa térmica) para garantir o conforto térmico;
- Adaptação ao clima regional;
- Aproveitamento dos benefícios do meio ambiente para consumo e armazenamento de água.

A arquitetura sustentável busca se aproximar do funcionamento de um ecossistema natural, que é diversificado, dinâmico e flexível, adaptando-se as grandes variações ambientais, como por exemplo, condições climáticas e energéticas com uma grande capacidade de auto regulação que o mantém em constate operação.

Através de uma maior compreensão deste processo será possível a busca pela mitigação dos impactos ambientais através do melhor aproveitamento dos recursos pelos edifícios e conseqüentemente pelas cidades, bem como a gestão mais eficiente dos resíduos, visando mais equilíbrio, como por exemplo, a mudança do tradicional metabolismo urbano linear de *inputs e outputs* para circular, no qual haja a reintrodução dos elementos, propondo uma nova relação com a natureza, paisagem, energia e espaços livres.

Na visão de Doherty e Mostafavi (2014) a relação entre urbanismo e ecologia carrega em si uma situação inerente de conflito, já que as necessidades de uma cidade e todos os seus mecanismos de consumo exploram os recursos naturais. Para os autores, as novas possibilidades arquitetônicas e urbanísticas devem ir para além de uma legitimação das soluções convencionais e consideram, por exemplo, a densidade como um parâmetro determinante no urbanismo ecológico que:

[...] pode ser visto como um instrumento que propicia práticas e sensibilidades capazes de apurar nossas perspectivas com relação ao desenvolvimento urbano. [...] ele utiliza uma multiplicidade de ferramentas, técnicas e métodos antigos e novos, em uma abordagem multidisciplinar e colaborativa em relação ao urbanismo visto através das lentes da ecologia. Essas práticas devem se voltar para o aperfeiçoamento das condições urbanas existentes assim como para nossos planos de cidades do futuro. (DOHERTY; MOSTAFAVI, 2014, p.26)

Farr (2013) define que o urbanismo sustentável deve privilegiar os deslocamentos a pé e um sistema de transportes públicos eficientes associados à infraestrutura urbana e edificações com alto desempenho ambiental, a partir, primordialmente, da compacidade (densidade), completude (serviço público diário e de longo prazo), conectividade (integração de transporte e uso do solo), corredores de transporte público e da biofilia (acesso à natureza pelo ser humano).

O termo biofilia tem sua origem no latim, formado pela junção dos elementos *bios*, que significa vida e *philia*, que é amor, resultando em “amor pela vida” e foi difundido, na década de 80, pelo biólogo norte americano Edward Osborne Wilson. Farr (2013) identifica a aplicação deste conceito nas cidades, mesmo nas de elevada densidade, através da conexão da sociedade ao ecossistema natural em estratégias elaboradas no planejamento e projeto urbano que visem um estilo de vida mais integrado com os sistemas naturais, tais como:

- Rotas arborizadas para pedestres como forma de favorecer os deslocamentos em função da qualidade do ar, contemplação e criação de *habitats*;
- Arborização urbana na contribuição do conforto térmico com a redução das temperaturas no verão em torno de três a seis graus Celsius;
- Sistema de reuso de águas servidas que proporcionem nutrientes para o cultivo de alimentos;
- Corredores ecológicos entre e através dos bairros como forma de preservação das espécies.

Para Acioly e Davidson (1998, p.16) a densidade “[...] é um dos mais importantes indicadores e parâmetros de desenho urbano a ser utilizado no processo de planejamento e gestão dos assentamentos humanos. [...]”, e destacam que na busca pela maior compacidade há que se considerar a utilização e maximização da infraestrutura e solo urbano com cautela para não provocar uma saturação de serviços urbanos e uma maior pressão de demanda sobre os terrenos.

Gumuchdjian e Rogers (2012) identificam que a compactação das cidades através da diversidade de atividades privadas e públicas sobrepostas, um sistema eficiente de transporte, relações de proximidade, parques, espaços públicos de qualidade, valorização da paisagem natural e experiências com novas tecnologias urbanas favorecerão os esforços que envolvem a busca por cidades sustentáveis.

Visão similar é a de Leite (2012) que enfatiza que “Cidades sustentáveis são, necessariamente, compactas, densas [...]” de modo qualificado, pois há possibilidade da otimização da infraestrutura urbana e sobreposição de usos, promovendo uma quantidade menor de deslocamentos e ocasionando menor consumo de energia *per capita*.

Mascaró (2010) destaca que na concepção de uma cidade mais sustentável, há que se repensar a sua inserção espacial, a dimensão e a tecnologia empregada no seu funcionamento, que é, de modo geral, ultrapassada, pois é a desenvolvida para uma população mundial urbanizada de meados do século XX.

As possibilidades tecnológicas atuais podem ser instrumentos estratégicos a serem empregados no planejamento e monitoramento das cidades, promovendo a eficiência na gestão dos recursos e tornado o ecossistema urbano mais inteligente, conforme aponta Hall *et al* (2000):

“A visão de ‘Cidade Inteligente’ é o centro urbano do futuro, seguro, ambientalmente sustentável, e eficiente em todas estruturas – energia, água, transportes, etc. que são projetadas, executadas e mantidas utilizando-se dos avanços tecnológicos, integração, sensores, eletrônicos, e redes que são interligadas com sistemas de computadores compostos por dados, monitoramento e algoritmos de tomadas de decisão”. (HALL, 2000, p.1)

Leite (2012) considera que há dois modos de se implementar um urbanismo mais sustentável:

- Através de ações de governança que objetivem principalmente a eficiência na utilização dos recursos, a compatibilidade do uso do solo e valorização do espaço público;

- Utilização de alta tecnologia na geração e consumo de energia, mobilidade (apontado como o maior desafio) e gestão de resíduos, que está em consonância com o conceito *smart sustainable city*.

No âmbito internacional são muitos os estudos e pesquisas sobre arquitetura e urbanismo que buscam uma maior sustentabilidade ambiental, como por exemplo, o grupo inglês *Urban Design Group*, que desde 1978 atua na promoção de padrões de desempenho e cooperação multiprofissional no planejamento urbano, projeto de arquitetura, estudo da paisagem e propõe que a sustentabilidade urbana deve abordar a forma espacial, mobilidade, desenvolvimento, energia, ecologia e gestão ambiental.

A seguir, o quadro 2.3 apresenta de forma resumida algumas estratégias propostas pelo grupo para estes aspectos.

Quadro 2.3 - Estratégias Urbanísticas do UDG

Forma Espacial	<ul style="list-style-type: none"> • Densidade de 300 a 600 habitantes por hectare. Compactação. • Aumento das áreas verdes por empreendimento. • Pontos nodais/transporte público – garantir acessibilidade e estacionamento. Desempenho urbano associado à capacidade de infra de suporte. • Agenda Marrom com a Verde. • Espaços abertos e verdes.
Mobilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Redução de viagens urbanas. • Vias de pedestres e bicicletas. • As ruas e quadras devem ser mais atrativas, seguras, limpas e verdes. • Caminhar no máximo dez minutos até uma estação de metrô ou ônibus.
Desenvolvimento social	<ul style="list-style-type: none"> • Empresas que propiciem o desenvolvimento social. • Empresas que visem o “ganha/ ganha”. • Estimular o <i>retrofit</i> nas edificações. • Economia solidária.
Energia	<ul style="list-style-type: none"> • Solar, hidro, eólica, renováveis por meio de biomassa. • Estimular a conservação e geração de energia. • Microclima. • Redução das emissões de CO₂.
Ecologia	<ul style="list-style-type: none"> • Trazer a natureza para a cidade. • Proteção natural e preservação das unidades de paisagem. • Corredores ecológicos. • Maximização da biodiversidade. • Aumento e retenção do ciclo hidrológico. Redução de área pavimentada. • Cidades mais verdes. 35% de ação antrópica e o restante na natureza.
Gestão Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Gerenciamento e fiscalização ambiental. • Reeducação profissional, pública e política. • Utilização de instrumentos de gestão urbana ambiental.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de UDG (2015)

Também se destaca a atuação da Organização Internacional de Normalização (ISO) que propõe um instrumentos de suporte e apoio para a configuração de cidades mais sustentáveis, com a criação de indicadores de sustentabilidade através da ISO37120: 2014 – *Sustainable development of communities: Indicators for city services and quality of life*, que conta com uma adaptação para o contexto brasileiro, a ISO37120:217 – Desenvolvimento sustentável de comunidades – Indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida. A versão original foi desenvolvida a partir de uma visão integrada e holística do desenvolvimento sustentável, seguindo a metodologia PDCA (planejar, fazer, verificar e atuar).

Este documento oferece indicadores que podem ser utilizados para auxiliar no planejamento e monitoramento (gestão) do desempenho de uma cidade que busque um desenvolvimento mais sustentável (social, econômico e ambiental) através de 17 categorias: economia, educação, energia, meio ambiente, finanças, incêndio, governança, saúde, recreação, segurança, abrigo, resíduos sólidos, telecomunicações e inovação, transporte, planejamento urbano, águas residuais, abastecimento e saneamento básico.

Diante dos debates entre ocupações territoriais sustentáveis, verifica-se que não há um modelo universal para a uma arquitetura e urbanismo que busquem uma maior sustentabilidade ambiental e sim a compreensão dos diferentes temas e instrumentos que devem ser levados em consideração, bem como os processos envolvidos.

2.4 NEXO ALIMENTO, ENERGIA E ÁGUA

O nexo alimento, energia e água (AEA) expressa as interrelações destes vetores na busca pela segurança alimentar, energética e hídrica. A ação em um destes setores geralmente tem consequências em um outro ou em ambos os outros (FAO, 2018a).

Neste sentido, exige-se uma abordagem integrada e apropriada a cada contexto como forma de garantir globalmente uma agricultura sustentável, a garantia hídrica e a produção de energia renovável. Para a coordenação da Organização das Nações Unidas para assuntos relacionados à água e saneamento trata-se de uma noção central para o desenvolvimento sustentável (UN-WATER, 2018).

A demanda por alimento, água e energia amplifica-se mediante as mudanças nos hábitos alimentares, aumento populacional, crescimento econômico e a expansão urbana. A este respeito, estima-se que em 2050 mais de 70% da população mundial viverá nas cidades (UN-HABITATIII, 2017) e com isto ocorrerá o consequente aumento nos consumos de alimentos, energia e água. Para os países em desenvolvimento as estimativas e os seus efeitos são maiores, como por exemplo, foi previsto para o Brasil que 90% da sua população se concentrará nas áreas metropolitanas.

De acordo com a população mundial estimada de 9,3 bilhões em 2050, a produção de alimentos necessitará aumentar de 8,4 bilhões de toneladas para cerca de 13,5 toneladas por ano com maiores pressões nos recursos hídricos - atualmente responsável por 70% da água retirada - e energéticos – no momento representa 30% do consumo total global (FAO, 2011, 2018b).

A produção industrial utiliza aproximadamente 75% da água que retira para geração de energia e 90% da produção energética global emprega a água de alguma forma, como por exemplo, a energia hidrelétrica e a energia térmica. Em 2050 também se projeta que a demanda mundial por água deverá aumentar em torno de 55% e aproximadamente 40% das pessoas no mundo viverão em áreas de um estresse hídrico rigoroso (UN-WWAP, 2014).

A produção de alimentos, geração de energia e os recursos hídricos estão envolvidos de alguma forma com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável acordados no plano de ação denominado “Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável” (ONUBR, 2018) e mais especificamente através dos:

- Objetivo 2: Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável;
- Objetivo 6: Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos;
- Objetivo 7: Assegurar o acesso confiável, sustentável, modernos e a preço acessível à energia para todos;
- Objetivo 12: Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.

Portanto, estratégias e ações pautadas por uma agricultura mais eficiente, pela maior produção de energia a partir fontes alternativas e renováveis, bem como a reutilização das águas de chuva residuais para fins não potáveis, tem a contribuir para um maior equilíbrio nas conexões do nexos alimento, energia e água.

Ao mesmo tempo, cooperam neste panorama, transformações nos comportamentos e costumes de consumo praticados pela sociedade pós-moderna, em geral, que sejam no sentido de uma redução através de ações com mais consciência socioambiental.

3 ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS PROJETUAIS SUSTENTÁVEIS PARA A CONCEPÇÃO DE ECO PARQUES TECNOLÓGICOS

RESUMO

Parques Tecnológicos têm como objetivo principal a promoção da inovação através dos seus elementos, tais como empresas de alta tecnologia, universidades e incubadoras. São reconhecidos como instrumentos estratégicos para a inovação tecnológica e contribuem significativamente na criação do bem-estar social e ambiental promovendo a sustentabilidade, já que é uma ferramenta estratégica para o desenvolvimento regional sustentado, pois é baseado no conhecimento. Entretanto também podem gerar impactos ambientais negativos se concebidos com projetos que não sejam ambientalmente sustentáveis desde a implantação do projeto urbanístico. O presente estudo tem como objetivo identificar nos sistemas de análise de sustentabilidade LEED, HQE e BREEAM as principais estratégias urbanísticas sustentáveis aplicáveis a parques tecnológicos. Para tal serão analisados nestes sistemas os aspectos que envolvem as seguintes variáveis: recursos naturais, clima, energia, resíduos e distribuição espacial. Espera-se com isto, contribuir na sistematização de diretrizes para caracterização de Eco Parques Tecnológicos. Trata-se de uma grande oportunidade para o Brasil, onde o tema é considerado uma experiência recente e em desenvolvimento. Este trabalho se insere em uma pesquisa mais ampla, de abrangência internacional, intitulada "EcoInovação em *Smart Parks*. Análises de metodologias e estratégias sustentáveis para promover a simbiose industrial, urbana e agrícola no Brasil e na Espanha".

Palavras-chave: Estratégias Sustentáveis, Eco Parque Tecnológico, Sistemas de Avaliação Ambiental, Concepção Projetual.

ABSTRACT

Technology parks have as main aim the promotion of innovation through its elements, such as high-tech companies, universities and incubators. Are recognized as strategic tools for technological innovation and contribute significantly in creating the social and environmental well-being promoting sustainability, since it is a strategic tool for sustainable regional development, it is based on knowledge. However, they can also generate negative environmental impacts are designed with projects that are not environmentally sustainable since the implementation of urban design. This study aims to identify the systems analysis of sustainability LEED, HQE and BREEAM major sustainable urban strategies applicable to technology parks. For this will be examined in these systems aspects involving the following variables: natural resources, climate, energy, waste and spatial distribution. It is hoped that this, contribute to the systematization of guidelines for characterizing eco- technology parks. This is a great opportunity for Brazil, where the theme is considered a recent experience and development. This work is part of a broader investigation of international scope entitled "Eco-innovation in Smart Parks. Analysis methodologies and sustainable strategies to promote industrial symbiosis, urban and agricultural in Brazil and Spain."

Keywords: Sustainable Strategies, Eco-Technology Parks, Environmental Assessment Systems, Design.

3.1 INTRODUÇÃO

Parques Tecnológicos têm como características básicas (ZOUAIN, 2003) a união de diversas empresas em um mesmo local, dentro, ao lado ou em uma área próxima a um campus de universidade, onde a gestão é realizada por uma entidade que faz a coordenação do uso das instalações e realiza a integração universidade-empresa.

Faz-se pertinente distinguir estes empreendimentos de um distrito industrial que é um espaço inserido no meio urbano, com a concentração de pequenas e médias empresas inter-relacionadas e beneficiadas pela utilização comum da mesma infraestrutura para a produção industrial em larga escala que necessita de uma grande quantidade de mão de obra especializada.

Este conceito foi inicialmente elaborado pelo economista e matemático Alfred Marshall a partir da investigação da concentração de indústrias especializadas em determinados locais e suas consequências na organização industrial, conforme o mesmo expõe:

[...]. Se uma das indústrias não produzir durante algum tempo, as outras a auxiliarão indiretamente, e isso permite que os lojistas locais continuem a auxiliar os operários desempregados. (MARSHALL, p.227 1988)

Portanto, a inserção urbana de um distrito industrial e as suas consequências no desenvolvimento socioeconômico, bem como os impactos ambientais são diferentes das relações de um parque tecnológico, pois no primeiro não há necessidade da inovação, mas somente da reprodução dos bens para consumo e a minimização dos impactos ambientais estão mais concentrados nos fluxos entre os componentes.

Já em um parque tecnológico, onde é fomentada a inovação, surgem mais possibilidades para a criação de uma tipologia urbana a partir de uma ocupação mais ambientalmente sustentável, tornando os parques tecnológicos uma ferramenta estratégica que possibilita a criação de tecidos produtivos de grande valor científico agregado (RUBIO, 1997).

Os mesmos têm obtido reconhecimento como instrumentos estratégicos para o avanço tecnológico, a partir da verificação das diversas experiências internacionais

e brasileiras implantadas, embora no Brasil seja considerada uma experiência recente com um desenvolvimento, notadamente nas regiões Sul e Sudeste, intensificado a partir da década de 1990.

Os estudos sobre a formação deste conceito datam do final dos anos 1960 (JUDICE; MACULAN; VEDOVELLO, 2006) e vem ao longo do tempo evoluindo através da observação e avaliação dos resultados das experiências práticas.

Considera-se a origem do conceito “parques científicos e/ou tecnológicos”, para sua posterior formulação e evolução, as experiências autônomas decorrentes do adensamento espacial do Vale do Silício e da Rota 128, ambas nos Estados Unidos da América e de grande êxito tecnológico, no período entre o final dos anos 1940 e o início dos 1960.

Podem-se considerar duas fases diferentes sob o ponto de vista conceitual para estes empreendimentos: a fase inicial “histórica” – dos anos 1960 a meados dos anos 1990 – e a fase “contemporânea” – segunda metade dos anos 1990 até os tempos atuais (JUDICE; MACULAN; VEDOVELLO, 2006).

A primeira fase tem como características a experimentação e um otimismo exagerado, já a segunda é marcada por uma visão mais sensata e objetiva sobre a eficiência destes empreendimentos possibilitando elaborar modelos com maior rigor e precisão e também a crescente institucionalização.

A partir do ano 2000, pode-se observar no Brasil algumas políticas públicas referentes a implantação destes parques, como a inclusão destes no Plano Plurianual do Governo Federal e a criação do Programa Nacional de Apoio as Incubadoras de Empresas e Parques Tecnológicos (PNI) pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), que entre outros objetivos pretende a consolidação destes empreendimentos em áreas próximas aos centros de pesquisas e universidades por todo o país para a promoção do desenvolvimento tecnológico e da inovação.

Para Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI (2013) os parques tecnológicos são definidos como:

[...] complexos de desenvolvimento econômico e tecnológico que visam fomentar e promover sinergias nas atividades de pesquisas científica, tecnológica e de inovação entre as empresas e instituições científicas e tecnológicas, públicas e privadas, com forte apoio institucional e financeiro

entre os governos federal, estadual e municipal, comunidade local e setor privado.

Um ponto favorável é identificado a partir da observação de como a incidência da ciência, tecnologia e indústria adquirem grande importância no desenvolvimento regional, tornando os parques tecnológicos uma ferramenta estratégica que possibilita a criação de tecidos produtivos de grande valor científico agregado (RUBIO, 1997).

Os parques tecnológicos podem contribuir significativamente na criação do bem-estar social e ambiental promovendo a sustentabilidade, já que é uma ferramenta para o desenvolvimento regional sustentado, baseado no conhecimento (ZOUAIN, 2008).

Entretanto estes empreendimentos também podem gerar impactos ambientais negativos se não forem determinadas normas objetivas cujos projetos sejam ambientalmente sustentáveis (STEINER; CASSIM; ROBAZZI, 2012) desde implantação do projeto urbanístico do parque tecnológico até a seleção minuciosa das empresas a serem instaladas.

Portanto os parques tecnológicos são oportunos na busca pela sustentabilidade ambiental, de modo a encontrar estratégias e soluções para estes empreendimentos compatíveis com o conceito de desenvolvimento sustentável.

Neste contexto, os métodos e sistemas de avaliação de sustentabilidade tornam-se importantes referências e podem contribuir significativamente para a formação de repertório na busca por tais estratégias, uma vez que contemplam uma série de práticas que visam minimizar os impactos ambientais.

O presente estudo pretende identificar nos métodos e sistemas internacionais de certificação e orientação ambiental LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), HQE (*Haute Qualité Environnementale*) e BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*), as principais estratégias mais sustentáveis aplicáveis a parques tecnológicos para serem adotadas nas futuras concepções projetuais destes empreendimentos.

3.1 MATERIAL E MÉTODOS

Os sistemas internacionais de certificação e orientação ambiental utilizam manuais que abordam dimensões, temas e metas que contém pré-requisitos, estratégias, critérios e indicadores para avaliarem o nível de sustentabilidade de um empreendimento.

Para o presente estudo, determinaram-se as seguintes variáveis: recursos naturais (solo, água, vegetação e ar), clima, energia, resíduos e distribuição espacial para serem analisadas nestes sistemas.

Identificou-se como as mesmas são abordadas de modo a contribuir para uma maior sustentabilidade ambiental e sistematizaram-se diretrizes para contribuir na caracterização de Eco Parques Tecnológicos.

O LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) avalia sete dimensões, a saber: espaço sustentável, eficiência do uso da água, energia e atmosfera, materiais e recursos, qualidade ambiental interna, inovação e processos e créditos de prioridade regional.

Tem flexibilidade para ser aplicado em diferentes tipologias, tais como novas construções e grandes reformas, edifícios existentes, interiores comerciais, envoltória e estrutura principal, lojas de varejo, escolas, desenvolvimento de bairros, e hospitais.

Foram analisadas as premissas pertinentes à categoria Novas Construções, por tratar-se da investigação de estratégias aplicáveis ao projeto. As variáveis do estudo foram analisadas no *checklist* para registro de projeto e no Manual do Sistema de Avaliação desta categoria.

O BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) foi criado no Reino Unido em 1990 por pesquisadores do instituto inglês BRE (*Building Research Establishment*) com o intuito de minimizar os impactos das edificações no meio ambiente.

Tem aproximadamente duzentos e setenta mil edifícios certificados e tem como premissas a redução da pegada de carbono e baixo impacto do edifício,

minimizando a demanda de energia através da eficiência energética e tecnologias que priorizem a redução da emissão de carbono.

Possui versões específicas para alguns países tais como Alemanha, Nova Zelândia, Noruega, Espanha além do Reino Unido e baseia-se em uma tabela de pontuação que permite inclusive comparar diversas estratégias projetuais (EDWARDS, 2004).

Segundo Zouain (2008) os parques tecnológicos da Península Ibérica, mais especificamente Portugal e Espanha, oferecem uma grande oportunidade de aprendizado para o Brasil. Pela similaridade cultural é possível analisar e identificar os pontos positivos e negativos destes parques em questões como a relação local/regional, a atuação em políticas de reurbanização de áreas degradadas, ativação econômica e os modelos de governança adotados para a gestão dos mesmos.

A partir disto, optou-se por analisar especificamente o BREEAM na sua versão espanhola, na qual o Instituto Tecnológico de Galícia, justamente pelo caráter investigativo e inovador no âmbito da sustentabilidade e eficiência energética, é a fundação privada sem fins lucrativos que faz a gestão desta certificação.

As variáveis do estudo foram analisadas na categoria BREEAM ES Nova Construção através do seu manual que contempla dez categorias com os seus respectivos requisitos para a sustentabilidade: gestão, saúde e bem-estar, água, materiais, energia, resíduos, transporte, uso do solo e ecologia, inovação e contaminação.

O H.Q.E (*Haute Qualité Environnementale*) foi criado na França em 1992, com um caráter mais orientativo já que faz um gerenciamento de critérios ambientais através da propagação de informações e avaliação de métodos construtivos.

O sistema visa a eco construção, a eco gestão, o conforto, a saúde e a avaliação da produção de resíduos de modo a obter práticas mais sustentáveis na construção e operação dos empreendimentos e propicia uma certificação internacional nas tipologias residenciais e não residenciais.

A categoria não residencial abrange quatro temas: energia, meio ambiente, saúde e conforto através de quatorze metas: relação do edifício com entorno

imediatos, integração dos componentes, baixo impacto ambiental do canteiro, energia, água, resíduos, manutenção e durabilidade do desempenho ambiental, conforto térmico, acústico, visual, olfativo, qualidade dos espaços, do ar e da água.

Utilizou-se o Manual de Avaliação de Desempenho Ambiental dos Edifícios Não - Residenciais e se analisou nos requerimentos para as referidas metas de que modo as variáveis do estudo foram abordadas.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os quadros 3.1 a 3.5 sistematizam as principais estratégias sustentáveis identificadas nos sistemas de avaliação ambiental, e a seguir uma breve discussão sobre a participação e a forma de abordagem das variáveis de estudo em cada método.

Quadro 3.1 - Recursos Naturais (solo, água, vegetação e ar)

LEED	<p>Infiltração das águas pluviais no solo;</p> <p>Coberturas verdes;</p> <p>Minimizar superfícies impermeabilizadas;</p> <p>Pavimentação permeável;</p> <p>Reuso de águas pluviais para fins não potáveis, como por exemplo, a irrigação;</p> <p>Jardins para a captação de águas pluviais;</p> <p>Valas de infiltração com vegetação;</p> <p>Sistemas que integrem tratamentos naturais e mecânicos como filtros de vegetação, <i>wetland</i> e canais abertos para o escoamento das águas pluviais;</p> <p>Controle da erosão e sedimentação a partir de: recomposição da cobertura vegetal, semeadura permanente ou temporária, diques, armadilhas de sedimentos e bacias de sedimentação;</p> <p>Redução da demanda de água potável;</p> <p>Priorizar fontes alternativas de água do próprio edifício (água de chuva e das condensadoras de ar condicionado) e águas residuais para fins não potáveis para serem aplicadas nas descargas das bacias sanitárias;</p> <p>Paisagismo com espécies nativas ou adaptáveis ao clima como forma de reduzir</p>
-------------	---

LEED	<p>ou até eliminar a irrigação;</p> <p>Redução do volume de esgoto sanitário através de instalações prediais eficientes;</p> <p>Reuso das águas pluviais e das residuais para o tratamento natural e/ou mecânico do esgoto sanitário;</p> <p>Opções de tratamento do esgoto sanitário no próprio local.</p>
BREEAM ES	<p>Redução e/ou eliminação das fontes de contaminação do ar (estradas, estacionamentos, saídas das instalações e processos industriais);</p> <p>Proporcionar ar fresco;</p> <p>Sensores de CO₂;</p> <p>Minimização do risco de contaminação da água;</p> <p>Reduzir a demanda de água potável dos aparelhos sanitários;</p> <p>Utilizar a demanda final de água não potável com a instalação de sistemas de reuso de águas residuais e pluviais em bacias sanitárias e mictórios;</p> <p>Caso haja excedente de água não potável oriunda de reuso, utilizá-la para irrigação;</p> <p>Especificação de medidores inteligentes de água;</p> <p>Medidores individuais de água para: cada lote, áreas comuns, áreas técnicas e edificações auxiliares;</p> <p>Instalação de um sistema detector de fuga de água no sistema principal de abastecimento do empreendimento para identificação de vazamentos (central de controle informatizada);</p> <p>Sistema de corte de água por detectores de proximidade (conectados com os sensores de iluminação);</p> <p>Irrigação controlada por sensores de umidade do solo;</p> <p>Incorporação de vegetação cujas necessidades hídricas são plenamente satisfeitas unicamente com a água de chuva durante as estações do ano;</p> <p>Muros verdes não são considerados devido as grandes exigências de manutenção;</p> <p>Erosão laminar: recomposição da cobertura vegetal, bacias de contorno descontínuo, muros com materiais inertes e vegetação, geo grelhas, malhas e mantas orgânicas, hidro mantas, compostos orgânicos melhoradores e</p>

<p>BREEAM ES</p>	<p>estabilizadores de solo;</p> <p>Saturação do solo: recomposição da cobertura vegetal, micro irrigação, galerias de captação, açudes;</p> <p>Perda da biodiversidade: micro-organismos promotores da recuperação e restauração;</p> <p>Perda de material orgânico: plantação de vetiver, lodos de depuradora e adição de resíduos sólidos urbanos;</p> <p>Erosão eólica: recomposição da cobertura vegetal;</p> <p>Erosão nos canais: diques por gravidade ou construídos (terra ou concreto armado) e gabiões.</p>
<p>HQE</p>	<p>Proporcionar áreas verdes adequadas nas praças, caminhos e estacionamentos;</p> <p>Cobertura com área de vegetação igual ou superior a 50% do seu total;</p> <p>Fachada com área de vegetação vertical com pelo menos 10% do seu total;</p> <p>Estacionamento com área de vegetação de pelo menos 50% da sua área;</p> <p>Adaptação do empreendimento (sistemas e estrutura) baseada na previsão da sua vida útil;</p> <p>Especificação de produtos, sistemas e processos com baixo impacto ambiental relativos a energia incorporada, emissão de CO₂, consumo de água e geração de resíduos;</p> <p>Limitar a demanda de água para uso sanitário;</p> <p>Limitar o uso de água potável, determinando um percentual de 10% a 50% desta demanda para ser suprida por outras fontes de água não potável para serem utilizadas para lavagem, bacias sanitárias, mictórios e irrigação;</p> <p>Coeficientes de impermeabilização de 65% a 80%;</p> <p>Infiltração de parte das águas pluviais;</p> <p>Armazenamento das águas pluviais de 40% a 60% do volume necessário para o empreendimento;</p> <p>Sistemas de controle de poluição acidental da água (devido as áreas impermeabilizadas e condução da água);</p> <p>Sistemas de tratamento de esgoto sanitário no local;</p> <p>Sistemas de tratamento e reuso de parte das águas residuais para as bacias sanitárias, irrigação, lavagens entre outros;</p>

HQE	<p>Identificar e reduzir os efeitos externos e internos causados pela poluição;</p> <p>Providenciar estrutura e sinalização para a rede de água baseada na sua utilização;</p> <p>Propor um processo adequado para o tratamento da eliminação da poluição da água do banho antes do seu reuso.</p>
------------	--

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 3.2 - Clima (conforto)

LEED	<p>Materiais e técnicas de paisagismo que reduzam a absorção de calor;</p> <p>Utilizar sombras de árvores nativas ou adaptáveis;</p> <p>Revestimentos e colorantes para asfalto que proporcionem uma superfície mais clara;</p> <p>Posicionar as placas fotovoltaicas de modo a sombrear as superfícies impermeabilizadas;</p> <p>Substituir a impermeabilização de superfícies como coberturas e caminhos por vegetação, como por exemplo, coberturas verdes e pavimentação em grelha com vegetação no interior;</p> <p>Materiais com alta refletividade para reduzir a absorção do calor, como o concreto;</p> <p>Utilizar a ventilação natural de modo eficiente através do planejamento dos caminhos para o fluxo de ar;</p> <p>Ventilação cruzada e efeito chaminé;</p> <p>Sistemas híbridos de ventilação natural e mecânica.</p>
BREAAM ES	<p>Considerar as variações de estação e as condições climáticas locais;</p> <p>Elaboração de uma análise térmica de um modelo (simulação);</p> <p>Disponibilidade de dispositivos de controle manual dos sistemas de climatização automáticos;</p> <p>Prover o máximo de isolamento térmico nas fachadas, embasamento, coberturas, instalações e nos espaços climatizados;</p> <p>Em pelo menos 80% deste isolamento devem ser empregados com materiais certificados ambientalmente.</p>

HQE	<p>Projetar áreas que potencializem os ventos e aproveitem as águas pluviais;</p> <p>Otimizar a orientação solar do lote;</p> <p>Estratégias que reduzam os efeitos da ilha de calor;</p> <p>Implementar produtos e sistemas que permitam a captura de CO₂;</p> <p>Edifícios devem proporcionar a permeabilidade do ar;</p> <p>Projetar as edificações para que tenham a capacidade de promover satisfatoriamente as condições de conforto térmico;</p> <p>Agrupar os espaços que tenham iguais demandas e comportamento térmico;</p> <p>Assegurar temperaturas estáveis na ocupação dos espaços com ou sem sistemas mecânicos de resfriamento, através da orientação solar;</p> <p>Assegurar que a velocidade do ar não comprometa o conforto;</p> <p>Identificar as áreas que necessitam de controles de temperatura individuais;</p> <p>Estabelecer condições térmicas confortáveis nos espaços sem resfriamento, baseados na velocidade e fluxo do ar; através da ventilação cruzada utilizando portas e janelas;</p> <p>Uma vez que o fluxo de ar não for suficiente em determinada área (interna ou externa), providenciar um ou mais sistemas especiais de ventilação, que poderão ser mecânicos, naturais ou combinados.</p>
-----	---

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 3.3 - Energia

LEED	<p>Maximizar a eficiência energética;</p> <p>Utilização de energias renováveis e não poluentes tais como a solar, eólica, geotérmica, biomassa e bio-gás;</p> <p>Maximizar a luz diurna no interior da edificação através do estudo da orientação solar;</p> <p>Dispositivos de sombreamento permanente no interior e exterior;</p> <p>Vidros de alto desempenho com altos índices de reflexão;</p> <p>Fotocélulas automáticas.</p>
BREEAM ES	<p>Maximização da utilização da iluminação natural;</p> <p>Controles de sombreamento (automatizados ou passivos);</p> <p>Dispositivos de controle de iluminação artificial;</p> <p>Utilização de energias renováveis e de baixa emissão de carbono ou zero carbono;</p> <p>Iluminação externa controlada por temporizador e/ou sensor de luz natural;</p> <p>Sistemas de refrigeração eficientes de modo a minimizar a carga térmica do empreendimento através de altos níveis de ventilação, redução das infiltrações de ar e a redução ao mínimo das cargas térmicas auxiliares (ventiladores, bombas, iluminação e máquinas).</p>
HQE	<p>Estudar a morfologia da edificação;</p> <p>Orientação solar das superfícies envidraçadas;</p> <p>Redução da demanda de energia (aquecimento, resfriamento e iluminação);</p> <p>Reduzir o consumo de iluminação artificial de modo a não comprometer o conforto visual dos usuários;</p> <p>Limitar o uso de equipamentos eletromecânicos;</p> <p>Utilização de energias renováveis nos sistemas de aquecimento, resfriamento, iluminação e abastecimento de água de 10% a 40% das necessidades totais;</p> <p>Alternativas de energia baseadas na minimização da quantidade de emissões de CO₂ e SO₂;</p>

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 3.4 - Resíduos

LEED	Projetar áreas com dimensões e identificação apropriadas e em locais convenientes para armazenamento dos resíduos recicláveis.
BREEAM ES	<p>Prover o empreendimento de instalações específicas de armazenamento de resíduos urbanos recicláveis, tais como: espaços para separação e depósito dos volumes;</p> <p>Espaços adequados e separados para o armazenamento de resíduos orgânicos derivados do funcionamento diário do empreendimento e envio para uma área de compostagem alternativa (biogás);</p> <p>Nos parques tecnológicos, estes espaços poderão ser compartilhados para os lotes menores (menor que 200m²), para os demais são necessários espaços e instalações individuais.</p>
HQE	<p>Técnicas econômicas e ambientais para reciclagem de 50% a 100% dos resíduos;</p> <p>Espaços com áreas adequadas e otimizadas para o armazenamento de resíduos orgânicos;</p> <p>Estudar o posicionamento das áreas destinadas aos resíduos, de modo que sejam próximas a produção e o armazenamento final bem como a sua remoção.</p>

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 3.5 - Distribuição Espacial

LEED	<p>Preferência por áreas urbanas variedade de serviços com acesso de pedestres;</p> <p>Verticalização do programa do empreendimento;</p> <p>Estacionamento enterrado.</p>
BREEAM ES	<p>Localização e setorização do empreendimento para obter uma boa qualidade acústica;</p> <p>Empreendimento deve se situar próximo aos serviços locais, reduzindo a necessidade de múltiplos deslocamentos;</p> <p>Entre 75% e 95% da ocupação do empreendimento se situa em uma área previamente urbanizada nos últimos 50 anos;</p> <p>Implantação em área de “baixo valor ecológico”;</p> <p>Todos os elementos existentes de importância ecológica dentro da área ocupada e limítrofe contam com proteção adequada durante a construção e operação;</p> <p>A urbanização da área protege, mantém e melhora as condições que propiciam o valor ecológico qualificado por um ecólogo;</p> <p>Quando isto não for totalmente possível na área do empreendimento (problemas de segurança ou limitação), poderá ocorrer também em áreas vizinhas (corredores ecológicos);</p> <p>Criação de um habita com grande valor ecológico para o local, favorecendo a biodiversidade nacional e regional.</p>
HQE	<p>Levar em consideração a limitação dos recursos locais (energia, fontes alternativas, água e saneamento) otimizando o consumo do empreendimento com um urbanismo renovável;</p> <p>Preservar e melhorar a biodiversidade.</p>

Fonte: Elaborado pelo autor

3.3.1 As variáveis de estudo e os sistemas de avaliação

Relativo aos recursos naturais observa-se que todos abordam critérios que envolvem a questão da diminuição da demanda da água potável, reuso das águas pluviais e residuais, sistemas de tratamento de esgoto, a inserção da vegetação no ambiente construído, medidas mitigadoras, para diferentes tipos de erosão, minimização da impermeabilização, aumento da permeabilidade do solo e o controle das emissões de CO₂.

No que se refere ao clima, nota-se que a orientação solar e o estudo da ventilação natural são preponderantes, além da redução da absorção solar, isolamento térmico das fachadas, correto tratamento das superfícies envidraçadas e dos materiais e da vegetação como instrumentos estratégicos para a obtenção do conforto.

Para a variável energia, é fundamental a participação de energias renováveis e não poluentes, bem como a melhor utilização da iluminação natural através dos estudos de orientação solar adequadas para as edificações e especial atenção aos dispositivos de sombreamento.

Já relativo aos resíduos, verifica-se que são necessárias áreas específicas para o armazenamento e levar em consideração a possibilidade de reciclagem no próprio empreendimento.

Por fim, referente à distribuição espacial, fica evidente que é primordial que a instalação do empreendimento ocorra em uma área integrada a um tecido urbano de qualidade e consolidado, e que além de não impactar o meio ambiente, possa recuperá-lo, preservá-lo e promovê-lo.

3.4 CONCLUSÃO

Conclui-se que é possível verificar muitas similaridades na forma como os sistemas de avaliação e orientação ambiental abordam as variáveis: recursos naturais, clima, energia, resíduos e distribuição espacial, entretanto cada qual de um modo específico.

O LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) faz uma avaliação mais objetiva e direta, criando um sistema de pontuação mais específico e extenso, com algumas orientações, como tecnologias e estratégias com potencial para atingir os requerimentos.

O HQE (*Haute Qualité Environnementale*) também pontua, entretanto em menor escala, porém com mais orientação de como assegurar os critérios, que auxilia na elaboração da estratégia a ser adotada para a construção da meta em questão.

O BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) na sua versão espanhola, além de um sistema de pontuação em menor escala acompanhado de um conceito de classificação (correto, bom, muito bom, excelente e excepcional) descreve extensivamente a forma de avaliação dos critérios com as suas possibilidades de soluções através da descrição pormenorizada de conceitos, guias, estudos e normativas.

Diante disto, esta análise buscou colaborar na formação de um sólido repertório técnico conceitual para a construção de diretrizes com estratégias que visam minimizar os impactos ambientais negativos e promover os positivos a serem adotadas nas futuras formulações de Eco Parques Tecnológicos.

Obviamente a análise de outras variáveis, bem como de outros métodos e sistemas de avaliação ambiental são interessantes e necessárias como forma de expandir o repertório visando à consolidação e uma contribuição definitiva na propagação de uma maior conscientização ambiental através destes instrumentos estratégicos que são estes empreendimentos.

4 AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE ECOLÓGICA, NA FASE DE PROJETO, DO PARQUE ECO TECNOLÓGICO DAMHA, SÃO CARLOS, BRASIL, UTILIZANDO-SE O MÉTODO PESMU

RESUMO

Eco Parques Tecnológicos têm como objetivo a promoção da inovação através dos seus elementos. Estes espaços são reconhecidos como instrumentos estratégicos para a inovação tecnológica além de contribuírem na criação do bem-estar social e ambiental, promovendo a sustentabilidade. O Parque Eco Tecnológico Damha, situado no município de São Carlos, Brasil, incorporou premissas sustentáveis que levam em consideração o impacto ambiental reduzido no projeto urbanístico do empreendimento e para as suas futuras empresas. O presente estudo tem como objetivo identificar em quais componentes do urbanismo este empreendimento contribui para a sustentabilidade ecológica. Para tal foi utilizado o Método de Análise e Avaliação de Sustentabilidade Ecológica, PESMU, desenvolvido na Universidade Federal de São Carlos, Brasil. Este trabalho se insere em uma pesquisa mais ampla, de abrangência internacional, intitulada "Ecoinovação em *Smart Parks*. Análises de metodologias e estratégias sustentáveis para promover a simbiose industrial, urbana e agrícola no Brasil e na Espanha".

4.1 INTRODUÇÃO

Questões relacionadas às alterações climáticas e à gestão dos recursos naturais estão em grande evidência, discutidas em congressos mundiais tais como a Rio+20, por uma sociedade globalizada, grande consumidora de recursos e em um momento de diversas possibilidades decorrentes dos avanços tecnológicos que além de suas aplicações geram desafios.

A grande evolução tecnológica vivenciada desde a Revolução Industrial até a atualidade traz em si uma situação paradoxal, pois ao mesmo tempo em que proporciona contínuas melhores condições e qualidade de vida ao ser humano, agride de modo considerável e irreversível o ecossistema ambiental e reforça as diferenças sociais, econômicas e culturais entre países, o que deve mudar conforme aponta Ignacy Sachs:

[...] O uso produtivo não necessariamente precisa prejudicar o meio ambiente ou destruir a diversidade, se tivermos consciência de que todas as nossas atividades econômicas estão solidamente fincadas no ambiente natural. (SACHS, 2002, p.32)

A conscientização e a mudança de comportamento vigente (por pessoas, segmentos, corporações e países) se constituem em eixos centrais na efetivação de um desenvolvimento (social, econômico, ambiental e político) que se proponha ser sustentável.

A concepção da ideia oficial de um desenvolvimento sustentável teve como marco temporal o ano de 1972 quando a Organização das Nações Unidas a adotou criou a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente.

Esta mesma comissão que em 1987 publicou o relatório “Nosso Futuro Comum” que além de outras iniciativas, determinou o conceito de desenvolvimento sustentável como “[...] o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades.”.

A partir desta premissa foram propostas diversas medidas, tais como o desenvolvimento de tecnologias com uso de fontes energéticas renováveis, novos

materiais de construção, aproveitamento e consumo de fontes alternativas de energia, entre outras.

Esta postura leva a uma forma de abordagem dos fenômenos que seja abrangente e que consiga abarcar as inter-relações existentes entre as diferentes variáveis. Todavia essa não é a realidade, a este respeito Capra (2004) identifica que ainda predomina uma abordagem analítica, com fortes tradições mecanicistas de Descartes, que busca solucionar os problemas de modo isolado.

Nos atuais sistemas urbanos isto se revela quando prevalece a desarmonia nas relações de suas edificações através da negação do entorno, criando uma dinâmica que simplesmente consome recursos e ejeta os resíduos (ADAM, 2001).

Somente através de uma maior compreensão deste metabolismo urbano será possível à busca pela mitigação dos impactos ambientais através do melhor aproveitamento dos recursos bem como a gestão mais eficiente dos resíduos, visando mais equilíbrio.

A sobrevivência da humanidade depende disto e é de responsabilidade desta sociedade industrial e de consumo a articulação eficiente entre o ambiente construído e o ecossistema natural de modo que tudo seja somente um ecossistema integrado (ADAM, 2001).

Neste contexto surgem os Parques Tecnológicos que têm como característica básica a união de diversas empresas em um mesmo local, dentro, ao lado ou em uma área próxima a um campus universitário, onde a gestão é realizada por uma entidade, a qual coordena o uso das instalações e realiza a integração universidade-empresa (ZOUAIN, 2003).

Os parques tecnológicos têm obtido reconhecimento como instrumentos estratégicos para a inovação tecnológica, a partir da verificação das diversas experiências internacionais e nacionais implantadas. Contudo, estes espaços no Brasil são uma experiência recente com um desenvolvimento intensificado a partir da década de 1990, notadamente nas regiões Sul e Sudeste.

Os estudos sobre a formação deste conceito datam do final dos anos 1960 (JUDICE *et al.*, 2006) e vêm tempo evoluindo através da observação e avaliação dos resultados das experiências práticas.

A origem do conceito “parques científicos e/ou tecnológicos”, para sua posterior formulação e evolução, é atribuída às experiências autônomas decorrentes do adensamento espacial do Vale do Silício e da Rota 128, ambas nos Estados Unidos da América e de grande êxito tecnológico, no período entre o final dos anos 1940 e o início dos 1960.

Duas fases diferentes, sob o ponto de vista conceitual, podem ser consideradas para estes empreendimentos (JUDICE et al., 2006): a fase inicial “histórica” – dos anos 1960 a meados dos anos 1990 – e a fase “contemporânea” – segunda metade dos anos 1990 até os tempos atuais.

A primeira fase tem como características a experimentação e um otimismo exagerado, já a segunda é marcada por uma visão mais sensata e objetiva sobre a eficiência destes empreendimentos possibilitando elaborar modelos com maior rigor e precisão e também a crescente institucionalização.

A partir de 2000, podem-se observar no Brasil algumas políticas públicas referentes à implantação destes parques, como sua inclusão no Plano Plurianual do Governo Federal e a criação do Programa Nacional de Apoio às Incubadoras de Empresas e Parques Tecnológicos (PNI) pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI).

Tais iniciativas buscam a consolidação destes empreendimentos em áreas próximas aos centros de pesquisas e universidades por todo o país, para a promoção do desenvolvimento tecnológico e da inovação.

O Estado de São Paulo, através da Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia (SDECT), criou o Sistema Paulista de Parques Tecnológicos (SPTec) com o objetivo de atrair investimentos para gerar empresas de base tecnológica e produção de conhecimento para a promoção do desenvolvimento econômico do Estado.

Para Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI (2013) os parques tecnológicos são definidos como:

[...] complexos de desenvolvimento econômico e tecnológico que visam fomentar e promover sinergias nas atividades de pesquisas científica, tecnológica e de inovação entre as empresas e instituições científicas e tecnológicas, públicas e privadas, com forte apoio institucional e financeiro entre os governos federal, estadual e municipal, comunidade local e setor privado.

E para a Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia – SDECT (2013) do Estado de São Paulo a definição de parques tecnológicos é a seguinte:

[...] empreendimentos para a promoção da ciência, tecnologia e inovação. São espaços que oferecem oportunidade para as empresas do Estado transformarem pesquisa em produto, aproximando os centros de conhecimento (universidades, centros de pesquisas e escolas) do setor produtivo (empresas em geral). Esses ambientes propícios para o desenvolvimento de Empresas de Base Tecnológica (EBTs) e para a difusão da Ciência, Tecnologia e Inovação transformaram-se em locais que estimulam a sinergia entre empresas, tornando-as mais competitivas.

A partir de estudos exploratórios, alguns modelos de parques tecnológicos se mostraram relevantes para o desenvolvimento das regiões onde foram implantados (ZOUAIN, 2003), entre eles o californiano, o britânico, o norte-europeu e o mediterrâneo, sendo que mais recentemente o asiático está em grande expansão.

Os parques tecnológicos de Portugal e Espanha oferecem uma grande oportunidade de aprendizado para o Brasil, (ZOUAIN, 2008), já que pela similaridade cultural é possível analisar e identificar os pontos positivos e negativos destes parques em questões como a relação local/regional, a atuação em políticas de reurbanização de áreas degradadas, ativação econômica e os modelos de governança adotados para a gestão dos mesmos.

Um ponto favorável é identificado a partir da observação de como a incidência da ciência, tecnologia e indústria adquirem grande importância no desenvolvimento regional, tornando os parques tecnológicos uma ferramenta estratégica (RUBIO, 1997) que possibilita a criação de tecidos produtivos de grande valor científico agregado.

Os parques tecnológicos podem contribuir significativamente na criação do bem-estar social e ambiental promovendo a sustentabilidade (ZOUAIN, 2008), já que é uma ferramenta para o desenvolvimento regional sustentado, baseado no conhecimento.

Estes empreendimentos com empresas de tecnologia adequada e bem aplicada (RUBIO, 1997) podem funcionar como grandes colaboradores nas soluções de problemas sociais, econômicos e ambientais.

As possibilidades de como a economia de energia, o controle da poluição e a produtividade com uma distribuição de renda mais equilibrada (sem desperdício de capital) podem ser mais eficientes (CASAGRANDE, 2011), passam pela educação e pela inovação tecnológica, ambas fortemente referenciadas pelas questões ambientais.

Entretanto estes empreendimentos também podem gerar impactos ambientais negativos se não forem determinadas normas objetivas, cujos projetos sejam ambientalmente sustentáveis (CASSIM et al. 2012), desde implantação do projeto urbanístico do parque tecnológico até a seleção minuciosa das empresas a serem instaladas.

Para tal, é necessária uma visão holística e sistêmica. Segundo Casagrande (2001) “A sustentabilidade socioambiental ocorre quando ações sistêmicas são capazes de transformar modelos [...], respeitando nossas diversidades culturais e potencializando nossas características regionais [...]”.

Para demonstrar o potencial que os parques tecnológicos têm na promoção da sustentabilidade ambiental, destaca-se o Parque Eco Tecnológico Damha, situado no município de São Carlos, próximo ao campus da Universidade Federal de São Carlos e que faz parte do Sistema Paulista de Parques Tecnológicos.

Trata-se de um empreendimento oriundo de uma parceria público-privada, com recursos de órgãos e agências de fomento, embora a iniciativa privada seja a principal financiadora. Está integrado ao Parque Eco Esportivo Damha, um complexo imobiliário que tem aproximadamente 30% da sua área totalmente preservada com a catalogação de espécies de flora e fauna nativa, propiciando a integração entre moradia, lazer, negócios, natureza e inovação.

Atualmente os parques tecnológicos são considerados de 3ª geração, pois além das instalações empresariais e de serviços com foco na inovação tecnológica, integra espaços de moradia, lazer e esportes. No Brasil, o Parque Eco Tecnológico Damha é o primeiro com estas características no Brasil.

A sua estrutura é composta por dois condomínios fechados, com uma ocupação de aproximadamente 400 mil metros quadrados e 143 lotes disponíveis para a implantação de empresas com base tecnológica (Ebts), além de um Núcleo

de Inovação com uma Incubadora de Empresas e um Centro de Serviços com laboratórios, administração e consultoria.

A entidade responsável pela gestão do empreendimento, intermediação entre empresas e universidades, entre outras atividades, é o Instituto Inova São Carlos. Este parque tecnológico possui um sistema de gestão integrado através da utilização do referencial técnico - Sistema de Gestão do Empreendimento - do Processo AQUA, e da norma de gestão ambiental ISO 14001.

O Parque Eco Tecnológico Damha é o único no Brasil a obter uma certificação relacionada à sustentabilidade, pois possui premissas e recomendações sustentáveis na etapa do programa, característica esta que lhe conferiu a certificação Processo AQUA – Alta Qualidade Ambiental – Bairro Sustentável – Fase Programa da Operação.

O Processo AQUA é um sistema de análise de sustentabilidade realizado pela Fundação Vanzolini e é uma adaptação para o Brasil do Haute Qualité Environnementale (H.Q.E.) da França e sua estrutura compõe os requisitos para o Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE) e os critérios de desempenho nas categorias da Qualidade Ambiental do Edifício (QAE) que abordam a eco construção, a eco gestão, o conforto e a saúde para o usuário.

A certificação é concedida através do controle total da produção e utilização do empreendimento em todas as suas fases, a saber: Programa, Concepção (projeto), Realização (obra) e Operação (uso).

O projeto padrão do Parque Eco Tecnológico Damha incorporou premissas sustentáveis na arquitetura e urbanismo. As empresas que pretendem se instalar neste espaço poderão personalizar seus projetos, desde que sigam parâmetros que levem em consideração a preservação do meio ambiente.

O presente estudo pretende identificar em quais componentes do urbanismo este empreendimento contribui efetivamente para a sustentabilidade ecológica.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizado o Método de Análise e Avaliação de Sustentabilidade Ecológica, PESMU - Planejamento Estratégico e Sustentado do Meio Urbano desenvolvido no âmbito do grupo de pesquisa denominado Urbanismo e Saneamento Urbano Sustentáveis da Universidade Federal de São Carlos, Brasil (SILVA E TEIXEIRA, 1999).

Este método estabelece oito variáveis de controle, baseadas em diretrizes da sustentabilidade ecológica decompostas em fatores e critérios que podem ser cotejadas com as variáveis de ação, que são as intervenções urbanas com componentes do Urbanismo e do Fluxo da Água no Meio Urbano.

Estas inter-relações podem ser classificadas com tendência à sustentabilidade como “favorável, desfavorável, neutro ou de insuficiência de dados”, uma vez que segundo Silva e Teixeira (1999) o método “[...] considera a sustentabilidade como um processo permanentemente sujeito a avaliações e não um fim em si mesmo”.

Para tal é utilizado a Ficha de Caracterização e Análise dos Fatores, que contém a caracterização das tendências e um Fluxograma de Decisão para auxiliar na tomada de decisão.

Neste estudo foram utilizadas as variáveis de controle: capacidade suporte dos recursos naturais, clima, energia, resíduos, distribuição espacial, ecossistemas de especial interesse, benefícios e riscos ambientais, e as seguintes variáveis de ação relativas ao Urbanismo: tipologias do parcelamento, da utilização do solo e das edificações.

Como resultado final, foram identificadas as situações de tendência à sustentabilidade para cada célula da Matriz de Análise de Sustentabilidade Ecológica, principal instrumento deste método, onde se visualizam as inter-relações possíveis entre as variáveis de ação e as variáveis de controle.

O método ainda contempla uma etapa final, que é a confecção do Quadro Resumo, o qual demonstra de modo genérico os resultados totais, possibilitando a quantificação das tendências.

O Eco Parque Tecnológico Damha está em fase de implantação e há um projeto padrão aprovado no processo de incorporação do empreendimento para implantação de unidades térreas com 153,16m², onde foram considerados alguns conceitos de sustentabilidade na arquitetura e urbanismo.

Entretanto é permitida ao proprietário do lote a personalização da sua edificação desde que submeta a aprovação uma nova proposta seguindo as Restrições Construtivas Convencionais estabelecidas no Plano Urbanístico – Normas Construtivas do Parque EcoTecnológico Damha e a análise foi realizada levando-se em consideração esta possibilidade.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro 4.1 são apresentados os resultados obtidos na Matriz de Análise de Sustentabilidade Ecológica¹², exposta no quadro 4.2, e a seguir uma breve discussão sobre como foram obtidas as tendências das variáveis de controle em relação aos componentes do urbanismo.

¹² No artigo original este documento foi apresentado no Apêndice.

Quadro 4.1 – Resultados da Matriz de Análise de Sustentabilidade Ecológica

Variáveis de Controle	Tendência		
	Favorável	Desfavorável	Neutra
Erosão do solo	x	x	Arruamento, Lote e Geometria
Contaminação do solo	x	x	Implantação e Uso
Disponibilidade hídrica	Implantação e Uso	x	x
Qualidade da água	x	x	x
Cobertura vegetal	Arruamento e Lote		
Cobertura vegetal com espécies nativas	x	x	x
Qualidade do ar	x	x	Implantação e Uso
Microclima	Geometria e Materiais	x	x
Consumo de energia	Implantação e Uso	x	x
Matriz energética	x	x	Implantação e Uso
Geração de resíduos	Implantação e Uso	x	x
Destinação dos resíduos	x	x	Implantação e Uso
Distribuição Espacial	Arruamento, Lote e Geometria	x	x
Ecosistemas de especial interesse	x	x	Implantação e Uso
Benefícios ambientais	Implantação e Materiais	x	Arruamento, Lote, Uso e Geometria da Edificação
Riscos ambientais	x	x	Arruamento, Lote, Implantação, Uso, Geometria e Materiais

Legenda: X = Não se aplica. Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 4.2 - Matriz de Análise de Sustentabilidade Ecológica

Variáveis de controle			INTERVENÇÕES URBANAS						
			URBANISMO						
			Características geométricas do parcelamento		Características de uso do solo		Tipologias construtivas		
			A1	A2	B1	B2	C1	C2	
Fator		Critério	Arruamento	Lote	Implantação	Uso	Geometria da edificação	Material	
CAPACIDADE SUPORTE DOS RECURSOS NATURAIS	Solo	1	Perda de Solo	N	N	X	X	N	X
		2	Deposição de contaminantes	X	X	N	N	X	X
	Água	3	Política de conservação	X	X	F	F	X	X
		4	Alteração	X	X	I	I	X	X
	Vegetação	5	Variação da Cobertura Vegetal	F	F	X	X	X	X
		6	Variação da Cobertura Vegetal Nativa	I	I	X	X	X	X
	Air	7	Emissões atmosféricas	X	X	N	N	X	X
CLIMA	8	Conforto ambiental	X	X	X	X	F	F	
ENERGIA	9	Política de redução	X	X	F	F	X	X	
	10	Incidência de fontes renováveis	X	X	N	N	X	X	
RESÍDUOS	11	Política de minimização	X	X	F	F	X	X	
	12	Adequação dos processos	X	X	N	N	X	X	
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL	Ambiente construído Águas residuárias e pluviais	13	Taxa de ocupação e índice de aproveitamento	F	F	X	X	F	X
ECOSSISTEMAS DE ESPECIAL INTERESSE		Impactos negativos	14	Aproximação aos ciclos naturais	X	X	N	N	X
	15		Dano ao objeto de interesse	X	X	N	N	X	X
BENEFÍCIOS AMBIENTAIS	16	Ações de regeneração, conservação, preservação	N	N	F	N	N	F	
RISCOS AMBIENTAIS	Ocorrência	Potencial	N	N	N	N	N	N	

Legenda: F=Favorável, D=Desfavorável, N=Neutro, I=Insuficiência de Dados, X = Sem inter-relações. Fonte: Elaborado pelos autores.

4.3.1 Requisitos obrigatórios e opcionais de sustentabilidade

Para o caso de personalização do projeto padrão, as Restrições Construtivas Convencionais relacionam premissas projetuais sustentáveis especificamente na Seção 4 – Dos princípios de sustentabilidade dos projetos e obras. Este tópico obriga na concepção de arquitetura e urbanismo a incorporação de no mínimo nove elementos de sustentabilidade, sete obrigatórios e dois opcionais.

O quadro 4.3 apresenta resumidamente os elementos obrigatórios e opcionais de sustentabilidade relacionados:

Quadro 4.3 – Elementos de sustentabilidade presentes nas Restrições Construtivas

Elementos Obrigatórios	<ul style="list-style-type: none"> • Considerar as características do local, orientação e aproveitamento dos recursos naturais passivos; • Emprego de técnicas e sistemas construtivos que privilegiem o conforto ambiental; • Controle do consumo de água; • Economia de energia elétrica; • Poço de infiltração de águas pluviais; • Plano de gestão dos resíduos industriais; • Reciclagem dos demais resíduos.
Elementos Opcionais	<ul style="list-style-type: none"> • Materiais e técnicas locais; • Emprego de materiais e sistemas construtivos que apresentem menor impacto ambiental; • Reutilização da água “cinza”; • Reutilização da água pluvial; • Utilização de fontes de energias renováveis.

Fonte: Elaborado pelos autores

4.3.2 Validação da Tendência Neutra

Para a variável de Erosão do solo a área não se encontra impactada e o projeto não contribui para tal. As Restrições Construtivas definem que as obras de terraplenagem somente sejam autorizadas após consulta e aprovação do condomínio. Uma vez executadas, estas obras deverão propiciar proteção contra erosão do solo e assoreamento, inclusive com a aplicação de vegetação.

Relativo à variável Contaminação do solo, somente indústrias sem risco ambiental e risco ambiental leve são permitidas nestes espaços. Segundo a Lei Estadual 5.597, de 06 de fevereiro de 1987, para estas categorias a nocividade não se manifesta ou é considerada de baixo grau em razão dos efluentes hídricos.

Ainda a este respeito, as Restrições Construtivas exigem uma série de medidas relativas ao tratamento de entulhos, como os períodos máximos de armazenamento, os locais permitidos e a sua remoção.

Em relação à variável Qualidade, nas categorias de indústrias permitidas no empreendimento, à nocividade não se manifesta, ou é considerada de baixo grau em razão das emissões atmosféricas (de acordo com a legislação já referida).

Para a variável Matriz energética, o empreendimento depende de energia externa fornecida por concessionária, a qual detém dezenove pequenas usinas hidrelétricas e uma usina termelétrica para distribuição.

Em relação a variável Destinação dos resíduos, há previsão de instalação no parque tecnológico de um laboratório ambiental para controle de efluentes, rejeitos e emissões das empresas instaladas.

Ainda a este respeito, nas Restrições Construtivas consta um elemento obrigatório de sustentabilidade que prevê a gestão dos resíduos. Na fase de construção é requerida uma série de práticas de sustentabilidade e segurança para os canteiros de obras. Entretanto não há uma redução dos impactos comparando-se com a situação prévia.

Referente à variável aos impactos negativos aos Ecossistemas de Especial Interesse, não há nenhum associado ao projeto. Entretanto, salienta-se que o empreendimento está associado ao Eco parque Esportivo Damha, que contém uma área totalmente preservada de aproximadamente quatro milhões de metros quadrados, onde é realizada a identificação e catalogação de espécies da flora e fauna nativa.

E finalmente, a variável relativa à ocorrência dos Riscos Ambientais, novamente para as categorias de indústrias permitidas no empreendimento, as mesmas não são passíveis de ocasionarem falhas ou acidentes de difícil reversão.

4.3.3 Validação da Tendência Favorável

Em relação a variável Disponibilidade de Água, nas Restrições Construtivas há uma política de conservação dos recursos hídricos, já que constam dois elementos obrigatórios e dois elementos opcionais de sustentabilidade relativos a isto.

Referente à variável de Cobertura Vegetal, originalmente não havia vegetação de porte arbóreo. Predominavam gramíneas sem relevância para a biodiversidade. Com o projeto ocorrerá o aumento da área de cobertura vegetal em relação à situação anterior, a partir de dispositivos nas Restrições Construtivas (que exigem um mínimo de vinte e cinco por cento de permeabilidade total para o lote e revestimentos com vegetação em terraplenagens e nos muros de arrimo).

Com relação a variável Microclima, as Restrições Construtivas requerem dois elementos obrigatórios de sustentabilidade que envolvem critérios técnicos bioclimáticos e privilegiam o uso de eco técnicas

Para a variável Consumo de Energia, são solicitados três elementos obrigatórios e um opcional de sustentabilidade nas Restrições Construtivas que prevê medidas para a conservação de energia.

Relativo à variável Geração de resíduos, nas Restrições Construtivas consta um elemento obrigatório e dois opcionais de sustentabilidade que prevê a minimização dos resíduos.

No que se refere a variável de controle Distribuição Espacial – Ambiente Construído e Águas Residuárias e Pluviais, a Taxa de Ocupação e o Coeficiente de Aproveitamento estão em situações intermediárias e as Restrições Construtivas demandam um elemento obrigatório de sustentabilidade que prevê um poço de infiltração de águas pluviais em cada lote. Para as futuras edificações são exigidas ainda redes independentes de esgoto e águas pluviais.

E finalmente, com relação a variável Benefícios Ambientais, o fator relativo aos impactos positivos foi considerado com tendência Favorável, pois os benefícios a um determinado componente do urbanismo vão além das exigências existentes.

A tabela 4.1 aponta em números os resultados da Matriz de Análise e gera o Quadro Resumo para melhor visualização da predominância das tendências nos componentes do urbanismo.

4.3.4 Predominância das Tendências

Através de uma adaptação do Quadro Resumo fornecido pelo método, na tabela 4.1 é apresentada a quantificação das tendências à sustentabilidade para cada subcomponente do Urbanismo.

Tabela 4.1 – Quadro Resumo

Subcomponentes do Urbanismo	F	D	N	I	X
Arruamento	2	0	3	1	10
Lotes	2	0	3	1	10
Implantação	4	0	6	1	4
Ocupação	3	0	7	1	5
Geometria da edificação	2	0	3	0	11
Materiais	2	0	1	0	14

Legenda: F=Favorável, D=Desfavorável, N=Neutro, I=Insuficiência de Dados, X=Sem inter-relações. Fonte: Adaptado pelos autores de Silva e Teixeira (1999)

A partir deste Quadro Resumo, identificam-se o comportamento dos subcomponentes do Urbanismo com quinze possíveis tendências Favoráveis à sustentabilidade, nenhuma “Desfavorável” e a predominância das tendências Neutras à sustentabilidade com vinte e três.

4.4 CONCLUSÕES

Dos fatores estudados e empregados neste estudo de caso, não há nenhum componente do urbanismo que tenha uma tendência Desfavorável à sustentabilidade, o que infere uma preocupação com a inserção deste empreendimento no meio ambiente.

Isto se evidencia também nas Restrições Construtivas Convencionais com a incorporação de elementos de sustentabilidade na concepção de arquitetura e urbanismo para caso de personalização do projeto padrão.

Entretanto, mesmo com estas preocupações, há um predomínio da tendência Neutra à sustentabilidade em relação a Favorável.

Isto indica que mesmo quando há o esforço em desenvolver um projeto “eco”, a minimização da agressão ao meio ambiente através do emprego de premissas projetuais sustentáveis é sem dúvida um indicador positivo.

Entretanto, para que se tenha efetivamente uma situação mais próxima da sustentável, é necessário ir além de medidas mitigadoras e gerar situações mais vantajosas e benéficas ambientalmente do que a anterior.

5 ECOPARQUES TECNOLÓGICOS: CARACTERIZAÇÃO E PRINCIPAIS ESTRATÉGIAS SUSTENTÁVEIS A SEREM ADOTADAS

RESUMO

Parques Tecnológicos têm como objetivo principal a promoção da inovação através dos seus elementos, tais como empresas de alta tecnologia, universidades e incubadoras. São reconhecidos como instrumentos para a inovação tecnológica. Entretanto podem gerar impactos ambientais negativos se concebidos com projetos que não estejam em consonância com o desenvolvimento sustentável. Neste contexto surgem eco parques tecnológicos que são desenvolvidos a partir de soluções com um forte desempenho ambiental. O presente estudo tem como objetivo caracterizar o que é um eco parque tecnológico e identificar as principais estratégias, que apontem para uma maior sustentabilidade ambiental, a serem adotadas. Para tal foram analisadas as variáveis recursos naturais, clima, energia e resíduos nos seguintes empreendimentos: Parque Científico e Tecnológico para o meio ambiente na Itália; Parque Tecnológico e Logístico em Vigo e Parque Tecnológico de Biscaia, ambos na Espanha. Espera-se com isto, contribuir na caracterização de eco parques tecnológicos, pois é uma grande oportunidade para o Brasil, onde o tema é considerado uma experiência recente. Este trabalho se insere em uma pesquisa mais ampla, de abrangência internacional, intitulada "EcoInovação em Smart Parks. Análises de metodologias e estratégias sustentáveis para promover a simbiose industrial, urbana e agrícola no Brasil e na Espanha".

Palavras-chave: Eco Parque Tecnológico. Estratégias Sustentáveis. Desenvolvimento Sustentável.

ABSTRACT

Technology parks have as main goal the promotion of innovation through its elements, such as high-tech companies, universities, and incubators. They are recognized as strategic tools for technological innovation. However, they can also generate negative environmental impacts are designed with projects that are not with sustainable development. In this context the eco-technology parks arise that are developed from solutions with a strong environmental performance. This study aims to characterize what is an eco-technology park and identify the strategies that to greater environmental sustainability to be adopted. For this were analyzed the variables resources, climate, energy and waste in the following enterprises: Science and Technology Park to the environment in Italy; Technological and Logistic Park in Vigo and Technology Park of Biscay, both in Spain. It is hoped that this, contribute to the characterization of eco technology parks, it is a great opportunity for Brazil, where the theme is considered a recent experience. This work is part of a broader investigation of international scope entitled "Eco-innovation in Smart Parks. Analysis methodologies and sustainable strategies to promote industrial symbiosis, urban and agricultural in Brazil and Spain".

Keywords: Eco-Technology Parks. Sustainable Strategies. Sustainable Development.

5.1 INTRODUÇÃO

Parques Tecnológicos têm como características básicas a união de diversas empresas em um mesmo local, buscando a promoção da ciência, tecnologia e inovação, dentro, ao lado ou em uma área próxima a um campus de universidade ou centro de pesquisa. (SDECT, 2013).

Têm obtido reconhecimento como instrumentos estratégicos para a inovação tecnológica, a partir da verificação das diversas experiências internacionais e brasileiras implantadas, embora no Brasil seja considerada uma experiência recente com um desenvolvimento, notadamente nas regiões Sul e Sudeste, intensificado a partir da década de 1990.

Os estudos sobre a formação deste conceito datam do final dos anos 1960 (JUDICE; MACULAN; VEDOVELLO, 2006) e vem ao longo do tempo evoluindo através da observação e avaliação dos resultados das experiências práticas.

Considera-se a origem do conceito “parques científicos e/ou tecnológicos”, para sua posterior formulação e evolução, as experiências autônomas decorrentes do adensamento espacial do Vale do Silício e da Rota 128, ambas nos Estados Unidos da América e de grande êxito tecnológico, no período entre o final dos anos 1940 e o início dos 1960.

Podem-se considerar duas fases diferentes sob o ponto de vista conceitual para estes empreendimentos: a fase inicial “histórica” – dos anos 1960 a meados dos anos 1990 – e a fase “contemporânea” – segunda metade dos anos 1990 até os tempos atuais (JUDICE; MACULAN; VEDOVELLO, 2006).

A primeira fase tem como características a experimentação e um otimismo exagerado, já a segunda é marcada por uma visão mais sensata e objetiva sobre a eficiência destes empreendimentos possibilitando elaborar modelos com maior rigor e precisão e a crescente institucionalização.

Faz-se pertinente distinguir estes empreendimentos de um distrito industrial: um espaço inserido no meio urbano, com a concentração de pequenas e médias empresas inter-relacionadas e beneficiadas pela utilização comum da mesma

infraestrutura para a produção industrial em larga escala que necessita de uma grande quantidade de mão de obra especializada.

Este conceito foi inicialmente elaborado pelo economista e matemático Alfred Marshall a partir da investigação da concentração de indústrias especializadas em determinados locais e suas consequências na organização industrial, conforme o mesmo expõe:

[...]. Uma região que possua exclusivamente uma única indústria, caso diminua a procura dos produtos desta indústria, ou caso haja uma interrupção no fornecimento da matéria-prima, fica exposta a uma grave crise. Esse mal pode ser remediado, em grande parte, nas grandes cidades ou nas grandes regiões manufatureiras em que se desenvolvem vários tipos de indústria. Se uma das indústrias não produzir durante algum tempo, as outras a auxiliarão indiretamente, e isso permite que os lojistas locais continuem a auxiliar os operários desempregados (MARSHALL, 1988).

Portanto, a inserção urbana de um distrito industrial e as suas consequências no desenvolvimento socioeconômico, bem como os impactos ambientais são diferentes das relações de um parque tecnológico, pois no primeiro não há necessidade da inovação, mas somente da reprodução dos bens para consumo e a minimização dos impactos ambientais estão mais concentrados nos fluxos entre os componentes.

Já em um parque tecnológico, onde é fomentada a inovação, surgem mais possibilidades para a criação de uma tipologia urbana a partir de uma ocupação mais ambientalmente sustentável.

A partir do ano 2000, podem-se observar no Brasil algumas políticas públicas referentes à implantação destes parques, como a inclusão destes no Plano Plurianual do Governo Federal e a criação do Programa Nacional de Apoio as Incubadoras de Empresas e Parques Tecnológicos (PNI) pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI).

Alguns estados também implantaram políticas nesse sentido, como por exemplo, o Estado de São Paulo que através da Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia (SDECT) criou o Sistema Paulista de Parques Tecnológicos (SPTec) com o objetivo de atrair investimentos.

Para Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI (2013) os parques tecnológicos são definidos como:

[...] complexos de desenvolvimento econômico e tecnológico que visam fomentar e promover sinergias nas atividades de pesquisas científica, tecnológica e de inovação entre as empresas e instituições científicas e tecnológicas, públicas e privadas, com forte apoio institucional e financeiro entre os governos federal, estadual e municipal, comunidade local e setor privado.

Entretanto estes empreendimentos também podem gerar impactos ambientais negativos se não forem determinadas normas objetivas cujos projetos sejam ambientalmente sustentáveis (STEINER; CASSIM; ROBAZZI, 2012) desde implantação do seu projeto urbanístico até a seleção minuciosa das empresas a serem instaladas.

Devem ser utilizados efetivamente de modo estratégico através da sua utilização como elemento indutor de mudança e transformação social, planejados e projetados com qualidade ambiental, além da possibilidade de escolher as empresas que se instalarão a partir da sua gestão ambiental.

Neste contexto surgem eco parques tecnológicos que são desenvolvidos a partir de soluções que maximizam a eficiência energética e com um forte desempenho ambiental.

O presente estudo tem como objetivo caracterizar o que é um eco parque tecnológico e identificar quais as principais estratégias arquitetônicas e urbanísticas, que apontem para uma maior sustentabilidade ambiental, a serem adotadas por estes empreendimentos.

Para tal foram analisadas as variáveis: recursos naturais, clima (conforto), energia e resíduos nos empreendimentos Parque Científico e Tecnológico para o meio ambiente em Turim, Itália; Parque Tecnológico e Logístico em Vigo, Espanha e o Parque Tecnológico de Biscaia, em Zamudio, Espanha.

Estas variáveis de análise envolvem o capital natural (HAWKEN; LOVINS; LOVINS, 2010), fundamental em todo o processo de transformação e incorporação definitiva dos aspectos ambientais na produção arquitetônica e urbanística que vise à eficiência energética, redução do consumo de materiais e geração de resíduos.

Optou-se por parques tecnológicos da Península Ibérica, pois os mesmos oferecem uma grande oportunidade de aprendizado para o Brasil pela similaridade cultural (ZOUAIN, 2008).

Estes empreendimentos foram concebidos sob uma visão holística e sistêmica a partir de boas práticas ambientais, visando uma gestão sustentável, apresentam bom desempenho nas variáveis de análise deste estudo e contam com certificações internacionais de qualidade e meio ambiente, como por exemplo, *Bandera Azul*, ISO 9001, 14001, *Ekoskan* e BREEAM.

Trata-se de uma oportunidade de aplicação prática e conversão de parques tecnológicos em empreendimentos compatíveis com o conceito de desenvolvimento sustentável, colaborando em todo o processo que envolve a busca pela qualidade urbana, sustentabilidade ambiental e um elemento de propagação e conscientização.

Espera-se com isto, contribuir na caracterização de eco parques tecnológicos, pois se trata de uma grande oportunidade para o Brasil, onde o tema é considerado uma experiência recente e em desenvolvimento.

5.2 PARQUES TECNOLÓGICOS E A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

Os parques tecnológicos podem contribuir significativamente na criação do bem-estar social e ambiental promovendo a sustentabilidade, já que é uma ferramenta para o desenvolvimento regional sustentado, baseado no conhecimento (ZOUAIN, 2008).

No que se refere às características funcionais e morfológicas de um parque tecnológico ideal, Black (2007) considera que os mesmos deverão ser desenvolvidos “[...] sob um inspirador 'grande projeto', refletindo propósito, valores, e princípios que conduza a uma imagem significativa e característica do parque”.

Ainda segundo Black (2007), um dos mais importantes princípios é a representação destes empreendimentos como um modelo de sustentabilidade para a comunidade, uma nítida demonstração de “[...] como nós devemos viver e trabalhar no século 21”.

Parques tecnológicos desenvolvidos a partir de estratégias que maximizem a eficiência energética e com um forte desempenho ambiental, concebidos a partir de uma visão holística e sistêmica sob uma abordagem sintética, exercerão uma

significativa colaboração em todo o processo que envolve a busca pela sustentabilidade ambiental, além de também ser um instrumento de propagação e conscientização política e social.

As possibilidades de como a economia de energia, o controle da poluição, a produtividade com uma distribuição de renda mais equilibrada sem desperdício de capital pode ser mais eficiente (CASAGRANDE, 2011), passam pela educação e pela inovação tecnológica, ambas fortemente referenciadas pelas questões ambientais.

Enquanto os distritos industriais buscam o ambiente ideal para a produtividade humana, como descrita por Marshall (1988) em um capítulo específico de seu tratado, através inclusive da influência do clima para tal, um ecoparque tecnológico também buscará compreender profundamente o território onde será inserido, porém de modo a potencializar a utilização dos recursos naturais pelo empreendimento.

Neste sentido, estes empreendimentos poderão ser concebidos para “[...] reagir aos estímulos do meio ambiente e adaptar sua forma e função, otimizando continuamente sua eficiência energética, [...] e outros comportamentos essenciais para a sustentabilidade” (DOHERTY; MOSTAVI, 2013).

5.2.1 Parque Científico e Tecnológico para o Meio Ambiente em Turim – Itália

Trata-se de um empreendimento que serviu como um dos instrumentos de renovação urbana através da sua instalação em um antigo bairro industrial deteriorado.

Busca a integração entre meio ambiente (figura 5.1), economia de energia e arquitetura ecológica a partir de iniciativas como exigir que os projetos das empresas que nele se instalem produzam um mínimo impacto ambiental.

Figura 5.1 – Vista aérea do empreendimento



Fonte: Google Earth (2016a)

Atualmente contempla cerca de 70 empresas instaladas e tem a sua gestão compartilhada entre a prefeitura de Turim, a Câmara do Comércio e Indústria e os órgãos municipais responsáveis pelo abastecimento e saneamento, resíduos e demais responsáveis pela gestão ambiental.

Esta abordagem e a filosofia de gestão alinhada com a busca por melhorias ambientais como a utilização de materiais recicláveis, eficiência energética, projetos e ações eco eficientes são consideradas como as principais causas do sucesso deste parque, pois disto resultam as decisões das empresas que poderão se instalar a partir do comprometimento necessário com as boas práticas ambientais definidas na sua política pela qualidade e pelo meio ambiente (NOVOA; OSORIO, 2007).

Destaca-se por possuir sistemas de alta tecnologia, boa infraestrutura, atividades de pesquisa, além de colaborar com as empresas instaladas na alteração do sistema produtivo visando a minimização dos impactos ambientais negativos através de pesquisa avançada nas tecnologias empregadas.

O complexo foi construído a partir de estratégias pioneiras das edificações verdes, da arquitetura sustentável e obteve a certificação ISO 9001:2008 – Sistemas

de gestão da qualidade e ISO 14001:2004 – Requisitos do Sistema de Gestão Ambiental.

5.2.2 Parque Tecnológico e Logístico em Vigo – Espanha

Este empreendimento (figura 5.2), já estava incluído no Plano de Ordenação Urbana do município de Vigo de 1988, foi inaugurado em 2004 e conta atualmente com 77 empresas instaladas dos setores de automação, logística e têxtil.

Tem como objetivo a promoção da inovação nos estudos relacionados com o avanço tecnológico centrados no desenvolvimento econômico, nas tecnologias informativas e na ciência, também conhecido como o conceito I+D+i - investigação, desenvolvimento e inovação (CICT, 2007).

Figura 5.2 – Vista aérea do empreendimento



Fonte: Google Earth (2016b)

O parque tem a certificação *Bandera Azul-Parques Industriales de Galicia*, um programa de acesso voluntário destes empreendimentos na Galícia que verifica alguns princípios básicos que devem ser adotados: acessibilidade, serviços, inovação tecnológica e sustentabilidade.

O edifício de serviços do empreendimento recebeu a certificação BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) que foi criado no Reino Unido em 1990 por pesquisadores do instituto inglês BRE (*Building Research Establishment*).

Esta certificação possui versões específicas para alguns países tais como Alemanha, Nova Zelândia, Noruega, Espanha além do Reino Unido e baseia-se em uma tabela de pontuação que permite inclusive comparar diversas estratégias projetuais.

5.2.3 Parque Tecnológico de Biscaia – Zamudio

Este parque tecnológico (figura 5.3) está localizado no município de Zamudio, tem no seu entorno uma zona rural com mais de 5.000 árvores de 91 espécies distintas, provocando um contraste interessante com as suas avançadas infraestruturas tecnológicas e promovendo o equilíbrio entre atividade econômica e natureza.

Figura 5.3 – Vista aérea do empreendimento



Fonte: Google Earth (2016c)

Trata-se de uma sociedade promovida pelas Instituições Públicas Bascas que tem como objetivo o desenvolvimento tecnológico e da inovação em Biscaia, de maneira sustentável através do respeito ao meio ambiente, propiciando a troca de conhecimento empresas, agentes tecnológicos e universidades.

Atualmente têm 226 empresas instaladas e optou pela implantação de um Sistema de Gestão da Qualidade com métodos e procedimentos eficazes certificado pelos requerimentos da ISO 9001:2008 – Sistemas de gestão da qualidade.

Ainda a este respeito, também obteve o certificado de Sistema de Gestão Ambiental *Ekoscan*, promovida e apoiada pelo Departamento de Meio Ambiente e Política Territorial do Governo Basco, que define parâmetros para a melhora ambiental nas empresas que visam ações eco eficientes.

5.3 VARIÁVEIS DE ANÁLISE

5.3.1 Recursos Naturais

Relativo à água, o parque tecnológico em Turim nos meses mais amenos a utiliza como fonte de energia renovável como forma de economizar, através da captação da água do canal que atravessa o empreendimento, no sistema de refrigeração do ar condicionado dos escritórios. No verão, este mesmo canal fornece água para resfriar o calor absorvido pelas condensadoras, evitando a utilização de torres de resfriamento que envolve um alto consumo de água e conta também com coleta das águas pluviais para reuso nos serviços de higienização.

Este parque tecnológico idealizou e construiu uma central hidrelétrica que utiliza água somente do rio Dora Riparia para a produção de energia elétrica limpa que também é distribuída para o bairro. A água é captada, passa pela hidroelétrica, gera energia e depois volta purificada para o mesmo rio. Trata-se de uma iniciativa pioneira deste tipo em um contexto urbano.

Pertinente à vegetação, além deste empreendimento incorporá-la através da minimização das áreas impermeáveis principalmente restringindo propiciando a circulação de automóveis, favorecendo a exploração de áreas com cobertura vegetal

e uma grande praça central (figura 5.4) também se integra a um setor de um grande parque urbano ao seu lado (figura 5.5).

Figura 5.4 – Praça central do parque tecnológico em Turim e sua integração com o parque urbano



Fonte: Google Earth (2016a)

Figura 5.5 – Vegetação do parque tecnológico em Turim e sua integração com o parque urbano



Fonte: Google Earth (2016a)

Já no parque tecnológico em Vigo existe a preocupação com a sua preservação e manutenção através de medidas, como por exemplo, a proteção de espécies nativas e a erradicação das invasoras. Ainda a este respeito, e integrando-se aos resíduos, todo produto oriundo das podas ou dos processos de renovação naturais devem ser utilizados no próprio parque, como por exemplo, a compostagem para a própria manutenção das zonas verdes.

O parque tecnológico em Biscaia, na intenção de propor um elemento de conscientização ambiental, utilizou como estratégia o conhecimento da vegetação pelos frequentadores através das cinco trilhas existentes no empreendimento (figura 5.6) com a sinalização de cada uma das diferentes espécies no percurso.

Figura 5.6 – Mapa das trilhas do parque tecnológico em Biscaia

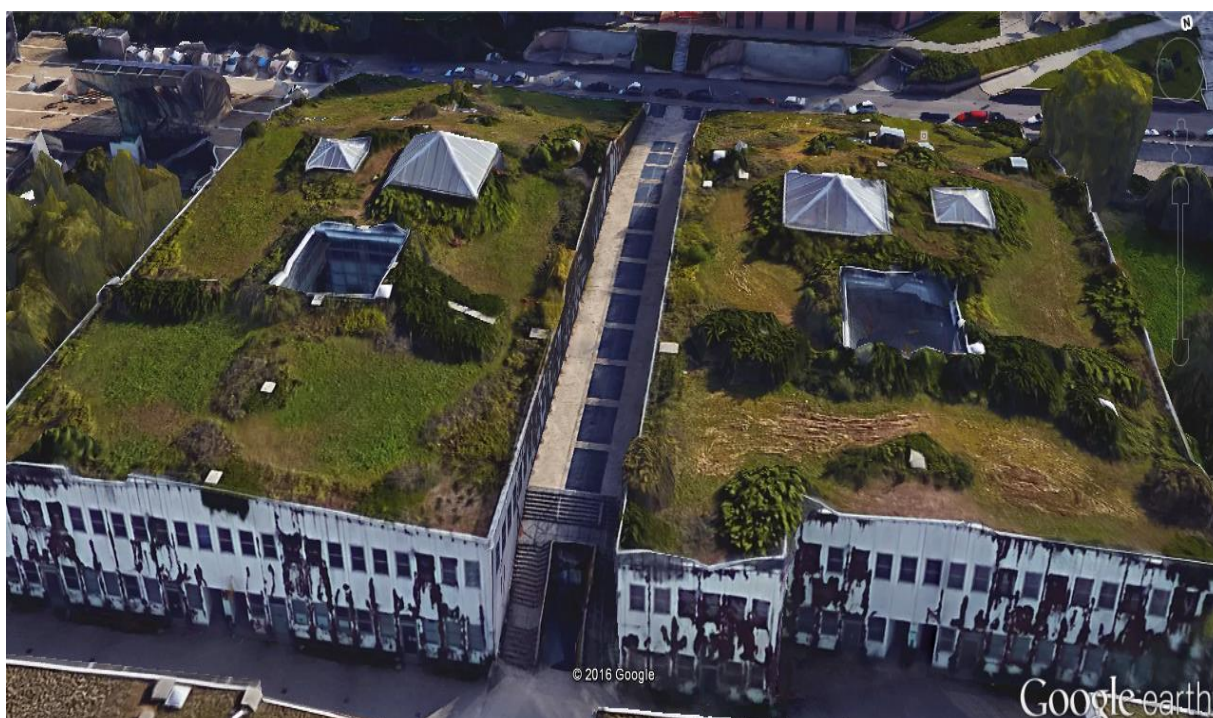


Fonte: Parque Científico y Tecnológico de Bizkaia (2016)

5.3.2 Clima

As estratégias mais significativas e atuantes encontraram-se no parque tecnológico em Turim, pois o complexo foi o primeiro na Itália a utilizar de modo extensivo o sistema de telhado verde (figura 5.7) como forma de garantir o conforto térmico através das suas características de isolamento do calor no verão e conservação do calor interno no inverno.

Figura 5.7 – Telhado verde nos edifícios do parque tecnológico em Turim



Fonte: Google Earth (2016a)

A fachada do edifício administrativo foi executada com janelas de vidros totalmente transparentes buscando uma maior iluminação natural para os espaços internos (figura 5.8). Nos ambientes com menor exposição à insolação, uma claraboia transparente e torres de chaminés solares (figura 5.9), um sistema de ventilação passiva, foram utilizadas nas áreas externas.

Figura 5.8 – Edifício administrativo do parque tecnológico em Turim



Fonte: Google Earth (2016a)

Figura 5.9 – Edifício administrativo do parque tecnológico em Turim



Fonte: Google Earth (2016a)

No que se refere ao parque tecnológico em Biskaia, este empreendimento implantou um edifício para um Centro de Interpretação Tecnológica–BTEK, uma espécie de centro cultural com o objetivo de divulgar a ciência e a tecnologia. Nesta edificação se utilizou instalações geotérmicas para o controle de climatização interior.

5.3.3 Energia

Com relação ao parque tecnológico em Turim, o empreendimento tem como objetivo a utilização eficiente e racional da mesma, privilegiando as fontes renováveis. Aproximadamente 85% do aquecimento é produzido utilizando caldeiras abastecidas pela queima de lascas de madeira natural, um produto que é descarte da poda da arborização urbana.

O empreendimento criou um sistema denominado Edifício Azul que consiste em uma combinação da otimização da radiação dos painéis fotovoltaicos no teto através do completo aproveitamento da orientação para o sul (melhor aproveitamento da energia solar no hemisfério Norte) e limites de consumo de energia.

No edifício administrativo os painéis estão locados de modo a configurar uma parede coletora (figura 5.10) e nas demais edificações estão e no trecho onde ocorre a inclinação do telhado verde até o seu término no piso (figura 5.11).

Figura 5.10 – Painéis solares no parque tecnológico em Turim



Fonte: Google Earth (2016a)

Figura 5.11 – Painéis solares no parque tecnológico em Turim



Fonte: Google Earth (2016a)

Estes coletores solares térmicos servem para aquecimento de água utilizada nos sanitários e para pré-aquecimento solar do ar no inverno.

Já com relação ao parque tecnológico em Vigo, são utilizadas energias renováveis e foram instalados painéis fotovoltaicos na cobertura do edifício de serviços (figura 5.12) e em alguns edifícios (figura 5.13).

Figura 5.12 – Painéis solares no edifício de serviços



Fonte: Google Earth (2016b)

Figura 5.13 – Painéis solares nos demais edifícios



Fonte: Google Earth (2016b)

No que se refere ao parque tecnológico em Biskaia, no Centro de Interpretação Tecnológica – BTEK se utiliza fontes limpas e renováveis como um sistema de painéis solares integrados nas fachadas dos seus volumes em forma de pirâmide (figura 5.14), bem como outras edificações do complexo (figura 5.15).

Figura 5.14 – Painéis solares no BTEK



Fonte: Google earth (2016c)

Figura 5.15 – Painéis solares nos demais edifícios



Fonte: Google Earth (2016c)

5.3.4 Resíduos

Com relação ao parque tecnológico em Turim, solicita-se a redução do consumo de materiais e a maximização da utilização dos materiais e produtos recicláveis ou reutilizáveis.

Relativo ao parque tecnológico em Vigo existe ilhas de recolhimento com recipientes apropriados, identificados e que são revisados e higienizados periodicamente, servindo para a separação e classificação dos recicláveis.

Já no parque tecnológico em Biscaia, os resíduos devem ser separados e quantificados de acordo com categorias estabelecidas no sistema de gestão ambiental que o empreendimento adotou: resíduos perigosos e não perigosos.

Como forma de prevenção, categoriza o nível de priorização para acompanhamento, como por exemplo, o risco de contaminação do solo e a periculosidade para o meio ambiente.

5.4 CONCLUSÕES

Foi possível verificar nos parques tecnológicos analisados a grande presença da inovação e desenvolvimento tecnológico em consonância com a busca pela melhoria contínua nas suas relações com o desenvolvimento sustentável.

Algumas atitudes podem caracterizar um eco parque tecnológico, tais como: adoção de sistemas de gestão ambiental certificados e sistemas de gestão da qualidade, exigências de minimização dos impactos ambientais para as empresas que se instalarão no complexo, um edifício sede ou edifício administrativo como símbolo e motivador das práticas sustentáveis, a inovação tecnológica a serviço do desenvolvimento sustentável e uma forte relação com o ambiente natural onde se insere.

Relativo às principais e fundamentais estratégias arquitetônicas e urbanísticas que apontem para uma maior sustentabilidade ambiental a serem adotadas por um eco parque tecnológico, o quadro 5.1 as apresenta de forma resumida:

Quadro 5.1 – Resumo das principais estratégias sustentáveis de um eco parque tecnológico

Recursos naturais	<ul style="list-style-type: none"> • Controle do consumo e da qualidade da água; • Reutilização da água pluvial; • Captação de fontes alternativas de água; • Preservação, utilização extensiva, integração e manutenção da vegetação nativa; • Circulação restrita dos automóveis.
Clima (conforto)	<ul style="list-style-type: none"> • Utilização do Telhado Verde; • Controle das áreas de transparência; • Maximização das estratégias passivas.
Energia	<ul style="list-style-type: none"> • Considerar as características do local, orientação e aproveitamento dos recursos naturais passivos; • Utilização de fontes de energias renováveis; • Extensa utilização de painéis e coletores solares em todas as partes das edificações do complexo; • Economia de energia.
Resíduos	<ul style="list-style-type: none"> • Espaços adequados para a gestão dos resíduos; • Na localização destes espaços devem ser levados em consideração os tipos de resíduos; • Utilização de materiais recicláveis ou reutilizáveis.

Fonte: Elaborado pelo autor

Diante disto, esta análise buscou colaborar na formação de um repertório conceitual para a caracterização de um eco parque tecnológico e na construção de estratégias que visam minimizar os impactos ambientais negativos e promover os positivos a serem adotadas nas futuras formulações destes empreendimentos no Brasil.

Obviamente a análise de outras variáveis, bem como de outros parques tecnológicos são interessantes e necessárias como forma de expandir o repertório visando à consolidação e uma contribuição definitiva na propagação de uma maior conscientização ambiental através dos instrumentos estratégicos que podem vir a serem os ecoparques tecnológicos.

6 ANÁLISE DE UM PARQUE TECNOLÓGICO COM PRÁTICAS MAIS SUSTENTÁVEIS AMBIENTALMENTE

RESUMO

Parques tecnológicos promovem a ciência, tecnologia e inovação através dos elementos nestes instalados como universidades, laboratórios de pesquisa, empresas de alta tecnologia, incubadoras, prestadoras de serviços de infraestrutura, entre outros. Apresentaram um crescimento quantitativo no Brasil, a partir dos anos 2000, e são elementos estratégicos para o desenvolvimento socioeconômico local e regional. Através da incorporação, de maneira eficaz, de aspectos ambientais, os mesmos podem se tornar parques tecnológicos de baixo impacto ambiental e contribuir no ambiente urbano para a minimização dos impactos gerados pela ação antrópica. Neste sentido, este estudo se propõe a analisar as principais estratégias que apontem para uma maior sustentabilidade ambiental aplicadas em um parque tecnológico em operação e que se propõe a mitigar os impactos no ambiente natural. Foram delimitadas variáveis de análise referenciadas nas diretrizes de sustentabilidade ecológica para serem verificadas em um estudo de caso. Os resultados demonstraram que futuros empreendimentos deste segmento que busquem a qualidade urbana e ambiental, devem almejar a maior autossuficiência possível, a partir da otimização e potencialização dos recursos naturais, bem como geração de energia a partir de fontes renováveis e não poluentes.

Palavras-chave: Planejamento Ambiental Urbano. Autossuficiência. Estratégias Sustentáveis. Edifício Verde. Cidades Inteligentes.

ABSTRACT

Technology parks promote science, technology and innovation through the elements in them installed as universities, research laboratories, high-tech companies, incubators, providers of infrastructure services, among others. They presented quantitative growth in Brazil, starting in the 2000s, and are strategic elements for local and regional socio-economic development. Through the effective incorporation of environmental aspects, they can become technological parks of low environmental impact and contribute to the urban environment to minimize the impacts generated by anthropic action. In this sense, this study proposes to analyze the main strategies that point to a greater environmental sustainability applied in a technological park in operation and that proposes to mitigate the impacts in the natural environment. Analytical variables referenced in ecological sustainability guidelines were delineated to be verified in a case study. The results demonstrated that future developments in this segment that seek urban and environmental quality should aim for the highest possible self-sufficiency, based on the optimization and enhancement of natural resources, as well as the generation of energy from renewable and non-polluting sources.

Keywords: Urban Environmental Planning. Self-sufficiency. Sustainable Strategies. Green Building. Smart Cities.

6.1 INTRODUÇÃO

Atualmente 54.5% da população mundial vive em cidades, que ocupam aproximadamente 2% do território global, são responsáveis por 70% do consumo de energia e 60% da emissão dos gases de efeito estufa (HABITAT III, 2018). Estima-se que até 2050 mais de 70% das pessoas viverão em um ambiente urbano, o que provocará o aumento do consumo dos recursos naturais, como por exemplo, a água, para a qual prevê-se um acréscimo de 55% na demanda. Para os países em desenvolvimento as projeções são ainda maiores, como no Brasil, onde se espera que 91% da população se concentre nas regiões metropolitanas, com o ônus e bônus que seguem a urbanização (UM-WWAP, 2014).

Neste contexto, na busca por formas de ocupação mais ambientalmente sustentáveis, medidas que integrem inovação - com respeito ao meio ambiente - na exploração dos recursos naturais, o uso de fontes alternativas renováveis na geração de energia e a busca por estratégias que propiciem maior autossuficiência são oportunas (GUMUCHDJIAN; ROGERS, 2012). Também serão necessárias mudanças estruturais nos setores econômicos, sociais e ambientais que podem encontrar na ciência, tecnologia e inovação instrumentos estratégicos de suporte e apoio (UNESCO, 2018c). Nas atuais cidades metropolitanas, alguns equipamentos que promovem o desenvolvimento e inovação são os parques tecnológicos, considerados *habitats* de inovação (CDT/UNB, 2014).

Sinteticamente, têm como características básicas a união de diversas empresas em um mesmo local - buscando a promoção da ciência, tecnologia e inovação -, a existência de relações formais com universidades, centros de pesquisa e demais instituições, apoio governamental e um organismo de gestão. Estimulam e gerenciam o fluxo de conhecimento e de tecnologia entre os seus componentes, facilitando a criação e o desenvolvimento de empresas baseadas na inovação através da incubação e processos de *spin-off*, além de fornecerem outros serviços de valor agregado com estrutura de alta qualidade (ANPROTEC, 2018; APTE, 2018; IASP, 2018).

O *Stanford University Science Park*, nos Estados Unidos da América, o *Sophia Antipolis* na França e o *Tsukuba Science City* no Japão, os três com início

das atividades entre as décadas de 50 e 60, representam os mais antigos e conhecidos parques tecnológicos (UNESCO, 2018a). Os empreendimentos deste período são conhecidos como Parques de 1ª Geração ou Pioneiros. Posteriormente, na década de 70 passaram a ser planejados na Europa e na América do Norte, e referidos como os Parques de 2ª Geração ou Parques Seguidores. Os Parques atuais, de 3ª Geração ou Parques Estruturantes, em geral, estão integrados às estratégias de desenvolvimento urbano e regional (ANPROTEC, 2008a).

Podem ter diferentes denominações dependendo do país onde estão inseridos, que envolvem alguma palavra chave como ciência, tecnologia, parque e polis, tais como: parques de pesquisa (Estados Unidos da América, parque científico (Reino Unido), polos tecnológicos/*technopoles* (França), parque científico e tecnológico (Itália) e parque tecnológico (Espanha) (CASSIN, 2012; NAHM, 2000; DOLOREAU; SHEARMUR, 2000; IASP, 2018). Estima-se que existam em torno de 400 destes parques distribuídos em mais de 70 países. (APSTI, 2017; APTE, 2017; CDT/UNB, 2014; RETIS, 2017; UKSPA, 2017; UNESCO, 2018a; WAINOVA, 2009) Trata-se de um setor em desenvolvimento, notadamente nos países emergentes. No Brasil, onde é considerado uma experiência recente, começaram a ser implantados a partir de 1984, com a criação de um programa de apoio pelo Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (ANPROTEC 2008a, 2008b). Todavia, foi somente a partir de 2000 que os parques tecnológicos brasileiros se tornaram efetivamente uma alternativa para o desenvolvimento tecnológico, econômico e social e apresentaram um crescimento quantitativo. À época, o país contava com 10 parques tecnológicos e no último levantamento realizado, em 2013, contava com 94 iniciativas em diferentes estágios de desenvolvimento: 38 em projeto, 28 em implantação e 28 em operação (ANPROTEC, 2008b; CDT/UNB, 2014).

Estes empreendimentos que visam “[...] promover sinergias nas atividades de pesquisas científica, tecnológica e de inovação entre empresas e instituições científicas e tecnológicas, públicas e privadas [...]” (MCTIC, 2018) demonstram potencial de contribuição para o desenvolvimento socioeconômico sustentável. (ANPROTEC, 2016b; MCTI, 2015; CDT/UNB, 2014).

Contudo, é importante que um parque tecnológico também tenha associado à sua imagem a promoção da qualidade ambiental (UNESCO, 2018b), contribuindo

significativamente na criação do bem-estar promovendo a sustentabilidade (ZOUAIN, 2008), uma vez que trazem propostas de economia de energia, de controle da poluição, a de maior produtividade com uma distribuição de renda mais equilibrada sem desperdício de capital, de forma imbricada com a educação e a inovação tecnológica referenciadas pelas questões ecológicas (CASAGRANDE, 2011).

A análise de um parque tecnológico em atividade com estas características, oferece a oportunidade de se verificar o real desempenho das soluções de menor impacto ambiental programadas, planejadas e executadas. Sob esta perspectiva, o principal objetivo deste estudo é analisar um parque tecnológico em operação que tenha como proposta a adoção de critérios e parâmetros que apontem para uma maior sustentabilidade ambiental.

Com isto espera-se contribuir na geração de subsídios para que os futuros empreendimentos desta natureza possam incorporar a dimensão ecológica de maneira eficaz, sobretudo em países, como o Brasil, onde o avanço quantitativo recente de iniciativas tem a oportunidade de ser acompanhado pelo crescimento qualitativo na performance ambiental.

6.2 MÉTODO

Esta pesquisa foi realizada a partir de uma abordagem quali-quantitativa. Foram delimitadas variáveis de análise e definiu-se um estudo de caso para verificação do desempenho das mesmas, com a coleta de dados através de análise documental.

6.2.1 Variáveis de análise

As variáveis de análise adotadas foram as seguintes: recursos naturais (solo, água, vegetação e ar); conforto ambiental; energia; resíduos e distribuição espacial. Elas contemplam o capital natural (HAWKEN; LOVINS; LOVINS, 2010) e são baseadas em diretrizes da sustentabilidade ecológica (SACHS, 2002).

São elementos centrais na incorporação de aspectos ambientais na produção arquitetônica e urbanística que vise à eficiência energética, redução do consumo de materiais e geração de resíduos. Também envolvem as discussões sobre os processos de urbanização como forma de mitigação dos impactos ecológicos na busca pelo desenvolvimento sustentável.

6.2.2 Estudo de caso: Parque Científico e Tecnológico para o Meio Ambiente em Turim (PCTMAT)

Buscou-se analisar um parque tecnológico que se propõe de algum modo mitigar os impactos ambientais. Desta forma foi possível observar quais estratégias já são aplicadas nas variáveis de análise bem como o desempenho e o nível de eficiência das mesmas.

Como ponto de partida e ampliado para o contexto do presente trabalho, utilizou-se um estudo que analisou o Parque Tecnológico e Logístico em Vigo, o Parque Tecnológico de Biscaia, ambos na Espanha; e o Parque Científico e Tecnológico para o meio ambiente na Itália, com objetivo de identificar as principais estratégias ambientalmente mais sustentáveis adotadas por estes empreendimentos (SALVADOR; SILVA, 2016).

Os resultados demonstraram que embora o empreendimento situado na Itália não se defina como um parque tecnológico de baixo impacto ambiental se aproximou neste universo de análise, em função das estratégias arquitetônicas e urbanísticas mais sustentáveis utilizadas.

Trata-se de um empreendimento localizado na cidade de Turim, região de Piemonte, Itália, com uma área total de 30.000m², e atuação nas áreas de ambiente e energia (35%), engenharia e TIC (35%), biomédica entre outras (30%). Iniciou as suas atividades em 2000 e atualmente conta com 74 empresas instaladas, com uma ocupação de 100% dos espaços disponíveis, nos quais 500 pessoas desenvolvem as suas atividades. A gestão é compartilhada entre prefeitura de Turim, Câmara do Comércio e Indústria e órgãos municipais responsáveis pela gestão ambiental.

A figura 6.1 demonstra este empreendimento que, à época, foi desenvolvido a partir de estratégias pioneiras de baixo impacto ambiental e obteve a certificação ISO 9001:2008 – Sistemas de gestão da qualidade e ISO 14001:2004 – Requisitos do Sistema de Gestão Ambiental. Também desenvolveu um sistema intitulado Edifício Azul que consiste na combinação de otimização dos painéis fotovoltaicos com a limitação no consumo de energia.

Figura 6.1 – Parque Científico e Tecnológico para o Meio Ambiente em Turim



Fonte: Google Earth Pro (2018)

Para a execução desta investigação, foram coletados dados e informações pertinentes ao PCTMAT no seu último Balanço de Sustentabilidade publicado (ENVIPARK, 2013), no Balanço de Mandato 2014-2016 (ENVIPARK, 2017a), nos Balanços de Exercício 2013 e 2016 (ENVIPARK, 2014, 2017b), no Plano de Diretrizes para 2017-2020 (ENVIPARK, 2017c) e no portal oficial do empreendimento (ENVIPARK, 2018).

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise do PCTMAT demonstraram a busca deste empreendimento por qualidade ambiental já no seu planejamento e concepção projetual. A verificação do seu desempenho tem a contribuir na formulação de futuros parques tecnológicos que busquem uma maior sustentabilidade ecológica para além da socioeconômica.

6.3.1 Recursos

Este empreendimento utiliza o reuso de águas pluviais para fins não potáveis, principalmente nos serviços de higienização. A água empregada no funcionamento dos sistemas de ar condicionado e na geração de eletricidade a partir da mini usina hidrelétrica idealizada e executada pelo PCTMAT provém do rio *Dora Ripara* – que passa próximo ao empreendimento - e após o seu uso é purificada e totalmente reintroduzida no corpo d'água a jusante. A energia produzida é utilizada e valorizada economicamente sob o regime tarifário local, com a distribuição do excedente para o bairro.

A dinâmica da aplicação da água retirada do rio segue as condições climáticas. Nos meses menos quentes é aproveitada como fonte de energia para maior autossuficiência do sistema de refrigeração do ar condicionado dos escritórios. Nos meses mais quentes, ela é empregada no resfriamento do calor gerado pelas condensadoras, evitando a utilização de torres de resfriamento, que têm um alto consumo de água.

Relativo à vegetação, o PCTMAT maximizou as áreas permeáveis com amplas áreas de cobertura vegetal, que possuem rotas para pedestres, permitindo o seu uso sistemático. A restrição da circulação de automóveis pelo empreendimento favoreceu esta estratégia. A figura 6.2 destaca a presença de uma praça central e a sua integração à um setor de um parque urbano denominado *Parco Dora*, que se estende pela cidade acompanhando o rio *Dora Riparia*.

Figura 6.2 – Praça central do PCTMAT integrada ao *Parco Dora*



Fonte: Google Earth Pro (2018)

6.3.2 Conforto Ambiental

A figura 6.3 demonstra a aplicação do sistema de telhado verde, que através do isolamento do calor externo nos meses mais quentes e conservação do aquecimento interno nos meses mais frios, propicia melhores condições de conforto térmico.

Figura 6.3 – Telhado verde nas coberturas do PCTMAT



Fonte: Google Earth Pro (2018)

O edifício administrativo do PCTMAT possui amplas áreas de transparência que possibilitam a otimização da iluminação natural nas áreas internas. Nos ambientes com menor insolação, foram utilizadas torres de chaminés solares e uma claraboia transparente, demonstrada na figura 6.4, e um sistema de ventilação passiva também foi empregue para melhor aproveitamento da ventilação natural.

Figura 6.4 – Claraboia transparente do edifício administrativo do PCTMAT



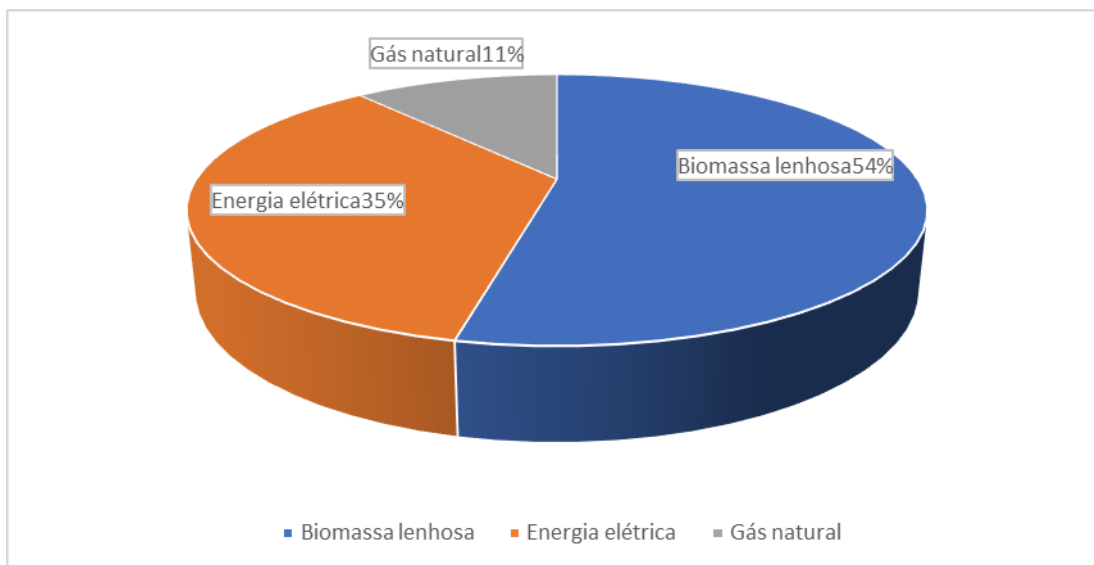
Fonte: Balanço de Mandato 2014-206 (ENVIPARK, 2017a)

6.3.3 Energia

Este parque tecnológico utiliza combustível e energia elétrica para todas as suas necessidades de consumo energético. O primeiro se refere à biomassa da madeira e gás natural para geração de energia térmica aplicada na calefação, ar condicionado e água quente dos sanitários. Também eventualmente é utilizado o diesel no gerador de emergência.

A energia elétrica serve para o funcionamento da infraestrutura do empreendimento e para a operação dos edifícios e laboratórios. O gráfico 6.1 demonstra a média percentual da participação de cada fonte no consumo total:

Gráfico 6.1 - Média da participação das fontes de energia no consumo do PCTMAT



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados do Balanço de Sustentabilidade (ENVIPARK, 2013)

A produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis se dá por painéis fotovoltaicos, otimizados pela orientação solar, e majoritariamente pela energia hidrelétrica com cerca de 99% da geração. Esta última apresentou aproximadamente uma produção média nos últimos seis anos de 1.500 MWh/ano, com oscilações anuais atreladas à fatores meteorológicos (pluviometria), como por exemplo, 1.700 MWh em 2013 e 1.288 MWh em 2016.

Levando-se em consideração estas variações, a produção de energia elétrica renovável representa em média 40% de autossuficiência para as necessidades de energia elétrica do empreendimento. Já com relação ao consumo energético total, o PCTMAT utiliza em média mais de 80% provenientes de fontes de renováveis.

O aquecimento da água utilizada nos sanitários se dá por coletores solares térmicos que também são aplicados no pré-aquecimento dos ambientes internos no inverno com o aquecimento efetivo (cerca de 85%) proveniente de caldeiras supridas pela queima de lascas de madeira natural, provenientes do descarte de poda da arborização urbana.

6.3.4 Resíduos

A quantidade de resíduos gerados pelo PCTMAT apresentada no último balanço de sustentabilidade do empreendimento foi de 103.701 toneladas (t) no ano. Destas, 103.090 t são resíduos não perigosos, sendo que 26.830 t foram enviadas para reciclagem e 76.260 t para descarte. Isto representa aproximadamente 26% de resíduos não perigosos reciclados. O restante, 611 t são resíduos perigosos, dos quais 570 t foram enviados para reciclagem e 41 t para descarte, propiciando cerca de 93% de reciclagem.

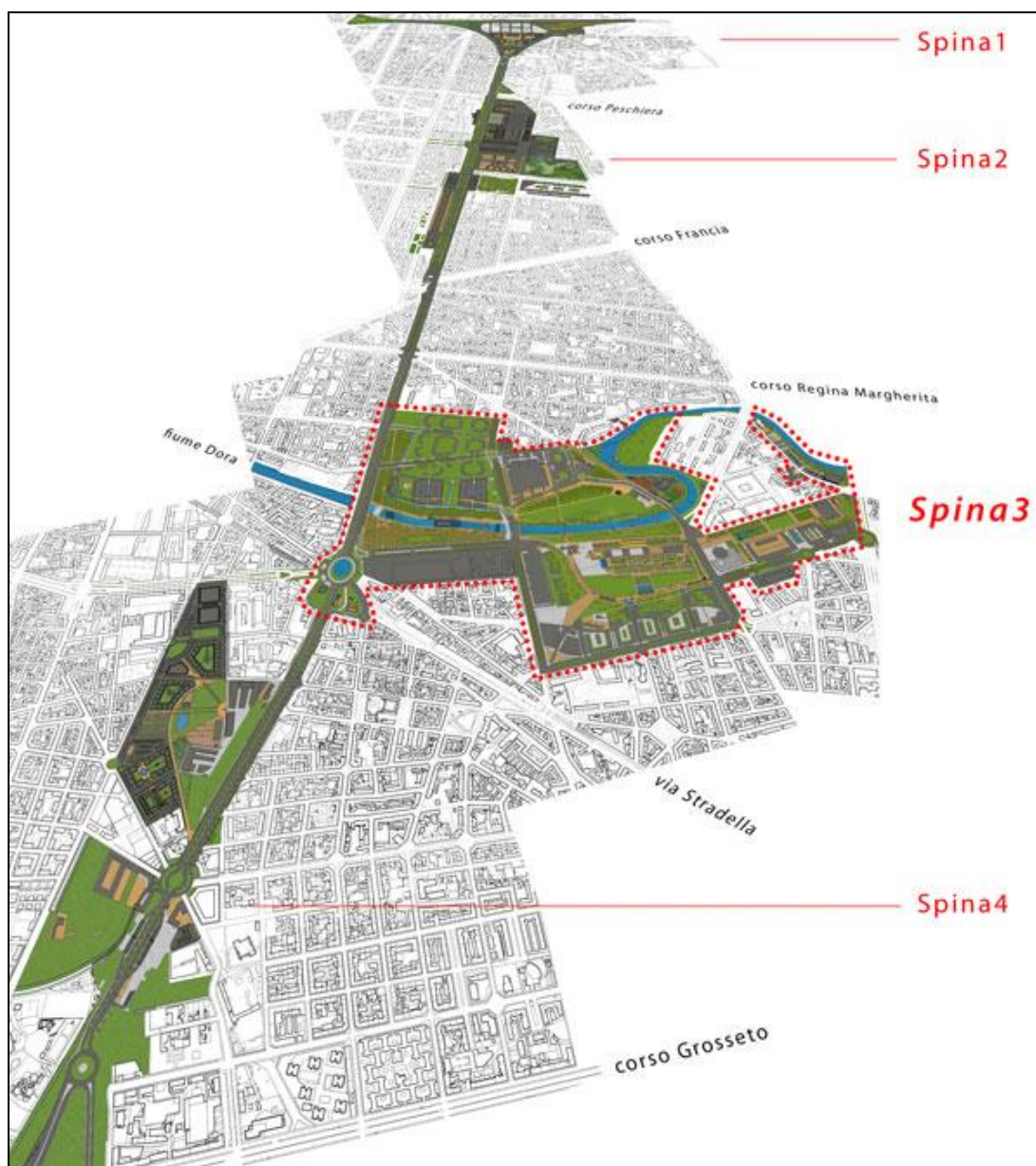
Em um ano, devido ao incremento na produção de energia renovável e medidas de economia de energia elétrica que reduziram o consumo em torno de 11%, houve uma redução de 25% de emissões dos gases de efeito estufa de 0,08 toneladas CO₂/m² para 0,06 toneladas CO₂/m².

6.3.5 Distribuição Espacial

Este empreendimento se insere no âmbito do projeto de requalificação urbana demonstrado na figura 6.5, intitulado *Spina Centrale* - uma grande área da cidade de Turim por onde passava uma linha ferroviária e que foi objeto de uma transformação urbana - sendo o primeiro a ser construído na maior área de renovação urbana da Europa, depois de *La Défense*¹³ em Paris, denominada *Spina 3*. Trata-se de um território conhecido no século passado como “cinturão do aço”, por abrigar os grandes fabricantes italianos da indústria automobilística.

¹³ *La Défense* é um projeto de revitalização da década de 60 na região de *Puteaux*, que estava degradada em função do abandono das atividades industriais e atualmente é um dos maiores centros financeiros da Europa.

Figura 6.5 – Área de requalificação urbana onde se localiza o PCTMAT



Fonte: Comune di Torino (2018a)

Especificamente na área onde atualmente está o parque tecnológico, localizava-se uma das históricas fábricas de veículos do período industrial de Turim. A figura 6.6 mostra parte da estrutura deste edifício do século passado que foi preservada e integrada ao Parque Científico e Tecnológico para o Meio Ambiente de Turim juntamente com o parque urbano *Parco Dora*, como uma das estratégias para dar um novo significado a esta parte da cidade, demonstrando que no período pós-industrial este empreendimento é “a nova máquina” (COMUNE DI TORINO, 2018b).

Figura 6.6 – Estrutura da antiga fábrica incorporada no PCTMAT



Fonte: Google Earth Pro (2018)

6.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo analisou o desempenho ambiental de um parque tecnológico que se propõe a mitigar os impactos no meio ambiente através da verificação da operacionalização das variáveis de análise recursos naturais, conforto ambiental, energia, resíduos e distribuição espacial.

Os resultados indicaram que para recursos naturais, a água e o elemento relevante, desde a compreensão do ciclo hidrológico até o funcionamento dos edifícios, servindo de fonte renovável para geração de energia e no reaproveitamento para os sistemas de aquecimento e resfriamento. Para o conforto ambiental, a utilização de telhado verde, controle e potencialização das áreas de transparência através da orientação solar, bem como o melhor aproveitamento da ventilação natural são estratégias que provocarão reflexos positivos na diminuição da demanda e consumo energético. A variável energia demonstrou que o parque tecnológico possui uma autossuficiência energética de 80%, com 40% proveniente de geração elétrica a partir majoritariamente de uma mini usina hidrelétrica. Os

resíduos não perigosos apresentaram 26% de reciclagem e os perigosos 93%, além da redução em 25% das emissões de CO₂ em um ano em função do aumento de produção de energia renovável. E por fim, a distribuição espacial demonstrou a relevância de parques tecnológicos na ocupação territorial colaborando com a qualidade urbana, servindo como um instrumento de requalificação urbana na transformação de uma cidade industrial para tecnológica e com a qualidade ambiental, através da sua integração com o parque urbano *Parco Dora*, além de localizar-se próximo ao rio *Dora Riparia* para aproveitamento e otimização do recurso água.

No geral, muitas estratégias para as variáveis estão relacionadas direta ou indiretamente com os recursos naturais, o que contribui para a caracterização de um parque tecnológico de menor impacto ambiental, pois o mesmo necessitará aprofundar-se na compreensão do território onde será inserido, de modo a gerenciar e potencializar a utilização desta variável, bem como a busca pela maior autossuficiência possível a partir da produção de energia proveniente de fontes renováveis e não poluentes.

Futuras análises e avaliações de desempenho em outros parques tecnológicos, que se proponham a incorporar eficientemente a dimensão ecológica no seu planejamento, são possíveis e necessárias para a construção e consolidação de um repertório de estratégias mais sustentáveis a serem utilizadas por estes empreendimentos colaborando para uma ocupação territorial mais sustentável.

7 POTENTIAL OF TECHNOLOGY PARKS TO IMPLEMENT ROOF MOSAIC (FOOD-ENERGY-WATER NEXUS): A CASE STUDY IN BRAZIL

ABSTRACT

Technology parks foster innovation through their elements, such as high-tech companies, universities and incubators. They are part of a developing sector, especially in emerging countries such as Brazil. Unlike industrial and logistic parks that have requirements that determine their architectural and urban characteristics, the main objective of technology parks is innovation; the possibility of proposing more suitable spaces for urban innovation. Roof Mosaic is an approach that seek self-sufficiency in urban areas from the food-energy-water nexus. Integration between Roof Mosaic and technology parks can be advantageous as technology parks have lower slopes than other parks and can therefore contribute to the sustainable development of cities. The aim of this paper is to evaluate the potential of technology parks when implementing Roof Mosaic . A case study underway was used, which is the Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ) Technology Park (Rio de Janeiro, Brazil). The results from the case study show the potential for: 100% food self-sufficiency using hydroponic production of lettuces and tomatoes, meeting the demands of approximately 3,300 people; 45.2% for energy generated from photovoltaic panels; and 43% for water reusing rainwater harvesting. The potential of avoided CO₂ emissions using rainwater for non-potable purposes, food production and renewable energy, presented of nearly 805 tons of avoided CO₂ equivalents.

Keywords: urban planning, self-sufficiency, sustainable strategies, smart cities, innovation.

7.1 INTRODUCTION

Nowadays, more than half of the world's population lives in cities, occupying approximately 2% of the global territory, although the population accounts for 70% of global energy consumption (UN-HABITAT III, 2018). The global population causes specific and localized pressures on available water sources (UN-WWAP, 2015), requires large food supply systems (FAO, 2018) and emits significant amounts of greenhouse gases (UN-HABITAT, 2018). It is estimated that by 2050 almost 70% of the world's population will live in cities. For developing countries, such as Brazil, it is expected that 91% of the population will be concentrated in metropolitan areas, and consequently, there will be an increase in the demand for resources (UNITED NATIONS, DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, 2014).

Cities' needs and all their consumption mechanisms exploit natural resources (DOHERTY; MOSTAFAVI, 2014), and the dependence on distant sources of food, energy and water poses challenges for sustainable development (UN-HABITAT III, 2017). Historically, the industrial revolution (1760 to 1840) was used for exploiting resources and, for years, industrial activity was one of the most important pillars for developing society without considering the damage or environmental repercussions it caused.

Some urban elements such as industrial parks, have supplied this increase in the consumer society by organizing and optimizing relations to improve competitiveness. To do this, a concentration of small and medium-size inter-related companies was created for integration and improvement by commonly using the same infrastructure for a large-scale industrial production (MARSHALL, 1988).

Therefore, since the main purpose of industrial parks is to reproduce consumer goods, there are specific requirements that will show up in the shape of their buildings, as well as their urban insertion and the minimization of environmental impacts is more concentrated in the flows between the components (SALVADOR; SILVA, 2016). A small percentage of industrial park roofs can be used for food cultivation due to the design, materials and large slopes (SANYÉ-MENGUAL et al., 2015). The energy consumption is high and the potential of renewable energy self-generation is low, remaining between 0.46% up to 1.5% of total electricity consumption (SMART-MED-PARKS, 2014). The water consumption is also high and

the potential of using rainwater harvesting (RWH) is about 18.5% overall (OLIVEIRA-ESQUERRE et al., 2011).

7.1.1 Technology parks

In order to develop more environmentally sustainable cities, procedures need to be adopted that link innovation to respect for the natural environment when exploiting natural resources, use renewable resources instead of non-renewable ones and search for self-sufficient strategies (GUMUCHDJIAN; ROGERS, 2012).

In this context, some of the current urban elements that foster innovation are technology parks. They comprise various companies in the same local area, seeking to promote science, technology and innovation, establish formal relations with universities, research centers and other higher education institutions. They are important for the socioeconomic development where they are located, they enhance knowledge flow and technology between companies, academies and the government, and they have excellent physical space and infrastructure (ANPROTEC, 2018; APTE, 2018; IASP, 2018).

Technology parks are considered to be one of the first urban models of the contemporary information society, structured around information and communication technologies (DUARTE, 2005) and a concept in constant evolution. Studies began on their formation from the 1960s onwards (JUDICE; MACULAN; VEDOVELLO, 2006). The oldest ones are the Stanford University Science Park (now called the Stanford Research Park) in the United States of America, the Sophia Antipolis in France and the Tsukuba Science City in Japan, which were all created in the 1950s and 1960s (UNESCO, 2018a). Technology parks from this period are known as First-Generation Parks or Pioneers as they emerged spontaneously. Later, in the 1970s, they were planned in Europe and North America, and became known as Second Generation Parks or Follower Parks, and are now known as Third Generation Parks or Structural Parks and are integrated with urban, regional and environmental development strategies (ANPROTEC, 2008a).

They may have different names depending on the country, such as technology parks, technopoles, research parks, science parks, technology and science parks

(CASSIN, 2012; IASP, 2018; NAHM, 2000; SHEARMUR; DOLOREUX, 2000). It is estimated that there are around 400 technology parks in more than 70 countries, some with specific associations (see Table 7.1).

Table 7.1
International associations with the most technology parks around the world

Country/Continent	Association	Technology parks in operation
USA	Association of University Research Parks	152
United Kingdom	The United Kingdom Science Park Association	70
Asia	Asia Science Park Association	68
Spain	Association of Science and Technology Parks of Spain	66
France	France Technopole Enterprises Innovation	60
Finland	Finnish Science Park Association	33
Germany	German Association of Innovation, Technology and Business Incubation	32
Italy	Italian Association of Science and Technology Parks	29
Brazil	Brazilian Association of Science Parks and Business Incubators	28
Sweden	Swedish Incubators and Science Parks	26

(APSTI, 2017; APTE, 2017; CDT/UNB, 2014; RETIS, 2017; UKSPA, 2017; UNESCO, 2018a; WAINOVA, 2009)

Technology parks comprise a sector in development, notably in emerging countries, such as Brazil (ANPROTEC, 2008b). They are considered a recent experience in this country as they were only recognized in 1984 when a support program was set up by the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq). Since 2000, there has been an increase in the number of technology parks, from 10 to 74 in 2008 and in 2013, there were 94 initiatives (CDT/UNB, 2014) (see Figure 7.1), especially in the south and southeast regions in different stages of development: 28 in operation, 28 being implemented and 38 being currently designed. However, from 2008 to 2013, only 10.3% of the technology parks in the design phase and 47.3% in the implementation process reached a stage of operation (CDT/UNB, 2014) increasing the responsibility of the latter on the basis of the investments made in the previous stages.

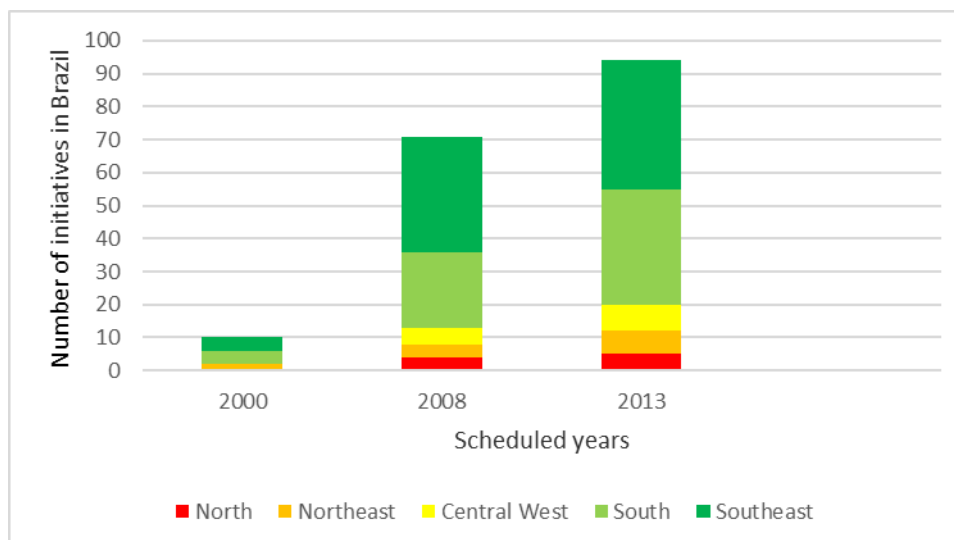


Figure 7.1 - Quantitative evolution of technology parks in Brazil and distribution of initiatives in Brazilian regions

7.1.2 Potential of technology parks for Roof Mosaic

It is important for technological parks to aggregate environmental quality as a way to become a strategic element in the search for minimizing impacts generated by the urbanization process (UNESCO, 2018b). There are some parks that adopt ways, to some extent, of minimizing environmental impacts. Although electricity consumption is high, some of them reach significant amounts of renewable and diverse energy production in relation to the electricity demand (see table 7.2), such as the *Poduzetricki Inkubator BIOS* d.o.o., Croatia, with 19.19% (SMART-MED-PARKS, 2014), *Walqa* Technology Park, Spain, with up to 45% (ZERO HYTECHPARK, 2014a, 2014b) and the Environment Park, Italy with 42% (ENVIRONMENT PARK, 2012).

Table 7.2
Consumption and production of renewable energy in some technology parks

Technology park	Country	Self-sufficiency (%)	Renewable energy self-generation (kWh/year)				
			Total	Solar Thermal	Hydroelectric	Wind	Photovoltaic
Poduzetricki Inkubator BIOS	Croatia	19.19	33,000	0	0	0	33,000
Walqa Technology Park	Spain	45	667,400	5,400	0	540,000	122,000
Environment Park	Italy	42	1,624,628	0	1,616,000	0	8,628

Therefore, technology parks offer an opportunity to adopt sustainable strategies because where innovation and knowledge are promoted, there are more possibilities for creating a typology from a more environmentally sustainable outlook that enhances the use of natural resources and seeks energy efficiency solutions, used strategically to encourage urban quality and environmental sustainability and also an element of propagation and awareness (SALVADOR; SILVA, 2016).

In this context, one of the current pioneering sustainable strategies concerning food-energy-water nexus is Roof Mosaic, which utilize unused rooftops to produce food, energy and rainwater harvesting (RWH) so as to provide resources in a balanced way on a unit, neighborhood or city scale. The aim is to achieve self-sufficiency, derive collective environmental, social and economic benefits contributing to urban resilience and reduce greenhouse gas emissions. This strategy is currently being used in residential buildings (TOBOSO-CHAVERO et al., 2018).

There are studies that determine the potential of food production identifying coverage areas for implementing greenhouses in industrial and logistics parks (NADAL et al., 2017; SANYÉ-MENGUAL et al., 2015, 2017) and self-sufficiency for water in retail parks using RWH (FARRENY et al., 2013). Water and energy sustainable strategies on technology park rooftops have not yet been fully investigated and generally focus on mitigating environmental impacts, such as power generation and RWH for secondary uses.

However, evaluating the potential for self-sufficiency with the integration of food, energy and water in technology parks does not exist and can contribute to the minimization of urban impacts. Technology parks have great potential for developing and evolving the Roof Mosaic, operating as open-air laboratories, working with other sustainable strategies to convert and create low-impact environmental technology parks.

Considering it is an area of knowledge in formulation, the opportunity arises to make these projects compatible with the concept of sustainable development. It also provides reflections on those in operation and subsidies for futures, allowing the quantitative progress of technology parks to be accompanied by a qualitative evolution.

7.1.3 Objectives

The aim of this paper is to evaluate the potential of technology parks to adopt Roof Mosaic. The specific objectives are:

- To establish a procedure to evaluate the potential of food, energy and water self-sufficiency in technology parks;
- To develop the Nexus Emission Index (NEI) as a decision-making tool;
- To use the procedure in a case study and calculate the potential of food, energy and RWH;
- To define the best scenario for food-energy-water nexus in this case study.

7.2 METHODOLOGY

7.2.1 Evaluating the potential of technology parks for Roof Mosaic

The methodology for evaluating the implementation of rooftop greenhouses in industrial parks and logistic covers developed by Sanyé-Mengual et al. (2015) and Nadal et al. (2017) was used as a basis and extended to the new context of this study. Evaluating the potential of implementing Roof Mosaic in technology park rooftops can be carried out in 5 steps.

In the first step, data is collected at a local level and food, energy and water consumption estimates are made. The second step defines the roofs to be used to calculate the useful area and for the technical identification with criteria for area, slope and structural capacity. Based on the results from the second step, the third step determines the possibilities of the composition for Roof Mosaic. The fourth step calculates the potential of different scenarios for the production of food, energy and RWH. Finally, the fifth step assesses the potential of avoided CO₂ emissions for each vector and the sum of them determines the Nexus Emission Index (NEI) proposed in this study (see Figure 7.2).

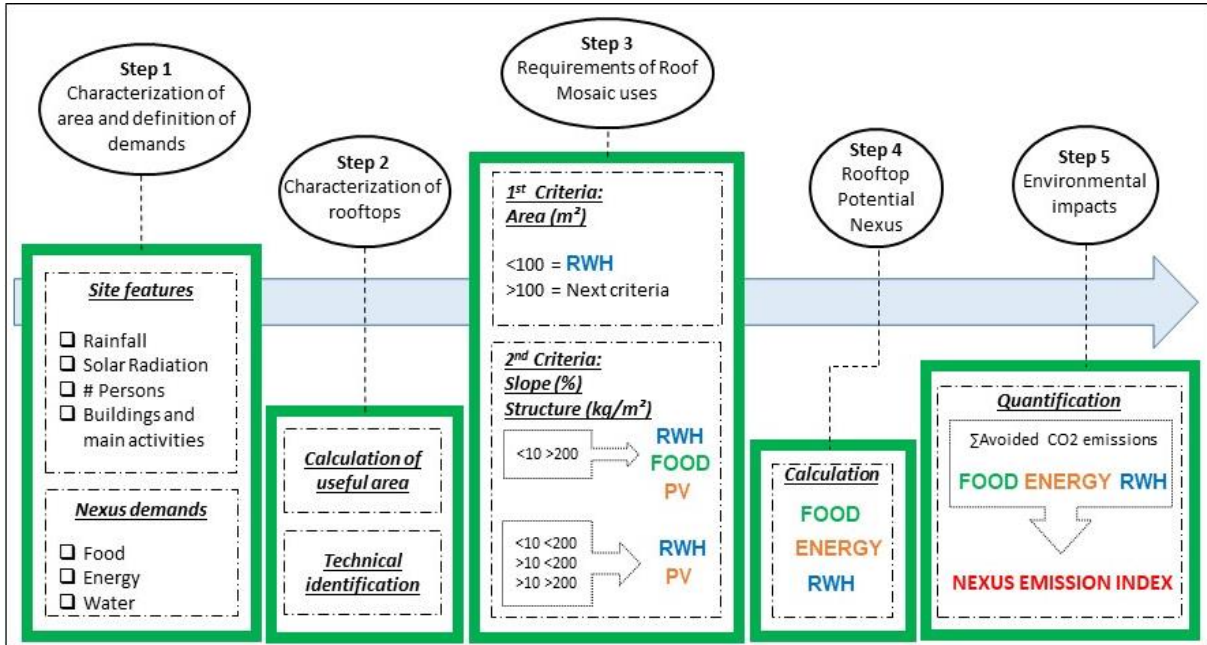


Figure 7.2 - Schematic representation of methodology to evaluate potential of Roof Mosaic on technology park rooftops

Step 1: Characterization of the area and definition of demands

To characterize the technology park areas in operation or those being designed, the main site features should be investigated: historical rainfall series (at least the last 20 years), annual average of solar radiation, buildings in operation and their main activities. For those parks currently being used, the number of people (workers and visitors) must be determined. For those being designed, the possibility of total occupancy may be considered, thus estimating the maximum capacity of people.

Resource consumption should be investigated to define the demands of technology parks in operation or those currently being designed. Concerning food, a survey of local eating habits should be carried out to select the main vegetables consumed (non-processed), which can be produced hydroponically. The number of crops may be variable, but it would be important to determine the potential by choosing preferably those who have local consumption (kg/per capita/year) and hydroponic production data (kg/m²).

Regarding energy, data on electric power consumption can be obtained directly from the specific technology park (e.g. annual report or administration) for

those in operation. In the case of a technology park currently being designed, it is recommended to compare it with one that has similar activities or it can be estimated according to official local standards. Concerning water, as RWH will be used, the m^3 of flushing toilets per day and irrigation (green area and food production) per day for m^2 should be calculated.

Step 2: Characterization of rooftops

To estimate the total potential more accurately, the useful area of a building's rooftop should be calculated, subtracting the technical areas, separating the different plans of the same building and identifying the characteristics: slope and material using documents (e.g., plans, technical specifications) and/or specialized software as QGIS, Google Earth Pro, AutoCAD, REVIT and others. Afterwards, the technical identifications based on the methodology defined by Nadal et al. (2017) are defined.

The requirements of buildings for food production were adopted, as well as the delimitations: slopes not greater than 10% and structure with a minimum loading capacity of $200\text{kg}/\text{m}^2$. Since technology parks do not have economic purposes in this sector, the criterion of a minimum of 500m^2 was not adopted and 100m^2 for the minimum area was used instead (NADAL et al., 2018).

Step 3: Requirements of Roof Mosaic uses

Due to the fact that all rainwater can be collected and reused on rooftops, regardless of other possible uses, all useful areas can be considered for the potential of RWH. The first criterion is the area. Areas with less than 100m^2 can be designated exclusively for RWH. Those with more than 100m^2 can be considered in the second criterion, which considers the slope and material for food production requirements (Step 2). The following scenarios can be considered:

- Those smaller than 10% inclination and greater than $200\text{ kg}/\text{m}^2$ capacity are suitable for RWH, food or photovoltaic panels (PV). Firstly, self-sufficiency for

food is sought. Reaching 100% self-sufficiency for food and remaining roofs with these characteristics, they can be considered for installing PV.

- Those smaller than 10% of inclination and 200 kg/m² of capacity are suitable for RWH and PV.
- Those with more than 10% of inclination are suitable for RWH and PV.

Step 4: Rooftop potential nexus

First, the potential of food production is determined as this activity is responsible for the largest demands of water resources and uses more than 25% of the global energy (UN-WWAP, 2018). Therefore, the search for self-sufficiency has an impact on the water potential through the irrigation area, and on the energy potential through the useful area, as determined in step 3. It is calculated based on the methodology defined by Nadal et al. (2017).

To determine the potential of food production, Equation (1) is used with the area (m²) determined in step 3 and the potential production (kg/m²) for the crop determined in the step 1. To determine the potential of food self-sufficiency, Equation (2) is applied calculating the division of the potential production, defined in Equation (1), by the average consumption of the product defined in step 1.

$$\text{Potential production (kg)} = \text{potential area (m}^2\text{)} \times \text{Product output (kg/m}^2\text{)} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{Potential self – sufficiency (\# persons)} \\ = \text{production (kg)} / \text{Average product intake (kg/per capita/year)} \quad (2) \end{aligned}$$

Secondly, we calculate the potential for self-sufficiency in energy, using the ISO 37120: 2014 – Sustainable development in communities: Indicators for city services and quality of life, which has as essential indicator for the production of renewable energy (including solar energy). For this calculation, Equation (3) is used.

The result must be in accordance with international agencies' objectives, such as the International Energy Agency (International Standard, 2014)

$$\text{Self – sufficiency (\%)} = \text{Renewable energy production} / \text{Total energy consumption} \quad (3)$$

Thirdly, to calculate the potential of RWH, specialized software for modelling water harvesting systems can be used. Rainfall data from the region and demands for non-potable water in the technology park, defined in Step 1, are used for the calculations.

Step 5: Environmental impacts

Regarding environmental impacts, the avoided CO₂ emissions are estimated for each vector using Equations (3) (4) (5) adapted from Sanyé-Mengual et al. (2015). They can be applied to the nexus context using environmental information from documents or specialized software.

Avoided CO₂ emissions by Food (kg CO₂ eq.)

$$= \text{Potential of food production} \left(\frac{\text{kg}}{\text{year}} \right) \times \text{Unitary benefit avoided} \left(\frac{\text{kg CO}_2 \text{ eq.}}{\text{kg}} \right) \quad (3)$$

Avoided CO₂ emissions by Energy (kg CO₂ eq.)

$$= \text{Potential of energy production} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{year}} \right) \times \text{Unitary benefit avoided} \left(\frac{\text{kg CO}_2 \text{ eq.}}{\text{kWh}} \right) \quad (4)$$

Avoided CO₂ emissions by Water (kg CO₂ eq.)

$$= \text{Potential of RWH} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{year}} \right) \times \text{Unitary benefit avoided} \left(\frac{\text{kg CO}_2 \text{ eq.}}{\text{m}^3} \right) \quad (5)$$

The concept of food-energy-water nexus has in its vectors the search for equilibrium, and its three elements are directly connected. The Nexus Emission Index (NEI) (Equation 6) is proposed to obtain an index that demonstrates the total potential of avoided emissions integrating the individual indicators.

It is calculated by the sum of the equations and demonstrates the potential of avoided emissions with the Roof Mosaic composition adopted in the technology park and provides an instrument of prioritization in the final decision making.

$$\text{Nexus Emission Index (NEI)} = \sum \text{Avoided GHG emissions (food – energy – water) (kg CO}_2\text{eq.)} \\ = (6)$$

7.2.2 Case study: evaluating the potential of the UFRJ Technology Park for the Roof Mosaic

The technology park in this case study was the UFRJ Technology Park in the city of Rio de Janeiro, Brazil (see Figure 7.3). We selected this park according to the following criteria:

- It is located in a region of the country with more initiatives (CDT/UNB, 2014).
- It is one of most important and successful Brazilian technology parks in operation, focusing on management and knowledge (MCTI, 2015).
- It adopted sustainable policies in 2015 (PARQUE TECNOLÓGICO UFRJ, 2016, 2017a).
- Its local rainfall and radiation conditions are similar to other bioclimatic zones of the country, which allows its results to be used as references in future assessments (ABNT, 2005; National Renewable Energy Laboratory, 2017).

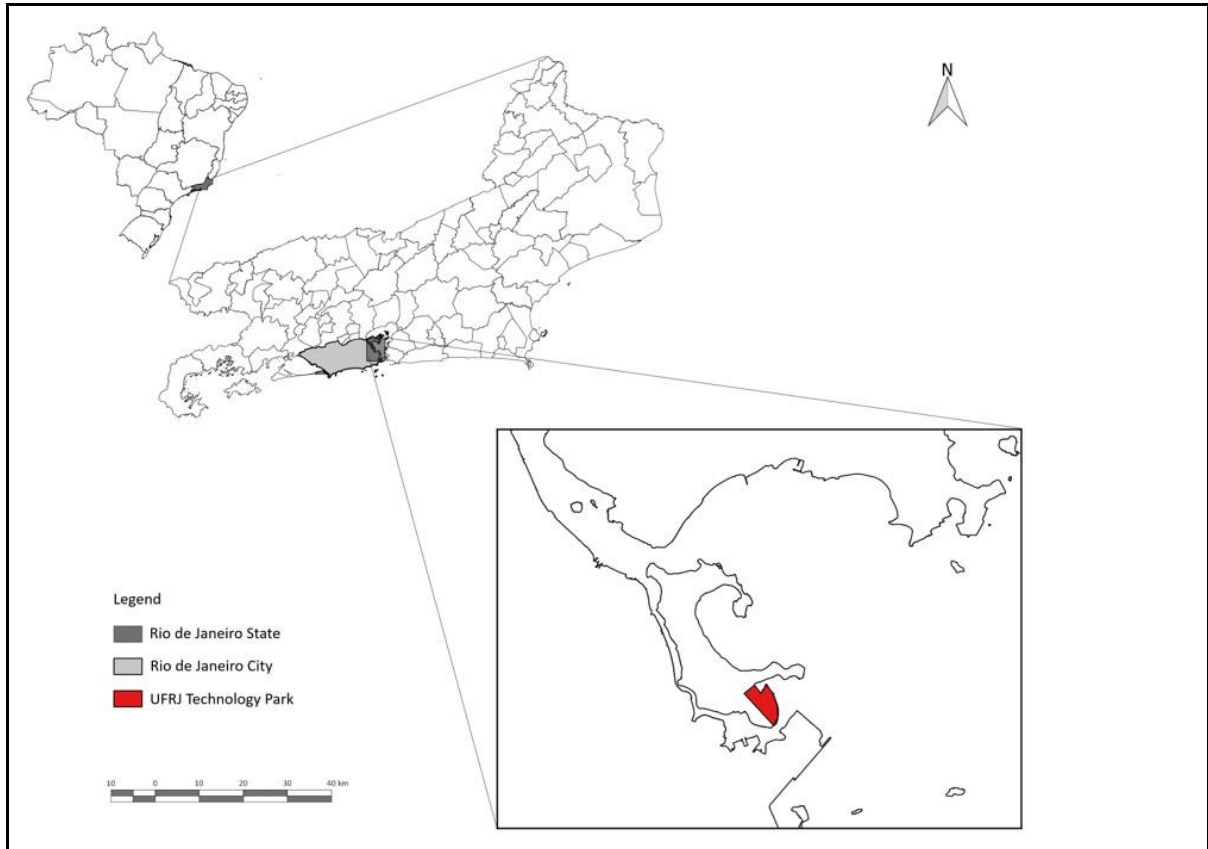


Figure 7.3 - Localization of the UFRJ Technology Park

The UFRJ technology park belongs to the Federal University of Rio de Janeiro, which is a public institution and a free university recognized for the high quality of teaching and research (QS WUR, 2018). Since 2003, the university has maintained this environment of innovation that enables the triple helix concept: university-business-government relationship (ETZKOWITZ, 2002).

It is the result of 40 years of experience in research centers located in UFRJ (MCTI, 2015) and is affiliated to the International Association of Science and Technology Parks and the Brazilian Association of Science Parks and Business Incubators. It currently has an area of 350,000 square meters with 66 institutions, including research centers of large national and multinational companies, small and medium-size firms, start-ups and laboratories.

7.3 RESULTS OF THE CASE STUDY

The steps proposed in Section 2 were followed to evaluate the potential of implementing a Roof Mosaic in the case study.

7.3.1 Step 1: Characterization of the area and definition of demands

This case study takes place in Bioclimatic Zone 8 (ABNT, 2005). The climate is humid tropical and the average annual rainfall in the local area is 1,081 mm according to the period from 1997 to 2016 (INMET, 2017a). The total rainfall in 2016 was 1,027 mm (INMET, 2017b). The annual average solar radiation is 5.54 kWh/m²/day (NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY, 2017).

This case study comprised 1,073 employees and 713 visitors in 2016, making a total of 1,786 people (PARQUE TECNOLÓGICO UFRJ, 2017a). For the purposes of food production, the university restaurant was also considered and has a capacity for 1,500 persons (RU UFRJ, 2017). Concerning the quantification of buildings and main activity, those that are under construction were not considered.

Regarding food in Brazil, lettuces are classified as leafy vegetables (MAKISHIMA, 2004) and are considered the most important in this category for the Brazilian diet (CARVALHO et al., 2005). Consumption in the region of the case study is 1.4 kg/capita/year (IBGE, 2011). Tomatoes are classified as fruit vegetables (MAKISHIMA, 2004) and are the most common fruit commercialized in this category (CEASA-RJ, 2016). Consumption in the region of the case study is 2.8 kg/capita/year (IBGE, 2011).

The level of self-sufficiency in the state of Rio de Janeiro is 99.8% lettuces and the main city where they are produced is Teresópolis, which has a level of 69.6%. The small amount that needs to be supplied comes from the neighboring states of Sao Paulo and Minas Gerais. Concerning tomatoes, the level of self-sufficiency is 51.5% and the main city where they are produced is P. Alferes, which has a level of 10.8%. The remaining 49.5% comes from the states of São Paulo and Minas Gerais (CEASA-RJ, 2016). The distances from the technology park to main producing cities is approximately 100km and from the supplier states it is 450km.

In this country, the hydroponic production of lettuces is 3.83 kg/m²/cycle and is considered the most widespread hydroponic crop, mainly due to its short cycle, between 35-50 days (GUALBERTO; OLIVEIRA; GUIMARÃES, 2009). For tomatoes, it is 10.19 kg/ m²/cycle and has an average cycle of 140 days (GENÚNCIO, 2005). The southeast region is the largest hydroponic producer (LABHIDRO, 2017).

Concerning energy, the electrical consumption of buildings owned by the UFRJ Technology Park - reception, administration and 2 business centers was 377,238 kWh in 2016 (PARQUE TECNOLÓGICO UFRJ, 2017a). The area of this part is 6,685m², therefore the consumption is 56.4 kWh/m²/year. The maximum area possible is 109,310m² (UFRJ, 1996) and the electrical consumption estimated is 6,168,363kWh/m²/year.

Concerning water, the toilets and irrigation system of this case study were considered. It should be mentioned that 6.8 liters (ABNT, 2007) are needed to flush the toilets used on average 4 times per person (DEBOITA; BACK, 2014). Therefore, the amount of water used for toilets is estimated at 48.6 m³/day per person. For irrigation, 1.5 liters/day/m² (SABESP, 2012) was considered and the landscaped area is 18,904.38 m² (PARQUE TECNOLÓGICO UFRJ, 2017a) totally 28.36m³.

Therefore, the preliminary consumption of non-drinking water is the sum of flushing toilets and irrigation, making a total of 77.23 m³/day. However, after calculating the rooftop areas for food, we had to add irrigation to assess the potential of RWH.

7.3.2 Step 2: Characterization of rooftops

To estimate the total potential of the case study, the useful area of rooftops was calculated using the documents (PARQUE TECNOLÓGICO UFRJ, 2017b) and specialized software: QGIS 2.17 and Google Pro 7.3.0. Afterwards, the technical identification was determined (see Table 7.3).

Table 3
Characterization of UFRJ Technology Park's rooftop

Building	Main activity	Useful area (m ²)				Total
		0-100m ²	>100m ² <10% >200kg/m ²	>100m ² <10% <200kg/m ²	>100m ² >10% <>200kg/m ²	
Reception	O	X	120+120	x	x	240
Administration	O	X	x	190	x	190
Restaurant	F	X	180	140	x	320
CE-TIC	O	30	x	405	x	435
MP	O	75	385+460	830+780	x	2,530
Petrobras 1	O/L	X	360	485	x	845
Petrobras 2	O/L	X	x	1850	x	1,850
Coope 1	O	X	x	1200	x	1,200
Coope 2	O	X	290	x	x	290
Coope 3	O	X	115+115	845	x	1,075
Vallourec	O	100	x	490	x	590
Baker Hughes	O	X	800+760+590	x	x	2,150
Lamce	L	X	x	x	1,300	1,300
Laboceano 1	L	X	x	3,600+490	x	4,090
Laboceano 2	L	45+25+95	x	220	x	385
Schlumberger	O	100	1,750+510+175	x	930 ^a	3,465
Tenaris	O	10+20+35	x	1,530+215	x	1,810
Bq Group	O	X	580	x	x	580
Siemens	O	X	1,050	170	x	1,220
EMC2	O	50	180	x	x	230
Halliburton	O	X	165+170+200+400	x	x	935
FMC-ed.1	O	65	230+340+750	165	x	1,550
FMC-ed.2	O	X	x	2,300+400+310+310+145	x	3465
Σ Areas		650	11,335	16,530	2,230	30,745
Percentage		2%	37%	54%	7%	100%

(O) Office (F) Food (L) Laboratory / ^aThe only curve.

7.3.3 Step 3: Possibilities of Roof Mosaic uses

In the case study, the total feasible rooftop area was used for RWH: 30,750m². According to the first criterion, those areas with less than 100m² were designated exclusively for RWH, making a total of 650m². Using the second criterion, the possibility of combining RWH with Food and/or PV in up to 11,335 m² and RWH with PV in up to 18,760 m² was considered.

7.3.4 Step 4: Rooftop potential

Concerning food production, in this case study there was already a number of people determined in step 1. Therefore, first Equation (2) was applied to determine the integration production (kg) of lettuce and tomatoes needed for self-sufficiency. Then, Equation (1) was used to determine the potential area (m²) for lettuce and tomato production. These values were compatible with Table 3 of step 2.

Table 7.4 shows the potential of self-sufficiency of lettuce and tomatoes. Initially, the calculations considered only the technology park demands and one cycle per product until they were extrapolated to meet the demand of the UFRJ's university restaurant and the maximum number of possible cycles for each product. Self-sufficiency was obtained in all scenarios.

Table 7.4
Potential of lettuce and tomato production

Scenarios	Cycles/year	Productive area (m ²)			Self-sufficiency (%)	
		<i>Lettuce</i>	Tomato	Total	Lettuce	Tomato
UFRJ Technology Park: 1,786 persons	1	682	490	1,173	100	100
	6(L) 2(T)	108	245	35	100	100
UFRJ Technology Park + University Restaurant: 3,286 persons	1	1,201	909	211	100	100
	6(L) 2(T)	200	451	651	100	100

(L) Lettuce (T) Tomato

For energy production, the annual average solar radiation of Rio de Janeiro was used, shown in Step 1. The most common module typology currently based on the common market technologies was used (KALOGIROU, 2004; PAIANO, 2015), which included modules and BOS (Balance-of-System) elements. The tilt angle of the PV panels optimized in terms of annual production for the case study is 22° because Rio de Janeiro has a latitude of 22°54'S. The technical characteristics of the panels can be found in Supplementary Information A. The total energy consumption used was estimated in Step 1.

For the potential of renewable energy self-sufficiency, the areas resulting from the two scenarios were adopted proposed for food production considering the

maximum number of possible cycles (see Table 4) optimizing, therefore, production and area utilization and measuring the difference between them in both scenarios. For the first scenario, 354m² is needed for reaching self-sufficiency in lettuces and tomatoes whereas for the second scenario, the area needed is 651m². The feasible area for food production determined in step 3 is 11,355m², thereby remaining 10,980m² in the first scenario and 10,683m² in the second one. Therefore, adding these areas to the other useful areas defined in step 3 for energy production, for the calculations 29,740m² and 29,443m² were considered, respectively.

The first scenario for food self-sufficiency for the UFRJ Technology Park has a potential for energy production of 3,039,139 kWh/year whereas the second scenario for food self-sufficiency for the UFRJ Technology Park and University Restaurant has a potential for energy production of 3,008,742 kWh/year. Details of the calculation can be found in the Supplementary Information B.

Table 7.5 shows the percentage of the potential of self-sufficiency possible in two scenarios with the renewable energy production and the total estimated energy consumption defined in Step 1. As demonstrated, the difference is insignificant; however the potential of food production is relevant, which leads to adopting the second scenario for composing of Roof Mosaic areas in the case study.

Table 7.5
Potential of renewable energy production

Scenarios	Area (m ²)	Production (kWh/year)	Self-sufficiency (%)
Self-sufficiency of UFRJ Technology Park	29,740	3,039,139	45.6
Self-sufficiency of UFRJ Technology Park + University Restaurant	29,443	3,008,742	45.2

For the potential of RWH, we used the Plugrisost® software (MORALES-PINZÓN et al., 2012, 2015), which was developed specially for modelling water harvesting systems. Data from twenty years (from 1997 to 2016) of rainfall in the region of the case study (INMET, 2017a) and the demand for non-potable water (Step 1) were used for the calculations.

As established in Step 1, it was also necessary to add the amount of water for the irrigation of the area determined for food production, making a total of 77m³/day.

The results indicate that the optimal size of the tank for RWH in the case study is 375 m³ and the system would be able to supply 43% of the demands for flushing toilets, as well as irrigation of green areas and food production.

7.3.5 Step 5: Environmental impacts

The avoided CO₂ emissions for each vector were estimated using Equations (3) (4) (5). The Nexus Emission Index (NEI) was obtained from Equation (6) using environmental information from Simapro 8.4.0.0 software with the ReCiPe Midpoint (H) V1.11 method and Ecoinvent3 database. Details of these calculations can be found in Supplementary Information C.

Table 7.6 shows the quantification of avoided CO₂ emissions considering the Roof Mosaic adopted in the case study, in which it would be possible to have a level of 100% self-sufficiency for food, with almost 14,000 kg/year of production and 29 t CO₂ eq. per year avoided. Concerning energy, considering the roof mosaic scenario, it would be possible to reach around 45% of self-sufficiency in demands with the renewable energy production of PV with approximately 3,009,000 kWh/year and almost 767 t CO₂ eq. per year avoided. Concerning water, it would be possible to obtain 43% of self-sufficiency for the consumption of non-potable water using RWH, reaching a total of 12,231 m³ and nearly 9 t CO₂ eq. per year avoided. The NEI obtained with the potential of avoided CO₂ emissions in the case study is 805 t CO₂ eq. per year.

Table 7.6
Quantification of Roof Mosaic in UFRJ Technology Park and avoided CO₂ emissions

Parameter	Units	Food		Energy	Water
		Lettuce	Tomato		
Quantity	Kg/year (F) kWh/year (E) m ³ /year (RWH)	4,600	9,200	3,008,742	12,231
Self-sufficiency	%	100	100	45.2	43
avoided CO ₂ emissions	t CO ₂ eq./year	15	13.8	767	8.5

(F) = Food, (E) = Energy, (RWH) = Rainwater harvesting

Therefore, adopting the results for maximum self-sufficiency and for fostering the nexus food-energy-water, for this case study the total feasible rooftop area used for RWH was: 30,750m².

Exclusively for RWH: 650m², RWH and Food: 651m² and RWH and PV: 29,443m² (see Figure 7.4).



Figure 7.4. UFRJ Technology Park with Roof Mosaic

7.4 DISCUSSIONS

7.4.1 Methodology and future indicators

The steps proposed in this work provide a sequence with parameters and criteria referenced by other studies. As this tool is not prescriptive, the procedures are guidelines for the identification and systematization of the information needed to

assess the potential of technology park rooftops in fostering the food-energy-water nexus. As a result, various tools can be used to obtain the data according to each situation.

In this study, the NEI considered the sum of avoided emissions in the long term as a way of providing subsidies for prioritization in decision making. However, future evaluations may include the sum of emissions generated to implement the Roof Mosaic or the inclusion of other indicators in step 5, according to the need to quantify environmental impacts.

7.4.2 Potential of case study

Concerning food, considering the results obtained, it would be possible to reach self-sufficiency of lettuce and tomatoes for fresh consumption of 3,286 persons. This demand was quantified from the current average consumption obtained by a detailed survey conducted by the Brazilian Institute for Geography and Statistics (IBGE). The survey was divided by region, age and salary range, and it was concluded that the recommended intake of vegetables is met by less than 10% of the population.

It is estimated that insufficient intake of vegetables causes an increase of obesity, 14% of gastrointestinal cancer deaths, about 31% of ischemic heart disease deaths, leading to 2.7 million annual deaths (OMS; FAO, 2005). In this context, the results of the case study showed that it would be possible to produce even larger quantities of food without significantly changing renewable energy production and RWH. This would make it possible to approximate the recommended intake, contributing in some way with the future of a country (Brazil) where the obesity rate of children under 5 years is 7.3% (FAO; OPS, 2017).

Concerning energy, the value of 45.2% of self-sufficiency in energy production was quantified based on data obtained from the UFRJ Technology Park which already reflects a search for energy efficiency in recent years, with a reduction of 26% of energy consumption from 2014 to 2015 and 15% from 2015 to 2016 (PARQUE TECNOLÓGICO UFRJ, 2016, 2017a). If this process continues, the potential of self-sufficiency could be even greater.

PBE Edifica, a Brazilian label, certifies and classifies commercial and public buildings (RTQ-C) according to their energy efficiency (A=most efficient and E=least efficient). Considering the current estimated consumption, the case study, from its bioclimatic zone, would be classified by PBE Edifica as a “C” level; when considering the potential calculated, it would change immediately to a “B” level (PROCEL, 2013).

This potential energy production obtained with PV in the case study is also relevant as only a small fraction of the potential of Brazil’s solar resources is used. According to the best scenario estimated by the World Energy Outlook (IEA, 2013), the country has a capacity to increase solar energy production, predominantly with solar photovoltaics (PV) from 0.5% in 2011 to 8.9% in 2035. Moreover, there is an incentive program (through the Normative Resolution 687/2015 (ANEEL, 2015) for micro and mini-generation of energy from renewable sources that includes photovoltaic panels.

Since this is an unprecedented study, the methods and systems for environmental assessment can contribute to the measurement of sustainable strategies to be adopted at technology parks (SALVADOR; SILVA, 2015). The Haute Qualité Environnementale (CERWAY, 2014) provides guidelines for non-residential buildings recommending that from 10% to 40% of the total energy demand should be supplied by renewable energy generation systems. Leadership in Energy and Environmental Design (US GREEN BUILDING COUNCIL, 2009) considers that from 5% to 20% of the annual energy demand of a neighborhood should come from on-site renewable energy generation, such as solar energy. In turn, the Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM ES, 2013), in its urban technical manual guidelines, recommends that 15% to 25% of the energy demand comes from on-site renewable energy production.

Concerning water, the UFRJ Technology Park has already reached 43% of water self-sufficiency for flushing toilets and irrigation (green area and food production). The park already uses a RWH system for irrigation and has implemented policies for efficient water consumption, reaching a reduction of 48% from 2014 to 2015 and 24% from 2015 to 2016 (PARQUE TECNOLÓGICO UFRJ, 2016, 2017a). As with energy, if the process of reducing water consumption continues, the potential for self-sufficiency of non-potable water could be greater and less drinking water will be needed.

It is a relevant potential compared to other international technology parks, which have adopted sustainable polices, such as the Hong Kong Science and Technology Parks Corporation, Hong Kong, which uses 30,701m³/year of RWH which corresponds to 10.5% of the total water demand (HKSTP, 2016).

These results are also relevant when compared to the Haute Qualité Environnementale (CERWAY, 2014) guidelines for non-residential buildings, which limit the use of drinking water and determine that between 10% and 50% of the water demand for toilet and irrigation purposes be supplied from alternative non-potable water sources. The Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM ES, 2013) in the urban technical manual considers at least 5% of the percentage of urban area designated to RWH.

Considering the CO₂ emissions avoided, the NEI value of approximately 805 t CO₂ eq. per year, with 88% relative to energy, is appropriate for the region and state where this case study was conducted. Although the Brazilian energy matrix mostly consists of renewable sources (MME, 2017), the electricity sector in the Southeast region accounts for 17% of the CO₂ emissions of all activities in this region (MME, 2016a) and imports 48% of its needs. The energy matrix in the state of Rio de Janeiro generates 30% of CO₂ emissions of all state activities, importing 9.4% and having only 7.3% of renewable energy (MME, 2016b).

7.4.3 Possibilities of prioritization

Roof Mosaic unify the flows involved in the food-energy-water nexus and are convenient for prioritizing the selection of a given vector, provided that the criteria established in step 3 are met. In the case study, since it is already in operation, the results for the potential of food production were divided between the rooftop of two buildings; this is because, using the most convenient area alone (the restaurant's rooftop based on the logistic criteria) would not be enough to meet the estimated area required. Therefore, part of the rooftop of a building owned by UFRJ Technology Park, the Business Center MP, was selected as it has adequate access and is located near the restaurant.

Concerning this issue, the potential for future projects of technology parks is greater since prioritization criteria for the composition of Roof Mosaic can be adopted from the beginning of the design process, when decisions are made. The most adequate choice for each vector could be related to the purpose, or to the shape, of each building, such as the production of food in restaurants as a function of logistics. Or, the prioritization of energy in buildings free from any shade and with steep slopes or high demand depending on the nature of its activity or the requirements of heating, air ventilation and cooling (HAVC) due to the bioclimatic zone, for example. Another possibility is the prioritization of water in buildings where its consumption is more relevant than that of energy; or, the prioritization of a specific vector according to avoided CO₂ emissions in a given scenario.

Moreover, some vectors in technology parks can be prioritized according to their most significant need, such as food in places with distant sources dependence, water when the technology park is located in a dry region or even energy in environments with little infrastructure or highly dependent on non-renewable sources. All these decisions can be taken using the NEI, which offers the opportunity to verify the relevance of a given option in CO₂ emissions avoided. As demonstrated in the case study, the results were already in accordance with local priorities.

7.5 CONCLUSIONS

This study contributed to procedures developed for assessing the potential of self-sufficiency in food, energy and water in technology parks already in operation and mainly to the development of a technical repertoire of sustainable strategies to be adopted by future projects of technology parks. The study also offers the NEI as an important instrument of verification and prioritization to help those responsible for technology parks committed with low environmental impact in final decision-making, for those already in operation or those being designed.

The Roof Mosaic approach applied in technological parks offers the opportunity of contributing these enterprises to a greater environmental sustainability and urban quality, becoming strategic elements in the induction of a behavior change, propagation of sustainable practices and ecological awareness.

Adopting the technique proposed in the case study demonstrated the potential for self-sufficiency of: 100% for food, with hydroponic production of lettuce and tomatoes, meeting the demand of 3,286 persons (case study and the university restaurant where it is located); 45.2% for energy, generated from PV; and 43% for water, using the RWH. The NEI presented a potential of 805 tons avoided CO₂ eq. in the case study with the largest participation by renewable energy with 767 tons CO₂ eq., 29 t CO₂ eq. per year avoided by lettuce and tomato produce and 8.5 t CO₂ eq. per year avoided with RWH.

Although the UFRJ Technology Park was not designed for such purposes, it can be observed that in the case study, the technique proposed has the potential for short and medium-term implementation in technology parks in operation, since most of its features meet the fundamental requirements, which together with other policies for consumption and maintenance control, make it possible to reach the goal of self-sufficiency.

In the search for the food-energy-water nexus in the technology parks, it was observed that there is a high probability that the higher pressure will be from energy consumption; however, the potential of renewable energy production in rooftops is also great, as is the CO₂ emissions avoided when analyzing their participation in the NEI.

The limiting factors of this study were related to the main characteristic of these enterprises: innovation, and therefore, future assessments and analyses on the potential of implementing Roof Mosaics in technology parks, in operation or being designed, together with the use of the NEI developed in this study, are necessary and could contribute to the consolidation and spread of sustainable strategies to be adopted by cities of the future.

7.6 ACKNOWLEDGMENTS

Douglas Santos Salvador would like to thank the Sostenipra Research Group at the Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals - Universitat Autònoma de Barcelona, Center of excellence in R&D “Maria de Maetzu” (MDM-2015-0552). The authors would also like to thank CAPES (Coordination for the Improvement of Higher

Education Personnel) for awarding a research scholarship and providing financial support to Douglas Santos Salvador through the following grants: PDSE (Doctorate Exchange Program) n. ° 19/ 2016/ Process n°: 88881.132959/2016-01, the National Council for Science and Technology of Mexico (CONACYT), and the Council for Science, Innovation and Technology of State of Yucatán (CONCIYTEY) for awarding a research scholarship to Ana Nadal (CVU 376044), and the Spanish Ministry of Education, Culture and Sports for the grant awarded to S. Toboso-Chavero (FPU 16/03238).

8 SISTEMATIZAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão realizadas as considerações relativas aos resultados obtidos nos capítulos 3, 4, 5, 6 e 7 e realizado a interação, compatibilização e complementação deste material para a sistematização de diretrizes e de recomendações técnicas, que apontem para uma maior sustentabilidade ambiental, na fase de concepção de eco parques tecnológicos.

8.1 IDENTIFICAÇÃO DE ESTRATÉGIAS AMBIENTALMENTE MAIS SUSTENTÁVEIS PARA AS VARIÁVEIS DE ANÁLISE, APLICÁVEIS À PARQUES TECNOLÓGICOS, NOS MÉTODOS E SISTEMAS DE CERTIFICAÇÃO E ORIENTAÇÃO AMBIENTAL

Ainda que existam técnicas específicas em cada sistema e método de certificação e orientação ambiental verificado, de modo geral, é possível notar similaridades no tratamento dado às variáveis de análise. Isto indica que o embasamento técnico destas ferramentas possui referências teóricas afins e fundamentadas nos preceitos da sustentabilidade ambiental.

Esta constatação primeiramente é proveniente dos resultados obtidos a partir da identificação das estratégias arquitetônicas e urbanísticas de menor impacto ambiental, para as variáveis deste estudo, a partir da análise dos métodos de certificação e orientação ambiental *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), *Haute Qualité Environnementale* (HQE) e *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM).

Decorrido algum tempo após a realização desta etapa metodológica, que produziu o artigo científico apresentado no Capítulo 4, a associação *Green Building Council España* desenvolveu e propôs o método para avaliação e certificação ecológica VERDE DU Polígonos. Por tratar-se de um instrumento pioneiro para empreendimentos de grande porte, optou-se por também verificar as medidas prescritas, para as variáveis de análise, no Guia para o Avaliador Certificado deste instrumento (GBCE, 2016). O quadro 8.1 apresenta esta análise de modo sintético:

Quadro 8.1 - Principais estratégias do VERDE DU Polígonos para as variáveis

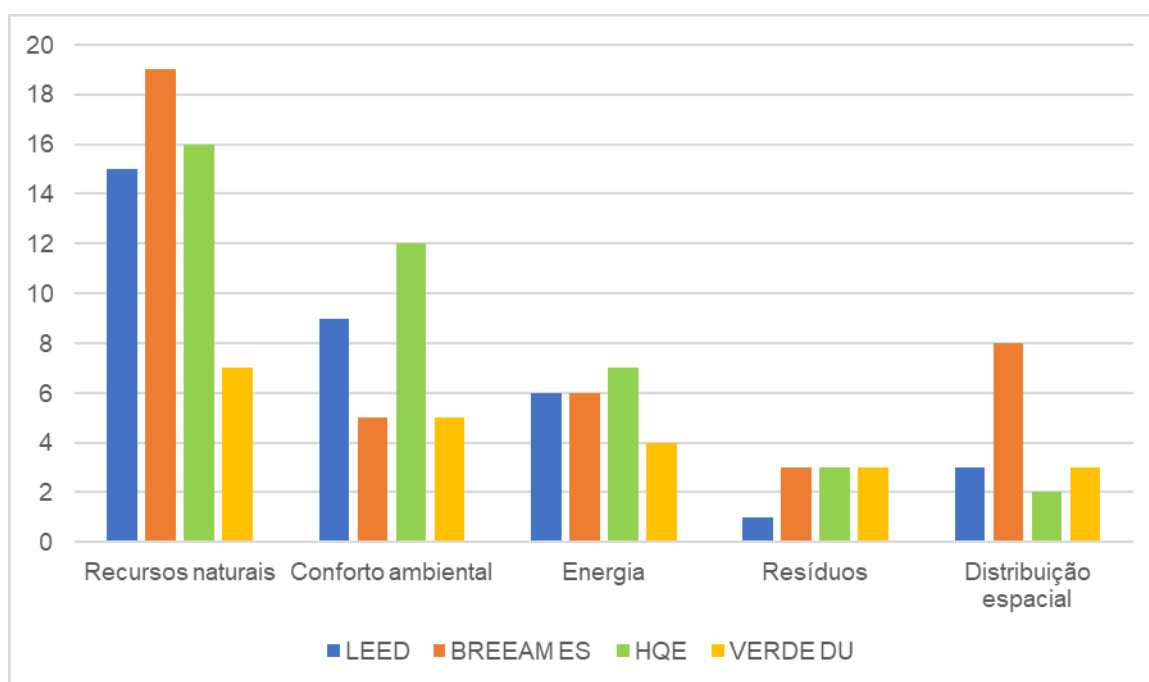
Recursos Naturais	<ul style="list-style-type: none"> • Área verde com, no mínimo, 20% de espécies nativas e pelo menos 10% a mais do exigido na legislação urbanística; • Redução de água potável para irrigação de, no mínimo, 50%, com o reuso das águas pluviais para esta atividade, bem como, para a limpeza de ruas; • Sistemas de monitoramento para gestão eficiente; • Prevenção da contaminação das águas subterrâneas; • Sistema de separação de contaminantes para as águas coletadas nas áreas pavimentadas; • Redes separadas de AP e esgoto; • Implantação que favoreça a hidrologia natural do terreno
Conforto Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Redução do fluxo luminoso da iluminação exterior; • Área pavimentada com, no mínimo, 75% de material fono absorvente; • Perímetro do empreendimento composto com pelo menos 50% de barreiras acústicas, taludes e/ou jardins verticais; • \sum áreas sombreadas + áreas de pavimentos permeáveis + áreas de estruturas arquitetônicas = \geq 25% da área total livre do terreno.
Energia	<ul style="list-style-type: none"> • Motores de alta eficiência energética; • Monitoramento remoto para os sistemas de bombeamento; • Produção de energia renovável para a maior autossuficiência possível; • Sistema de produção e distribuição de energia comunitário.
Resíduos	<ul style="list-style-type: none"> • Pontos de coleta seletiva nas áreas com maior afluência de pessoas. • Espaço para coleta seletiva de resíduos perigosos. • Ponto para coleta de restos de poda e de jardinagem (no mínimo 1).
Distribuição Espacial	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar implantar em áreas nas quais não houve transformação prévia; • Recuperação de áreas passíveis de descontaminação; • Reaproveitamento de terrenos previamente ocupados (requalificação urbana).

Fonte: Elaborado pelo autor a partir

A partir desta análise, foi possível reforçar o que se havia inicialmente constatado a respeito da forma de tratamento das variáveis nos outros sistemas e métodos, possibilitando ainda, a complementação e atualização de algumas estratégias para a conclusão da sistematização, atendendo o disposto no estágio final da metodologia.

Com base na verificação final destes instrumentos e ferramentas de avaliação ambiental, foram identificadas 137 estratégias relativas às variáveis de análise. O gráfico 8.1 demonstra a participação quantitativa de cada uma nos sistemas e métodos:

Gráfico 8.1 – Número de estratégias aplicáveis a parques tecnológicos identificadas no LEED, BREEAM ES, HQE e VERDE DU Polígonos



Fonte: Elaborado pelo autor

Nota-se que todas as variáveis de análise estão presentes nos sistemas e métodos de certificação e orientação ambiental definidos para este estudo, com os recursos naturais apresentando o maior número de diretrizes, 57 no total, através de estratégias que incluem a minimização do consumo de água potável; o reuso das águas pluviais e residuais para fins não potáveis; sistemas de tratamento de esgoto no local; a maximização de áreas verdes em coberturas, fachadas e pisos; o

controle dos processos de erosão; a redução de áreas impermeáveis; a utilização de espécies vegetais nativas e a prevenção da contaminação dos corpos d'água.

Já para o conforto ambiental, são 31 recomendações com o predomínio de medidas que buscam o conforto térmico, principalmente através do estudo minucioso das condicionantes naturais - como a orientação solar e a ventilação natural - e da vegetação como instrumento de minimização das temperaturas. Isto demonstra a busca pela otimização das estratégias projetuais passivas como forma de se obter um melhor desempenho das edificações, que irá se refletir na redução da demanda e consumo energético dos sistemas de resfriamento e aquecimento.

Com relação à energia, identificou-se 23 proposições que fundamentalmente visam a obtenção de eficiência energética, como maximização da luz natural, dispositivos de sombreamento, controle da iluminação artificial e redução da demanda energética. Destaca-se a presença em todos os métodos e sistemas da proposição de geração de energia a partir de fontes renováveis e não poluentes, inclusive visando a maior autossuficiência possível.

No que se refere aos resíduos, são 10 estratégias, que de modo geral, sugerem a necessidade de setores específicos para armazenamento de acordo com a classificação, identificados e em locais estratégicos, com a reciclagem dos possíveis no próprio local.

Concernente à distribuição espacial, somam-se 16 recomendações com a maior parte dos sistemas e métodos indicando que a implantação de um empreendimento aconteça em uma área previamente urbanizada ou próxima a ela, de modo a utilizar-se a infraestrutura urbana existente. Também propõem como um dos critérios de ocupação a relevância ecológica da área, como forma de preservar, recuperar e promover o meio ambiente, apontam a verticalização para compactação do programa de necessidades e a requalificação urbana como elemento norteador na tomada de decisão da localização do empreendimento.

8.2 ANÁLISE DOS PARQUES TECNOLÓGICOS SELECIONADOS

De modo geral, a análise dos parques tecnológicos que se propõem, de algum modo, a mitigar os impactos ambientais demonstrou que a maioria das estratégias e soluções empregadas nas variáveis de análise, estão em conformidade com as proposições e orientações dos sistemas e métodos de certificação e orientação ambiental delimitados para este estudo, o que atesta a busca por uma maior qualidade ambiental.

A avaliação do Parque Eco Tecnológico Damha em São Carlos permitiu observar que, ainda que um empreendimento desta natureza busque de alguma forma contribuir com uma maior sustentabilidade ecológica – o que é um ponto favorável – para que se atinja este objetivo, de modo eficaz, é necessário propor soluções que propiciem condições ambientalmente mais vantajosas e benéficas do que as anteriores à sua implantação, colaborando para a preservação, melhoria e recuperação das condições ambientais.

Notou-se que alguns possuem medidas para um uso mais sustentável do território essencialmente associadas à gestão dos recursos naturais, a eficiência energética, geração e destinação dos resíduos, na fase de operação, como o Parque Tecnológico e Logístico de Vigo e o Parque Científico e Tecnológico de Biscaia. Embora nem sempre estejam ligadas diretamente ao emprego prévio de estratégias projetuais mais sustentáveis, podem provocar reflexos indiretos, pois a observação destes fenômenos fornece importantes subsídios para as futuras concepções. A partir da análise dos mecanismos e procedimentos adotados, cria-se a oportunidade do surgimento de novos empreendimentos com a adoção de estratégias projetuais referenciadas pela performance de uma gestão mais eco eficiente.

No geral, verificou-se uma predominância de estratégias empregadas na variável recursos naturais, seguida por energia e conforto ambiental, sendo que, as relativas a esta última variável estão sobretudo relacionadas ao conforto térmico, com efeitos diretos na demanda e consumo energético.

Também se observou que, em todos, há um edifício de propriedade do parque tecnológico, que serve como referencial de desempenho para as futuras empresas

que se instalarão, no qual estão aplicadas as estratégias arquitetônicas de baixo impacto ambiental. Nota-se isto no Parque Eco Tecnológico Damha em São Carlos e no Parque Científico e Tecnológico para o Meio Ambiente de Turim com os edifícios administrativos, no Parque Tecnológico e Logístico de Vigo com o edifício de serviços, que inclusive possui a certificação BREEAM, e no Parque Científico e Tecnológico de Biscaia com o Centro de Interpretação da Tecnologia (BTEK) e o edifício 612, primeiro edifício de escritórios e laboratórios certificado LEED na Comunidade Autônoma do País Basco.

Entretanto, de todos os objetos empíricos verificados neste estudo, o Parque Científico e Tecnológico para o Meio Ambiente de Turim, embora não se defina como um eco parque tecnológico, foi o que mais se aproximou neste universo de análise, em função das estratégias arquitetônicas e urbanísticas de baixo impacto ambiental já presentes na sua concepção projetual, desde a sua inserção no âmbito do projeto de requalificação urbana *Spina Centrale*¹⁴, localizando-se no setor denominado *Spina 3*, uma área conhecida no século passado como o “cinturão do aço” por abrigar os grandes fabricantes italianos da indústria automobilística.

Muitas das soluções neste empreendimento estão vinculadas à água, que impacta positivamente na gestão dos recursos naturais e geração de energia renovável para uma maior autossuficiência. Para tal, o elemento central é o Rio Dora Riparia, que passa próximo ao empreendimento e fornece a água que é aplicada em diversas atividades neste parque tecnológico, sendo primordiais a compreensão e o monitoramento constante das condições climáticas na dinâmica da utilização deste recurso, bem como o planejamento adequado para as oscilações, advindas de fatores meteorológicos, na produção de eletricidade da mini usina hidrelétrica idealizada e executada pelo empreendimento.

¹⁴Trata-se de uma grande área da cidade de Turim por onde passava uma linha ferroviária e que foi objeto de uma transformação urbana.

8.3 POTENCIAL PARA IMPLEMENTAÇÃO DO ROOF MOSAIC (NEXO ALIMENTO, ENERGIA E ÁGUA)

Esta estratégia tem potencial para ser aplicada nas coberturas dos edifícios de um parque tecnológico, contribuindo para uma maior autossuficiência, a partir da produção de alimentos - preferencialmente com o uso de técnicas hidropônicas (como forma de se reduzir a carga estrutural nos edifícios) - e de acordo com os hábitos alimentares onde o empreendimento será inserido. Também para a geração de energia a partir de fontes renováveis, adotadas de acordo com cada contexto (placas fotovoltaicas no caso do Brasil), e reutilização de águas pluviais para fins não potáveis (higienização e irrigação).

As variáveis de análise relativas ao emprego do *Roof Mosaic*, apresentaram um comportamento em consonância com as recomendações para as mesmas nos métodos e sistemas verificados e com práticas que já são adotadas para água e energia pelos parques tecnológicos analisados. Isto demonstra que esta técnica está em sintonia com as diretrizes de sustentabilidade ecológica e, a partir de uma visão mosaico, permite a integração de estratégias pertencentes à distintas variáveis, otimizando o desempenho ambiental do empreendimento através do uso mais eficiente das edificações.

A verificação das possíveis relações entre as variáveis de análise e os vetores – água, alimento e energia - na composição do *Roof Mosaic* para parques tecnológicos, auxilia na inserção desta estratégia na sistematização final das estratégias para eco parques tecnológicos.

Os vetores alimento e água estão relacionados com o recurso água, na medida em que a reutilização de águas pluviais, para fins não potáveis, possibilita a irrigação hidropônica, irrigação paisagística, lavagens gerais e utilização nos sanitários e vestiários (bacias e mictórios). Especificamente o vetor alimento também se relaciona com o recurso vegetação, já que os cultivos propiciam área verde nas coberturas.

Os vetores alimento e energia estão associados à melhores condições internas e externas de conforto térmico, uma vez que os cultivos hidropônicos envolvem a absorção de calor e CO₂, contribuindo para a redução dos efeitos da ilha de calor, e determinados sistemas de geração de energia renovável, como os painéis

solares e fotovoltaicos, além da captação da radiação, também propiciam um sombreamento na cobertura.

Particularmente o vetor energia está diretamente ligado à variável de análise energia através da busca pela eficiência energética e maior autossuficiência através da geração a partir de fontes alternativas renováveis e não poluentes.

Portanto, o *Roof Mosaic* deve constar como uma estratégia projetual pertinente as variáveis recursos naturais, conforto ambiental e energia, com a sua composição final definida com a aplicação do *Nexus Emission Index* (NEI) que avaliará o potencial de emissões de CO₂ para cada solução proposta, permitindo-se priorizar determinado vetor de acordo com cada contexto.

8.4 ESTRATÉGIAS PROJETUAIS PARA ECO PARQUES TECNOLÓGICOS

Os resultados desta investigação foram integrados, compatibilizados e sistematizou-se, para cada variável de análise, quais estratégias projetuais que apontam para uma maior sustentabilidade ambiental e, portanto, podem ser recomendadas e servir de diretrizes norteadoras para a concepção e caracterização de um eco parque tecnológico.

O quadro 8.2 apresenta as proposições para a variável recursos naturais e observa-se que muitas destas estão atreladas direta ou indiretamente à água - com aproximadamente 50% do total relativas à diminuição da demanda, ao tratamento das águas residuais e ao reuso de águas pluviais para fins não potáveis - o que demonstra a relevância deste recurso para um desempenho ambiental em sintonia com as diretrizes de sustentabilidade ecológica e com o nexos alimento, energia e água.

Quadro 8.2 – Estratégias para eco parques tecnológicos: recursos naturais

Recursos Naturais (solo, água, vegetação e ar)	
Estratégia	Referencial Teórico
<ul style="list-style-type: none"> • Erosão laminar, eólica e saturação do solo: recomposição de área verde associada às medidas específicas. • Erosão nos canais: diques por gravidade ou construídos e gabiões. • Perda de material orgânico: adição de resíduos sólidos urbanos e plantação de vetiver (família das gramíneas). • Concepção projetual que leve em consideração a hidrologia natural do terreno. • Permitir a infiltração parcial das águas pluviais diretamente no solo. • Infraestrutura verde, como valas de infiltração com vegetação e jardins para captação de águas pluviais. • Sistemas que integrem tratamentos naturais aos mecânicos no escoamento das águas pluviais, tais como filtros de vegetação, <i>wetland</i> construído e canais abertos. • Reuso de águas pluviais, residuais e das condensadoras do ar condicionado para fins não potáveis – aparelhos sanitários, irrigação, limpeza das ruas - de no mínimo 50% da demanda total de água. • Utilização de fontes alternativas de água (poços, lagos, rios entre outros), de acordo com as condições, normativas e legislações específicas. • Reuso de águas pluviais e de águas residuais no tratamento de esgoto sanitário. • Reservatório para armazenamento de águas pluviais de 40% a 60% do volume do consumo total de água. • Sistemas de tratamento, espaços físicos e identificação adequados no reuso das águas pluviais, águas residuais e fontes alternativas de água do próprio empreendimento. • Medidores individuais de água de acordo com a tipologia do empreendimento. • Sistemas de monitoramento – detectores de fuga, de proximidade, controle de poluição acidental e medidores inteligentes – para 	<p>LEED e BREEAM ES</p> <p>LEED e BREEAM ES</p> <p>BREEAM ES</p> <p>VERDE DU</p> <p>LEED e HQE</p> <p>LEED</p> <p>LEED</p> <p>LEED, BREEAM ES, HQE e VERDE DU</p> <p>LEED e HQE</p> <p>LEED e HQE</p> <p>HQE</p> <p>HQE</p> <p>BREEAM</p> <p>LEED, BREEAM ES, HQE e VERDE DU</p>

gestão eficiente do consumo de água e redução da sua demanda.	VEDE DU
• Redes separadas de águas pluviais e de esgoto sanitário.	LEED e HQE
• Sistema de tratamento de esgoto sanitário no próprio local.	HQE
• Minimização das superfícies impermeabilizadas, com no máximo 65% da área total.	LEED e HQE
• Maximização da pavimentação permeável.	LEED, BREEAM ES, HQE e VERDE DU
• Paisagismo com espécies que tenham as necessidades hídricas satisfeitas com a pluviometria anual local e com no mínimo 20% sendo nativas.	VERDE DU
• Área verde em praças, caminhos, estacionamentos e demais com pelo menos 10% a mais do exigido na legislação urbanística e/ou ambiental.	HQE
• Estacionamentos e coberturas com no mínimo 50% de área verde do seu total.	HQE
• Fachadas com no mínimo 10% de área verde do seu total.	BREEAM ES
• Reduzir e/ ou eliminar as fontes de contaminação internas e externas do ar.	
• Utilização da técnica <i>Roof Mosaic</i> nas coberturas dos edifícios, contribuindo para a maior autossuficiência possível no consumo de água a partir da reutilização de águas pluviais para fins não potáveis e para irrigação dos cultivos de alimentos (em cada edifício ou utilizado o empreendimento como um todo na composição, ou seja, cada cobertura corresponde à um vetor).	Nexo AEA

Fonte: Elaborado pelo autor

O quadro 8.3 apresenta as proposições para a variável conforto ambiental, e verifica-se que maioria das diretrizes, 59%, estão associadas ao conforto térmico, o que denota uma preocupação com a minimização da demanda energética proveniente principalmente dos sistemas de resfriamento, provocando impactos diretos na variável de análise energia.

Quadro 8.3 – Estratégias para eco parques tecnológicos: conforto ambiental

Conforto Ambiental	
Estratégia	Referencial Teórico
<ul style="list-style-type: none"> • Otimizar a orientação solar. • Potencializar os ventos naturais de modo a contribuir para o conforto térmico sem necessariamente utilizar-se sistemas mecânicos de resfriamento. • Considerar as variações de estação e condições climáticas. • Técnicas de paisagismo que reduzam a absorção de calor, como a utilização das sobras das árvores. • Área pavimentada com revestimento que produza uma superfície mais clara e com no mínimo 75% de material fono absorvente. • A soma das áreas de sombreamento (árvores e outros elementos), mais com as de pavimentação permeável, mais com as das estruturas arquitetônicas (materiais com alta refletividade) devem totalizar no mínimo 25% da área total livre do terreno. • Estacionamento com pavimentação em grelha com vegetação no interior. • Cobertura com telhado verde. • Ventilação cruzada e efeito chaminé. • Sistemas híbridos que combinem o uso de ventilação mecânica (automatizados e providos de controle manual) com ventilação natural. • Setorização dos espaços a partir da demanda e comportamento térmico. • Máximo isolamento térmico (materiais certificados) nos componentes do edifício. • Permitir a permeabilidade do ar nos edifícios através de caminhos que proporcionem o fluxo natural do ar. • Perímetro do empreendimento com no mínimo 50% de barreiras acústicas, taludes e jardins verticais como forma de contribuir para o conforto acústico. • Localização e setorização que proporcione o conforto acústico. • Redução do fluxo luminoso da iluminação exterior como forma garantir mais conforto lumínico. • Utilização da técnica <i>Roof Mosaic</i> nas coberturas dos edifícios, contribuindo para a redução dos efeitos da ilha de calor, através dos cultivos, e promovendo o conforto térmico no interior da edificação a partir do sombreamento promovido pelos painéis fotovoltaicos nas coberturas. 	<p>LEED, BREEAM ES, HQE e VERDE DU</p> <p>LEED, BREEAM ES e HQE</p> <p>BREEAM ES e HQE</p> <p>LEED</p> <p>LEED e VERDE DU</p> <p>VERDE DU</p> <p>LEED</p> <p>LEED</p> <p>LEED e HQE</p> <p>LEED e HQE</p> <p>HQE</p> <p>BREEAM ES</p> <p>LEED e HQE</p> <p>VERDE DU</p> <p>BREEAM ES</p> <p>VERDE DU</p> <p>Nexo AEA</p>

Fonte: Elaborado pelo autor

O quadro 8.4 está relacionado com a variável energia, para a qual as estratégias estão fundamentalmente ligadas à produção de energia a partir de fontes alternativas renováveis e não poluentes. Também se destacam medidas para obtenção de eficiência energética, que por vezes assemelham-se as de conforto térmico, e as associadas à gestão na sua utilização, através da economia e conscientização. Estas proposições têm efeitos diretos na aplicação da abordagem *Roof Mosaic*, pois definem os sistemas a serem aplicados, como os painéis fotovoltaicos, e com a redução do consumo energético, possibilitam a maior otimização das coberturas a serem empregadas o nexu alimento, energia e água.

Quadro 8.4 - Estratégias para eco parques tecnológicos: energia

Energia	
Estratégia	Referencial Teórico
<ul style="list-style-type: none"> • Geração de energia a partir de fontes renováveis e não poluentes, de baixa ou zero emissão de carbono, tais como: solar, eólica, mini hidrelétrica, geotérmica, biomassa e biogás. 	LEED, BREEAM ES, HQE e VERDE DU
<ul style="list-style-type: none"> • Demanda elétrica dos edifícios para funcionamento dos sistemas de aquecimento, resfriamento, iluminação e abastecimento de água com no mínimo 40% suprida por energias renováveis. 	BREEAM
<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivos no edifício que contribuam para a eficiência energética: sombreamentos automatizados e/ou passivos (fotocélulas automáticas), controle e redução da iluminação artificial, temporizador e sensores de luz natural para a iluminação externa. 	LEED e BREEAM ES
<ul style="list-style-type: none"> • Superfícies envidraçadas com materiais de alto desempenho e índice de reflexão e estrategicamente posicionadas conforme a orientação solar e morfologia dos edifícios. 	LEED e HQE
<ul style="list-style-type: none"> • Maximização da iluminação natural diurna. 	BREEAM ES
<ul style="list-style-type: none"> • Equipamentos de alta eficiência energética para o funcionamento dos sistemas prediais (ex.: motores, sistemas de refrigeração, bombas, máquinas e demais). 	BREEAM ES e VERDE DU
<ul style="list-style-type: none"> • Utilização da técnica <i>Roof Mosaic</i> nas coberturas dos edifícios, contribuindo para a maior autossuficiência possível no consumo energético, a partir da geração de energia renovável, a partir de placas fotovoltaicas nos parques tecnológicos brasileiros (em cada edifício ou utilizado o empreendimento como um todo na composição, ou seja, cada cobertura corresponde à um vetor). 	Nexo AEA

Fonte: Elaborado pelo autor

O quadro 8.5 demonstra as proposições para a variável resíduos, na qual é possível observar a importância do dimensionamento, localização e identificação apropriados, bem como os altos níveis sugeridos de reciclagem de resíduos sólidos urbanos e perigosos (quando for o caso para este último). Destaca-se ainda a forma como podem gerar energia, por exemplo, a produção de biogás a partir de resíduos orgânicos ou restos de poda para o aquecimento de caldeiras.

Quadro 8.5 - Estratégias para eco parques tecnológicos: resíduos

Resíduos	
Estratégia	Referencial Teórico
<ul style="list-style-type: none"> • Espaços adequados (dimensionamento e identificação) nas áreas com maior fluxo de pessoas, para os pontos de coleta seletiva de resíduos urbanos recicláveis. 	LEED, BREEAM ES e HQE
<ul style="list-style-type: none"> • Espaços adequados (dimensionamento e identificação) em locais convenientes para coleta seletiva de resíduos perigosos. 	HQE e VERDE DU
<ul style="list-style-type: none"> • Reciclagem de no mínimo 50% do total dos resíduos. 	BREEAM ES
<ul style="list-style-type: none"> • Espaços adequados (dimensionamento e identificação) para resíduos orgânicos, compartilhados para lotes menores que 200m² e individualizados para as demais situações, interligados à uma área de compostagem alternativa, para por exemplo, geração de biogás. 	BREEAM ES
<ul style="list-style-type: none"> • No mínimo um ponto apropriado para coleta de restos de jardinagem e poda. 	VERDE DU

Fonte: Elaborado pelo autor

Pertinente a variável distribuição espacial, sob o ponto de vista da qualidade urbana e ambiental, no quadro 8.6 percebe-se a preocupação com a mobilidade, expansão e preservação, através da preferência pela implantação em áreas de urbanização consolidada (como forma de utilização da infraestrutura existente), a possibilidade de servir como um instrumento de requalificação urbana, e a promoção de uma ocupação territorial que não agrida uma área de valor ecológico.

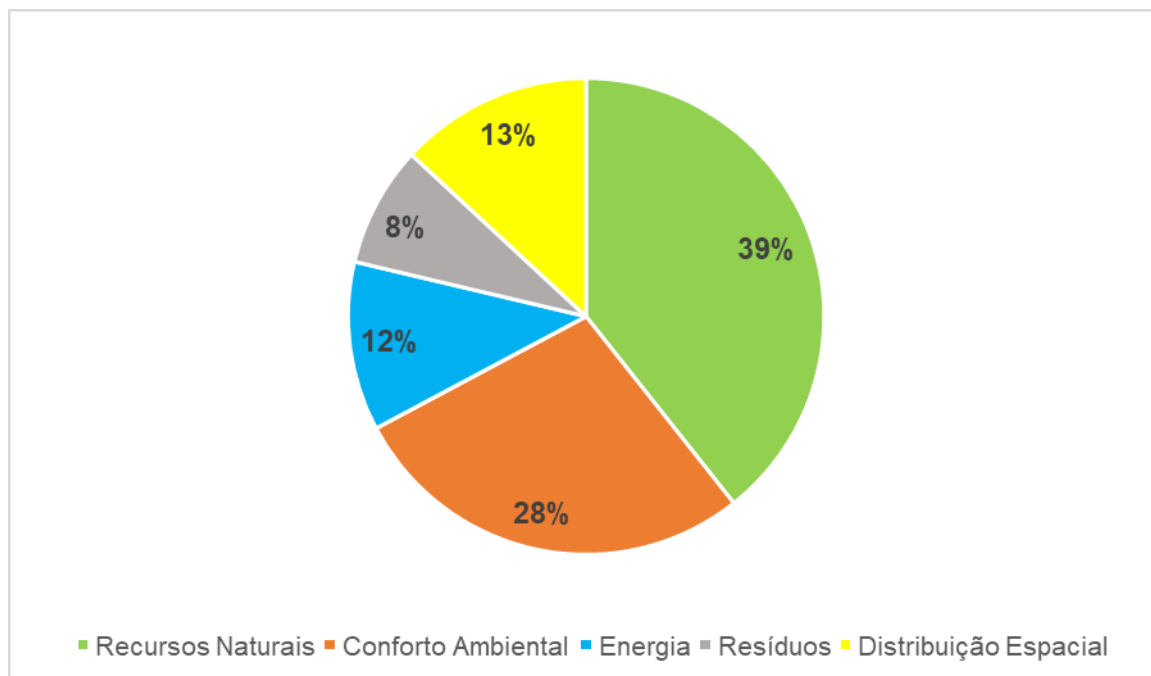
Quadro 8.6 - Estratégias para eco parques tecnológicos: distribuição espacial

Distribuição Espacial	
Estratégia	Referencial Teórico
<ul style="list-style-type: none"> • Implantação do empreendimento em áreas previamente urbanizadas (nos últimos 50 anos). 	LEED, BREEAM E VERDE DU
<ul style="list-style-type: none"> • Localização em áreas urbanas com diversidade de serviços e acesso de pedestres, diminuindo a necessidade de deslocamentos. 	BREEAM ES
<ul style="list-style-type: none"> • Possibilidade de contribuir para a requalificação urbana com a implantação em terrenos previamente ocupados e em áreas degradadas. 	VERDE DU
<ul style="list-style-type: none"> • A urbanização da área protege, conserva e melhora os elementos e condições que propiciam o valor ecológico dentro e limítrofe ao empreendimento. 	BREEAM ES
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar a possibilidade de criação de corredores ecológicos em áreas vizinhas. 	BREEAM ES e HQE
<ul style="list-style-type: none"> • Concepção de um habitat com valor ecológico para o local, preservando e melhorando a biodiversidade. 	BREEAM e HQE
<ul style="list-style-type: none"> • Ocupação próxima a áreas que permitam a otimização de estratégias que envolvam fontes renováveis locais. 	HQE
<ul style="list-style-type: none"> • Verticalização do programa e compactação da forma dos edifícios. 	LEED

Fonte: Elaborado pelo autor

O gráfico 8.2 demonstra a porcentagem de participação possível para cada variável, com as suas estratégias arquitetônicas e urbanísticas propostas, na concepção de eco parques tecnológicos.

Gráfico 8.2– Percentual de participação possível das estratégias para cada variável analisada em um eco parque tecnológico



Fonte: Elaborado pelo autor

Há o predomínio da variável recursos naturais com 39%, o que demonstra a importância de um eco parque tecnológico aprofundar-se na compreensão das condicionantes e determinantes do território onde será inserido, de modo a gerenciar e potencializar a utilização dos componentes desta variável – solo, água, vegetação e ar - na concepção projetual.

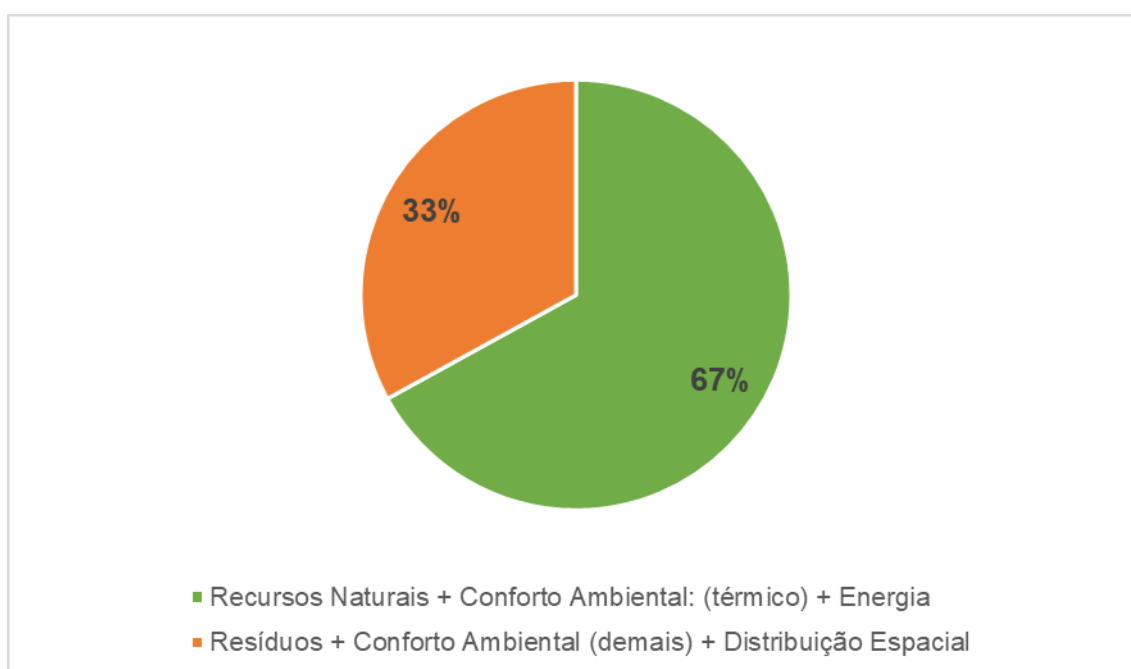
Na sequência está a variável conforto ambiental, com 26% e que, conforme exposto anteriormente, tem a maioria das suas estratégias associadas ao conforto térmico, representando 16% do total de diretrizes para a concepção de um eco parque tecnológico e que produzirá reflexos diretos na variável energia, que por sua vez contabiliza 12% do total de recomendações.

Somadas as estratégias correlacionadas às questões energéticas, totaliza-se 28% das proposições e embora este montante envolva duas variáveis e não supere o percentual de diretrizes propostas para os recursos naturais, é de uma abrangência maior e relevante para a sustentabilidade ambiental no meio urbano, que atualmente é responsável por 70% do consumo de energia (UNESCO, 2014).

Por exemplo, uma única recomendação - a geração de energia renovável e não poluente – pode colaborar na busca pela autossuficiência destes empreendimentos e ainda surge a possibilidade de distribuição de um eventual excedente para o seu entorno, minimizando a demanda energética local, que mostra a relevância da questão energética para a concepção e caracterização de um eco parque tecnológico.

O gráfico 8.3 demonstra a participação das três variáveis: recursos naturais, conforto ambiental - no que se refere ao conforto térmico - e energia, que respondem por 67% do total das proposições.

Gráfico 8.3 – Percentual de participação dos recursos naturais, conforto térmico e energia nas estratégias em um eco parque tecnológico

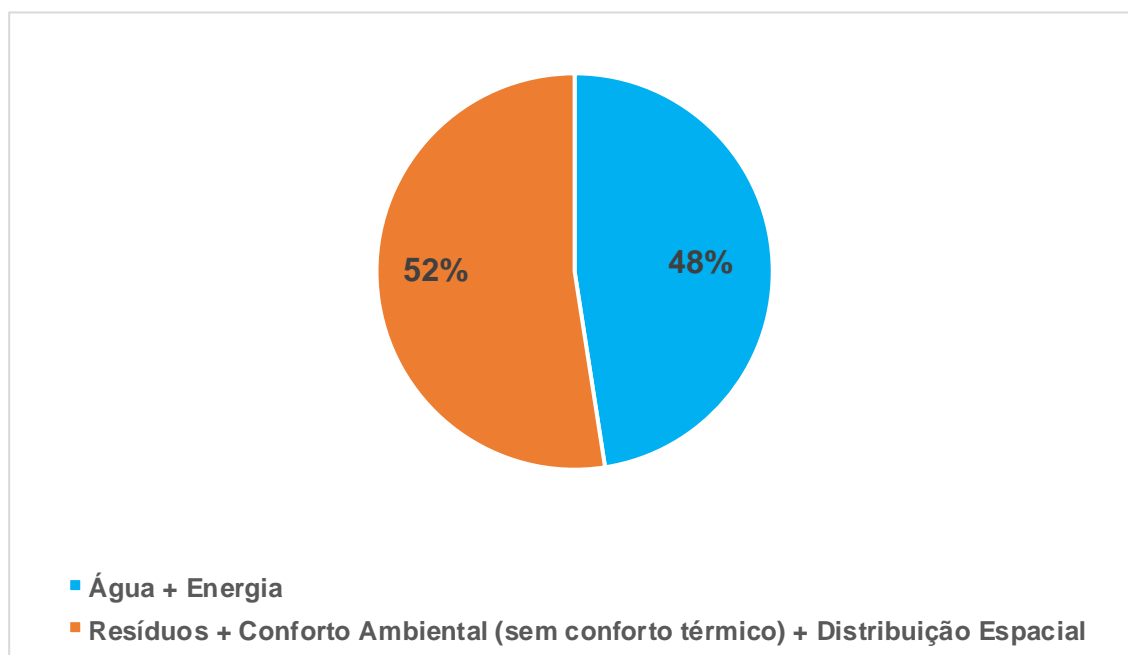


Fonte: Elaborado pelo autor

A partir disto, o gráfico 8.4 apresenta a participação específica do recurso água nas estratégias que envolvem a variável recursos naturais, totalizando 12 proposições, que somadas as relativas à energia – oriundas das variáveis conforto, no tocante ao térmico, e energia - resultam em aproximadamente 48% do total de estratégias projetuais. Isto indica o potencial de contribuição de eco parques tecnológicos em um cenário global onde 80% das águas residuais são reintroduzidas diretamente no ecossistema sem tratamento ou reutilização (UNESCO, 2017), a escassez de água afeta uma em cada quatro pessoas (WHO,

2012), os sistemas de geração de energia necessitam de transformação em função das mudanças climáticas, já que são responsáveis por dois terços do total de emissões dos gases de efeito estufa e 80% de CO₂ (IEA, 2018), bem como o seu potencial para a adoção do nexo alimento, energia e água.

Gráfico 8.4 – Percentual de estratégias projetuais em um eco parque tecnológico que envolvem o recurso água e aspectos relacionados à energia



Fonte: Elaborado pelo autor

Ainda a este respeito, ao se analisar isoladamente as diretrizes e recomendações técnicas sistematizadas, sem levar em consideração as que envolvem a técnica *Roof Mosaic*, é possível observar que 8 são abordadas pela maioria dos sistemas e métodos de certificação e orientação ambiental, bem como são utilizadas pelos parques tecnológicos analisados. Destas, 3 são pertinentes à variável recursos naturais (especificamente com relação a água): reuso de águas pluviais para fins não potáveis, gestão do consumo e diminuição da demanda. Outras 3 são relativas aos aspectos energéticos, através das variável conforto - no que se refere ao térmico – e energia: busca pela melhor orientação solar, utilização dos ventos naturais, e geração de energia a partir de fontes renováveis e não poluentes. A variável resíduos conta com 1, com o correto dimensionamento e identificação dos espaços para os pontos de coleta seletiva e a variável distribuição espacial também com 1 relativa à implantação do parque tecnológico em uma área previamente urbanizada.

Portanto, a caracterização de um eco parque tecnológico está primordialmente relacionada com a adoção de estratégias que potencializam o aproveitamento dos recursos naturais, sobretudo a água, maximizam a eficiência energética e adotam o nexo alimento, energia e água, com a utilização do *Nexus Index Emission* (NEI) como instrumento de tomada de decisão final na composição mosaico nas coberturas dos seus edifícios, buscando a maior autossuficiência possível e contribuindo para melhores condições ambientais do seu entorno e redução das emissões de CO₂ na atmosfera.

Deste modo, estes empreendimentos também contribuirão na promoção do metabolismo circular das cidades, conceito proposto pelo campo da ecologia urbana (GIRARDET, 1992 *apud* GUMUCHDJIAN; ROGERS, 2012), no qual as entradas de alimentos, energia e mercadorias são minimizadas e as saídas como os resíduos orgânicos e inorgânicos são reciclados, reintroduzidos nas entradas e reduzidos.

9 CONCLUSÃO

Este estudo procurou contribuir para a elaboração de um repertório técnico-conceitual com recomendações e diretrizes referenciadas por estratégias mais sustentáveis ambientalmente para futuras concepções de eco parques tecnológicos. Não se tratam de elementos prescritivos e sim orientações gerais sobre quais proposições podem ser adotadas para que estes empreendimentos possam se caracterizar como tal e tenham um sólido desempenho ambiental em consonância com as diretrizes da sustentabilidade ecológica. Foram sistematizadas 24 proposições para recursos naturais, 17 para conforto ambiental, 7 para energia, 5 para resíduos e 8 para distribuição espacial, totalizando 61 estratégias projetuais sugeridas para eco parques tecnológicos.

A análise dos sistemas e métodos de certificação e orientação ambiental consolidados e de abrangência internacional LEED, BREEAM ES, HQE e VERDE DU Polígonos colaborou com a identificação de mais de 130 soluções preliminares, entre critérios, orientações e medidas de desempenho para as variáveis de análise, para as quais observou-se que existem semelhanças no tratamento dado por estes instrumentos de avaliação, sobretudo, com relação aos recursos naturais e energia, nos quais a otimização, potencialização e uso eficiente são primordiais. Ainda que alguns façam uma avaliação mais direta com um sistema de pontuação objetivo e outros orientem atribuindo conceitos, todos propõem através de seus manuais um vasto repertório técnico de estratégias e medidas mais sustentáveis ecologicamente, que independentemente de aspirar-se qualquer nível de certificação, proporcionam subsídios para a adoção de medidas, de acordo com cada situação específica, na elaboração de projetos arquitetônicos e urbanísticos com qualidade ambiental.

A análise de quatro parques tecnológicos que se propõem a mitigar os impactos ambientais, sendo um no Brasil, um na Itália e dois na Espanha, permitiu observar que para a concepção de um eco parque tecnológico deve-se ir além das tradicionais práticas mais sustentáveis - que já é um indicador favorável, pois demonstra uma preocupação com as questões ecológicas - para soluções que efetivamente propiciem elevados níveis de performance ambiental do empreendimento com benefícios ecológicos para o seu entorno, propiciando

melhores condições do que as anteriores a sua implantação. Também se verificou que é possível conciliar o desenvolvimento tecnológico com o sustentável, com uma gestão mais eco eficiente e utilizando a inovação na elaboração de estratégias que preservem, melhorem e recuperem o ambiente natural.

A avaliação do potencial de parques tecnológicos brasileiros para a adoção da abordagem *Roof Mosaic*, possibilitou inserir estes empreendimentos em uma das discussões atuais mais relevantes para o desenvolvimento sustentável – o nexo alimento, energia e água – e propiciou a integração da noção de autossuficiência na caracterização de um eco parque tecnológico. Com a análise de um objeto de estudo em operação apontando resultados potenciais significativos, existe a possibilidade de melhores desempenhos logo que estas interrelações estejam presentes no início da concepção projetual e futuras avaliações permitirão o aperfeiçoamento desta técnica, bem como a inclusão de outros indicadores de sustentabilidade para além das emissões de CO₂ evitadas. Desta forma será possível planejar eco parques tecnológicos específicos para cada zoneamento bioclimático e contexto ambiental, como por exemplo, maior autossuficiência em água para regiões mais secas ou em energia em locais dependentes de fontes não renováveis.

Algumas estratégias necessitam de uma verificação prévia à sua aplicação com um maior aprofundamento nos estudos projetuais iniciais, de acordo com cada situação específica, inclusive para opção ou não por determinada solução, que podem requerer a realização de estudos interdisciplinares. As que envolvem o nexo alimento, energia e água (AEA) tem a possibilidade da utilização do instrumento desenvolvido e proposto por esta pesquisa: *Nexus Index Emission* (NEI) como forma de verificação e priorização na composição final dos vetores, a partir do potencial de emissões de CO₂ evitadas com cada um.

O predomínio de recomendações e diretrizes associadas aos recursos naturais e a aspectos que envolvem demanda e consumo energético, denotam três características marcantes na configuração de eco parques tecnológicos: (i) utilização e gestão mais eficiente dos recursos naturais, sobretudo da água, (ii) potencialização da eficiência energética, notadamente com a geração de energias renováveis e não poluentes, (iii) busca pela maior autossuficiência possível.

Um eco parque tecnológico não é a única solução para todos os desafios impostos por melhores práticas ambientais na antropização da natureza, entretanto esta investigação buscou promover a reflexão sobre a relevância de empreendimentos desta natureza, que promovem o conhecimento e o avanço tecnológico, serem condutores de práticas ambientalmente mais sustentáveis e colaborarem no desenvolvimento, evolução e propagação de novas estratégias para o desenvolvimento sustentável.

A principal característica destes empreendimentos – a promoção da inovação – concede a oportunidade de se oferecerem à experimentação, de modo a contribuírem para a qualidade urbana e ambiental, funcionando como ambientes construídos que compartilhem visivelmente e abertamente estas experiências, de acordo com o que Black (2007) aponta sobre a importância de parques tecnológicos representarem um modelo de sustentabilidade para a comunidade, uma nítida demonstração de “[...] como nós devemos viver e trabalhar no século 21”.

Futuras pesquisas são possíveis, necessárias e salutares para a continuidade, atualização, consolidação e incremento deste repertório técnico-conceitual para a elaboração de eco parques tecnológicos, como por exemplo, a análise de outros métodos e certificações existentes e que venham a ser desenvolvidos, a delimitação de outras variáveis de análise de acordo com contextos específicos, bem como a verificação do desempenho de futuros parques tecnológicos de baixo impacto ambiental e a evolução do nexos alimento, energia e água, especialmente no tocante à sua aplicação nestes empreendimentos através da abordagem *Roof Mosaic*. Verificações dos efeitos indiretos no meio sócio econômico oriundos de futuros eco parques tecnológicos também são pertinentes e oportunos.

Se o aumento populacional, a expansão das cidades, do consumo e da exploração dos recursos naturais impõem significativos desafios ao desenvolvimento sustentável, eco parques tecnológicos oferecem a oportunidade de se tornarem um dos elementos estratégicos no meio urbano na busca por uma condição com maior harmonia nas relações entre seres humanos e natureza, colaborando para que as próximas gerações tenham as suas necessidades atendidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15220:2005 - Desempenho térmico de edificações – Parte 3**. Rio de Janeiro, 2005. 30p.

ABNT. **ABNT NBR 15491:2007 - Caixa de descarga para limpeza de bacias sanitárias - Requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2007. 40p.

ACIOLY, Claudio; DAVIDSON, Forbes. **Densidade urbana: um instrumento de planejamento e gestão urbana**. Rio de Janeiro: Mauad, 1998.

ADAM, Roberto Sabatella. **Princípios do Ecoedifício**. São Paulo: Aquariana, 2001.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015**. Brasília, 2015.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE ENTIDADES PROMOTORAS DE EMPREENDIMENTOS INOVADORES – ANPROTEC. **Ambientes de Inovação**. Disponível em: <<http://anprotec.org.br/site/menu/incubadoras-e-parques/>>. Acesso em: 31 jan. 2018.

_____. **Parque Tecnológicos no Brasil. Estudo Análise e Proposições**. [s.l:], 2008. Disponível em: <
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cbdv.200490137/abstract> >. Acesso em 22 jan. 2017.

_____. **Portfólio de Parques Tecnológicos no Brasil. Versão de trabalho**. [s.l:], 2008. Disponível em: <[http://www.abdi.com.br/Estudo/Parques Tecnológicos - Estudo análises e Proposições.pdf](http://www.abdi.com.br/Estudo/Parques%20Tecnológicos%20-%20Estudo%20análises%20e%20Proposições.pdf)>. Acesso em: 22 jan 2017.

_____. **Associados**. Disponível em: < <http://anprotec.org.br/site/menu/a-anprotec/associados-anprotec/> > Acesso em: 20 nov. 2016.

_____. **Estudo de impacto econômico: segmento de incubadoras de empresas do Brasil**. Brasília: ANPROTEC/ SEBRAE, 2016.

ASSOCIAZIONE DEI PARCHI SCIENTIFICI E TECNOLOGICI ITALIANI - APSTI. **Elenco completo dei Soci**. Disponível em: < <http://www.apsti.it/soci/elenco-completo/> >. Acesso em: 20 dez. 2017.

ASOCIACIÓN DE PARQUES CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS DE ESPAÑA - APTE. **Miembros**. Disponível em: < <https://www.apte.org/miembros> >. Acesso em:

20 dez. 2017.

_____. **Definición de parque.** 2018. Disponível em: < <https://www.apte.org/definicion-de-parque> >. Acesso em: 4 jan. 2018.

ARCOSANTI. **ARCOSANTI today.** Disponível em: < https://arcosanti.org/sites/default/files/images/w19today_2m.jpg > Acesso em: 17 dez. 2016.

BRAZ, Renato; GAMA; Pedro; LANHAM, Ana. **Arquitectura Bioclimática – Perspectivas de inovação e futuro.** Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 2004.

BLACK, A. **A Science Park for Arun.** Ford Enterprise Hub, 2007. Disponível em: < <http://www.fordenterprisehub.com/scienceparkforarun.htm> > Acesso em: 17 ago. 2015.

BLESSING, Lucienne; CHAKRABARTI, Amaresh. **DRM: A Deseign Research Methodology.** In: Proceedings of Les Sciences de la Conception, March15-16, INSA de Lyon, Lyon, 2002.

BORJA, J.; CASTELLS, M. **Local y global. La gestión de las ciudades em la era de la información.** Madrid: Taurus, 2004.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 11 jul. 2001.

BREEAM ES. **Manual Técnico de BREEAM Urbanismo.** BRE Global Ltd., versão β, 2013.

_____. **Manual Técnico de BREEAM ES Nueva Cosntrucción.** Fundación Instituto Tecnológico de Galícia, 2015.

_____. **What is BREEAM?** Disponível em: < <https://www.breeam.com/> >. Acesso em 18 jul. 2018.

_____. **Conócenos - BREEAM España.** Disponível em: < <http://www.breeam.es/conocenos/breeam-espana> >. Acesso em 18 jul. 2018.

BURKE, Bill; KEELER, Marian. **Fundamentos de Projetos de Edificações Sustentáveis.** Porto Alegre: Bookman, 2010.

CAPRA, Fritjof. **O ponto de mutação**. 25.ed. São Paulo: Cultrix, 2004.

CARVALHO, J. E. et al. Cobertura morta do solo no cultivo de alface Cv. Regina 2000, em Ji-Paraná/RO. **Ciência e Agrotecnologia**, [s. l.], v. 29, n. 5, p. 935–939, 2005.

CASAGRANDE JUNIOR, Eloy Fassi. **Inovação Tecnológica e sustentabilidade: possíveis ferramentas para uma necessária interface**. **Revista Educação & Tecnologia**. Curitiba, n.8, 2004. Disponível em:

<<http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/revedutecct/article/viewFile/1136/733>>.

Acesso em: 07 jul. 2012.

CASAGRANDE JUNIOR, Eloy Fassi. **Inovação Tecnológica e sustentabilidade: integrando as partes para proteger o todo**. Curitiba, [2011?]. Disponível em: <<https://aplicweb.feevale.br/site/files/documentos/pdf/23231.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2013.

CASSIN, Esteban P. **Tecnopolis, Origen, Desarrollo y Efectos**. Centro de Estudios Desarrollo y Territorio, Universidad Nacional de San Martín, Buenos Aires, 2012.

Disponível em:

<http://www.cedet.edu.ar/Archivos/Bibliotecas_Archivos/tecnopolis.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2017.

CASSIM, M. B.; ROBAZZI, A.C.; STEINER, J.E. Parques Tecnológicos: Ambientes de Inovação. **Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo**, 2012. Disponível em: <

<http://www.iea.usp.br/publicacoes/textos/steiner cassim robazzi parque tec.pdf>>

Acesso em : 21 dez. 2013

CASTELLS, M.; HALL, P. **Las Tecnópolis Modernas: La información de los complejos industriales del siglo XXI**. Madrid: Alianza Editorial, 1994.

CDT/UNB. **Estudo de Projetos de Alta Complexidade: indicadores de parques tecnológicos**. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI, Brasília, 98 p., 2014.

CEASA-RJ. **Centrais de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro**

S.A:Informativo de Mercado - Dezembro 2016. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://www.ceasa.rj.gov.br/ceasa_portal/view/ListarInformativos.asp>. Acesso

em: 17 dez. 2017.

CERWAY. **Assessment scheme for the environmental performance of non-residential building under construction – HQE certified by Cerway**, 2014.

COELHO, M. C. N. Impactos Ambientais em Áreas Urbanas – Teorias, Conceitos e Métodos de Pesquisa. In: **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.). 9 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos – conforto ambiental**. Rio de Janeiro: Revan, 2003.

CASTELLS, M.; HALL, P. **Las Tecnópolis Modernas: La información de los complejos industriales del siglo XXI**. Madrid: Alianza Editorial, 1994.

COMISIÓN INTERMINISTERIAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA - CICT. **Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011**. Fundación Española para La Ciencia y la Tecnología, 2007.

COMUNE DI TORINO. **Il Sistema delle Spine**. Disponível em: <
<http://www.comune.torino.it/comitatoparcodora/infrastrutture/passante/immagini.shtm>
>. Acesso em: 14 jul. 2018.

COMUNE DI TORINO. **Environment Park – la Nuova Manica**. Disponível em: <
<http://www.comune.torino.it/comitatoparcodora/compresori/valdocco/immagini> />.
Acesso em: 14 jul. 2018.

DEBOITA, Michele; BACK, Nestor. **Consumo De Água Em Bacias Sanitárias Com a Utilização De Descarga De Duplo Acionamento: Estudo De Viabilidade Econômica**. [s. l.], 2014. Disponível em: <
[http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/2984/1/Michele Deboita - Prof Nestor Back.pdf](http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/2984/1/Michele%20Deboita%20-%20Prof%20Nestor%20Back.pdf)>. Acesso em: 30 nov. 2017.

DOLOREAU, D.; SHEARMUR, R. Science parks: actors or reactors? Canadian science parks in their urban context. **Environment and Planning**, Reino Unido, v. 32, p.1065-1082, 2000.

DOHERTY, G.; MOSTAFAVI, M. **Urbanismo Ecológico**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.L., 2014.

DUARTE, Fabio. Cidades Inteligentes: inovação tecnológica no meio urbano. **São Paulo em Perspectiva**, v.19, n.1, p. 122-131, 2005.

ECOTEC PARQUE ECO TECNOLÓGICO DAMHA . Parque Eco Tecnológico.

Disponível em:

<<http://www.parqueecotecnologico.com.br/index.php/damha/PARQUE-ECO-TECNOLOGICO>> Acesso em: 13 jan. 2014.

EDWARDS, Brian. **Guia básica de la sostenibilidad**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A., 2004.

ENVIRONMENT PARK - ENVIPARK. **Bilancio di Sostenibilità**. Torino, 2013.

Disponível em: < <https://www.envipark.com/chi-siamo/> > Acesso em: 16 out. 2017.

_____. **Bilancio d' Esercizio 2013**. Torino, 2014. Disponível em: <

https://www.envipark.com/wp-content/uploads/2016/09/2013_Bilancio-Desercizio-completo.pdf >. Acesso em: 10 jun. 2018.

_____. **Bilancio di Mandato 2014 – 2016**. Torino, 2017. Disponível em: <

<https://www.envipark.com/wp-content/uploads/2017/05/Bilancio-di-mandato-2014-2016-peremail.pdf/> > Acesso em: 10 jun. 2018.

_____. **Bilancio d' Esercizio 2016**. Torino, 2017. Disponível em: <

https://www.envipark.com/wp-content/uploads/2016/09/2016_BILANCIO-DESERCIZIO_COMPLETO.pdf >. Acesso em: 10 jun. 2018.

_____. **Piano Industriale 2017 – 2020**. Torino, 2017. Disponível em: <

https://www.envipark.com/wp-content/uploads/2018/04/Linee-guida_PIANO-INDUSTRIALE_-2017-20_base.pdf >. Acesso em: 10 jun. 2018.

_____. **ENVIRONMENT PARK: Parco Scientifico Tecnologico per l' Ambiente**.

Disponível em: < <https://www.envipark.com/> >. Acesso em: 10 jun. 2018.

ETZKOWITZ, H. The Triple Helix of University – Industry – Government: implications for Policy and Evaluation. **The Swedish Institute for Studies in Education and Reserach – SISTER**, Estocolmo, wp 11, 2002. Disponível em: <

http://www.sister.nu/pdf/wp_11.pdf > Acesso em 10 fev. 2017.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO.

Energy-smart agriculture needed to escape fóssil fuel trap. Disponível em: <

<http://www.fao.org/news/story/en/item/95161/icode/> >. Acesso em 20 jun. 2018.

_____. **Sustainable Food and Agriculture**. Disponível em: < <http://www.fao.org/sustainability/background/en/> >. Acesso em 10 jun. 2018.

_____. **Urban Agriculture**. Disponível em: < <http://www.fao.org/urban-agriculture/en/> >. Acesso em: 10 jan. 2018.

FAO; OPS. **América Latina y el Caribe: PANORAMA DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL**. [s.l.], 2017. Disponível em: < <http://www.fao.org/3/a-i6747s.pdf> > Acesso em: 10 jan 2018.

FARR, Douglas. **Urbanismo Sustentável: Desenho Urbano com a Natureza**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

FARRENY, Ramon et al. Indicators for commercial urban water management: the cases of retail parks in Spain and Brazil. **Urban Water Journal**, [s. l.], v. 10, n. 4, p. 281–290, 2013.

FERREIRA, J. S. Whitaker; FERRARA Luciana. A formulação de uma nova matriz urbana no Brasil, baseada na justiça socioambiental. In: Diálogos da Rio +20, 2012, Rio de Janeiro. **Sustentabilidade Urbana: impactos do desenvolvimento econômico e suas consequências sobre o processo de urbanização em países emergentes: Textos para as discussões da Rio+20-2012**. Vol. 3. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2015, p.15-49.

FULLER, R. Buckminster. **Operating Manual for Spaceship**. New York: Springer Verlag NY, 2008.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Processo AQUA Construção Sustentável**. Disponível em: <<http://www.vanzolini.org.br>> Acesso em: 05 ago. 2013.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2002.

GONÇALVES, Joana Carla Soares; BODE, Klaus (Org.) **Edifício Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

GOOGLE earth. Version 7.1.2.2041. Mountain View: Google, 2015. **Environment Park – Parco Scientifico Tecnologico Per L' Ambiente**. Disponível em: < <https://google-earth.br.uptodown.com/windows/download/56452> > Acesso em: 14 abr. 2016.

GOOGLE earth. Version 7.1.2.2041. Mountain View: Google, 2015. **Parque Tecnológico e Logístico de Vigo**. Disponível em: < <https://google-earth.br.uptodown.com/windows/download/56452> > Acesso em: 14 abr. 2016.

GOOGLE earth. Version 7.1.2.2041. Mountain View: Google, 2015. **Parque Tecnológico de Zamudio**. Disponível em: < <https://google-earth.br.uptodown.com/windows/download/56452> > Acesso em: 14 abr. 2016.

GOOGLE earth pro. Version 7.3.2.5491. Mountain View: Google, 2018. **Environment Park – Parco Scientifico Tecnologico Per L' Ambiente**. Disponível em: < https://google-earth.pt.downloadastro.com/versões_antigas/> Acesso em: 20 jul. 2018.

GOSÁLBEZ, R. E. M. Los Parques Científicos Españoles. Modelo de implantación em el Mediterráneo Español. **Revista del Colegio Oficial de Ingenieros, Tecnicos Industriales de Alicante**, Alicante, n. 113, p.20-29, 2014. Disponível em: < http://www.coitalicante.es/repositorio/documentos/revistas/2014/coitalicante_revista_113.pdf >. Acesso em: 17 out. 2015.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL– GBCB. **Certificação LEED**. Disponível em: < <http://www.gbcbrazil.org.br/sobre-certificado.php> >. Acesso em: 18 jul. 2018.

GREEN BUILDING COUNCIL ESPAÑA - GBCE. **Verde DU Polígonos**. Disponível em: < http://gbce.es/certificacion-verde/herramientas_verde/verde_du_poligonos >. Acesso em 18 jul. 2018.

_____. **Guia para el Evaluador Acreditado – Desarrollos Urbanos Polígonos. VERDE DU Polígonos Versión 1.a β**. Madrid, 2016. Disponível em: < <http://gbce.es/recursos/guia-de-uso-de-la-herramienta-verde-du-poligonos/> >. Acesso em 18 jul. 2018.

GUALBERTO, Ronan; OLIVEIRA, Paulo Sérgio R. De; GUIMARÃES, Alexandre De M. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de alface do grupo crespa em cultivo hidropônico. **Horticultura brasileira**, [s. l.], v. 27, p. 7–11, 2009.

GUMUCHDJIAN, Philip; ROGERS, Richard. **Cidades para um pequeno planeta**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.L., 2012.

HABITAT III. **The global context**. Disponível em: <<http://habitat3.org/the-new-urban-agenda>>. Acesso em: 30 jan. 2018.

HALL, R. *et al.* **The Vision of a Smart City**. In: International Life Extension Technology Workshop, 2, 2000, Paris. Disponível em: < https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc717101/m2/1/high_res_d/773961.pdf > Acesso em: 15 mai. 2016.

HANSEN, Z.K.; LIBECAP, G.D. Small Farms, Externalities, and the Dust Bowl of the 1930s. **National Bureau of Economic Research**. Cambridge, Working Paper n.º 10055, 2003. Disponível em: < <http://www.nber.org/papers/w10055> > Acesso em: 14 jan. 2017.

HAUTE QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE. **HQE Scheme project management building under construction**. Disponível em: <http://www.behqe.com/tools_ressources/update/57/183> Acesso em: 05 mai. 2015.

HAWKEN, P.; LOVINS, A.; LOVINS, L. H. **Capitalismo Natural**. São Paulo: Editora Cultrix Ltda, 2010.

HQE GBC FRANCE – HQEGBC. **The Alliance of Professionals for a Sustainable Quality of Life**. Disponível em: < http://www.hqegbc.org/wp-content/uploads/2017/10/HQE-brochure_EN_2017.pdf >. Acesso em: 18 jul. 2018.

HONG KONG SCIENCE & TECHNOLOGY PARKS - HKSTP. **2015-2016 Sustainability Report**. [s.l:], 2016. Disponível em: < <https://www.hkstp.org/en/about-us/publications/> >. Acesso em: 24 nov. 2017.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **World Energy Outlook 2013**. [s.l:], 2013. Disponível em: < <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2013.pdf> > Acesso em: 13 dez. 2017.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF SCIENCE PARKS. **Our Industry: the role of STPs and areas of innovation**. Disponível em: < <http://www.iasp.ws/the-role-of-stps-and-innovation-areas> > Acesso em: 14 out. 2016.

_____. **Our Industry: statistics**. Disponível em:<<http://www.iasp.ws/statistics> > Acesso em: 14 out. 2016.

_____. **Our Members: by technology sector**. Disponível em:<<http://www.iasp.ws/by-technology-sector>> Acesso em: 14 out. 2016.

_____. **Our Members: by country.** Disponível

em:<<http://www.iasp.ws/web/guest/by-country>> Acesso em: 14 out. 2016.

_____. **Definitions.** Disponível em: <<https://www.iasp.ws/Our-industry/Definitions>>

Acesso em: 12 jan. 2018.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Coordenação de Trabalho e Rendimento: Pesquisa de Orçamentos Familiares: 2008-2009. Análise do Consumo Alimentar Pessoal no Brasil.** [s.l:], 2011. Disponível em: <

<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv50063.pdf> > Acesso em: 14 nov.

2017.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia.** Disponível em: <

<http://www.inmet.gov.br/portal/> > Acesso em 11 set. 2017.

_____. **Instituto Nacional de Meteorologia: Períodos de Maiores e Menores Temperaturas e Pluviosidades Climatológicas.** Disponível em: <

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/mesTempo> > Acesso em 11 set.

2017.

INTERNATION ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 37120:2014-**

Sustainable development of communities — Indicators for city services and quality of life. Genebra, 2014, 87 p.

JOHNSON, Stanley. **UNEP: the first 40 years - a narrative.** Nairobi: UNON/Publishing Section Services, 2012.

JOURDA, F.H. **Pequeno Manual do Projeto Sustentável.** Barcelona: Editorial Gustavo Gili SL, 2012.

JUDICE, V. M. M.; MACULAN, A.M.D.; VEDOVELLO, C. A. Revisão crítica as abordagens a parques tecnológicos: alternativas interpretativas as experiências brasileiras recentes. **Revista de Administração e Inovação.** São Paulo, v.3, n.2, p.103-118, 2006.

KALOGIROU, Soteris A. **Solar thermal collectors and applications.** [s. l.], v. 30, p. 231–295, 2004.

KRAUSE, Cláudia Barroso *et al* .**Bioclimatismo no Projeto de Arquitetura: Dicas de Projeto. Alguns Fundamentos e Instrumentos par Concepção em Clima Tropical Úmido para Edificações Previstas sem Climatização ou com**

Climatização Mista. Apostila, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

LABHIDRO. **Hidroponia no Brasil.** 2017. Disponível em: <
<http://www.labhidro.cca.ufsc.br/hidroponia-no-brasil>> Acesso em 12 de nov. 2017.

LEITE, Carlos. **Cidades Sustentáveis, Cidades Inteligentes: desenvolvimento sustentável num planeta urbano.** Porto Alegre: Bookman, 2012.

LOVINS, L.H.; LOVINS, A.B.; WEIZSACKER, E.V. **Factor Four: Doubling Wealth, Halving Resource Use – A Report to the Club of Rome.** New York: Earthscan, 1998.

MAKISHIMA, N. **O cultivo de hortaliças.** 8ª ed. Brasília: EMBRAPA-CNPQ: EMBRAPA-SPI, 2004.

MASSEY, D.; QUINTAS, P.; WIELD D. **High Tech Fantasies: Science Parks in Society, Science na Space.** London: Routledge, 1991.

MARSHALL, Alfred. **Princípios de Economia – Tratado Introdutório.** 3. ed. São Paulo: Nova Cultural, 1988.

MASCARÓ, Juan Luis (org.). **Sustentabilidade em Urbanizações de Pequeno Porte.** Porto Alegre: Masquatro Editora, 2010.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO - MCTI. **Programa Nacional de Apoio as Incubadoras e aos Parques Tecnológicos.** Disponível em: <
<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/5228.html>> Acesso em: 22 dez. 2013.

_____. **Parques & Incubadoras para o Desenvolvimento do Brasil: Estudo de Práticas de Parques Tecnológicos e Incubadoras de Empresas.** Brasília: MCTI, 2015, 192 p.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO - MCTI. **Programa Nacional de Apoio as Incubadoras e aos Parques Tecnológicos.** Disponível em: <
<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/5228.html>> Acesso em: 22 dez. 2013.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES – MCTIC. **Parques Científicos e Tecnológicos: O que é?** Disponível em: <
http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/tecnologia/SETEC/paginas/ambientes_inovadores/tecnologicos/Parques_Cientificos_e_Tecnologicos.html> Acesso em: 12 jul.

2018.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **Balanços Energéticos Estaduais 2000, 2012, 2015**. [s.l:], 2016a. Disponível em: < <http://www.aben.com.br/Arquivos/488/488.pdf> > Acesso em: 2 fev. 2018.

_____. **Matrizes Elétricas Estaduais - Ano de referência: 2015**. [s.l:], 2016b. Disponível em: < <http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/04+-+Matrizes+Elétricas+Estaduais+2016+-+ano+ref.+2015+%28PDF%29/ddfaad8c-a436-4aa8-b619-f95dd2cf689c?version=1.1> > Acesso em: 22 jan. 2018.

_____. **Resenha Energética Brasileira - Exercício de 2016**. [s.l:], 2017. Disponível em: < www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/02+-+Resenha+Energética+Brasileira+2017+-+ano+ref.+2016+%28PDF%29/13d8d958-de50-4691-96e3-3ccf53f8e1e4?version=1.0 > Acesso em: 22 jan. 2018.

MORALES-PINZÓN, Tito et al. **Plugrisoft - Dynamic Rainwater and Greywater Flow Analytical Model.**, 2012.

MORALES-PINZÓN, Tito et al. Modelling for economic cost and environmental analysis of rainwater harvesting systems. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 87, n. C, p. 613–626, 2015.

NAHM, Kee-Bom. The Evolution of Science Parks and Metropolitan Development. **International Journal of Urban Sciences**, London, v. 4, p.81-95, 2000.

NADAL, Ana et al. Urban planning and agriculture. Methodology for assessing rooftop greenhouse potential of non-residential areas using airborne sensors. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 601–602, p. 493–507, 2017. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.214> >

NADAL, Ana et al. Science of the Total Environment Rooftop greenhouses in educational centers : A sustainability assessment of urban agriculture in compact cities. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 626, p. 1319–1331, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.191>

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY. **Solar and Wind Energy Resource Assessment (SWERA)**, 2017. Disponível em: < [https://openei.org/wiki/Solar_and_Wind_Energy_Resource_Assessment_\(SWERA\)](https://openei.org/wiki/Solar_and_Wind_Energy_Resource_Assessment_(SWERA)) > Acesso em 2 set. 2017.

NEGREIROS, I. **Diretrizes para projetos de loteamentos urbanos considerando os métodos de avaliação ambiental**. 2009, 161p. Dissertação de mestrado – Escola Politécnica de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2009.

NOVOA, F. G.; OSORIO, M. S. **Guia de buenas prácticas ambientales en polígonos industriales**. Fundación Caixanova, 2007.

OLIVEIRA-ESQUERRE, Karla Patricia et al. Taking advantage of storm and waste water retention basins as part of water use minimization in industrial sites.

Resources, Conservation and Recycling, [s. l.], v. 55, n. 3, p. 316–324, 2011.

Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.10.004> >

OKE, T.R. Climate Impacts of Urbanization. In: **Interactions of Energy and Climate**. London: D. Reidel Publishing Company, p.339-356, 1980.

OMS; FAO. Un marco para la promoción de frutas y verduras a nivel nacional. [s. l.], p. 29, 2005. Disponível em: < <http://apps.who.int/iris/handle/10665/70208> > Acesso em: 22 de jan. 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL – ONUBR. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: 17 Objetivos para Transformar Nosso Mundo**.

Disponível em: < <https://nacoesunidas.org/pos2015/> >. Acesso em: 28 jun. 2018.

PAIANO, Annarita. Photovoltaic waste assessment in Italy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 41, p. 99–112, 2015.

PARQUE CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO DE BIZKAIA. **Recorrido de árboles**.

Disponível em: < http://www.parke.eus/bizkaia/wp-content/uploads/2012/10/Zuhaitzen-ibilbidea_tx.pdf > Acesso em: 14 abr. 2016.

PARQUE TECNOLÓGICO UFRJ. **Relatório de Sustentabilidade do Parque Tecnológico da UFRJ 2015**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <

http://www.parque.ufrj.br/wp-content/uploads/relat_sust_pt.pdf >. Acesso em: 22 de set. 2017.

PARQUE TECNOLÓGICO UFRJ. **Relatório de Sustentabilidade do Parque Tecnológico da UFRJ 2016**. Rio de Janeiro, 2017a. Disponível em: <

http://www.parque.ufrj.br/wp-content/uploads/2016/12/versao_web.pdf >. Acesso em: 22 de set. 2017.

PARQUE TECNOLÓGICO UFRJ. **Editais e Documentos**. Rio de Janeiro, 2017b. Disponível em: < <http://www.parque.ufrj.br/como-se-instalar-2/editais-para-concessao-de-area/> >. Acesso em: 31 de jan. 2017.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - PROCEL. Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética: Etiquetagem em Edificações. **Tabela de Classificação dos Níveis de Eficiência Energética da Envoltória**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: < <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7B89E211C6-61C2-499A-A791-DACD33A348F3%7D> >. Acesso em: 1 jan. 2018.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE – PNUMA. Integração entre o meio ambiente e o desenvolvimento: 1972-2002. In: IBAMA/UMA. **Perspectivas do Meio Ambiente Mundial – 2002: GEO-3: Passado, presente e futuro**. Brasília, 2004. cap. 1, p.1-28.

QS WUR. **QS World University Rankings**. 2018. Disponível em: < <https://www.topuniversities.com/universities/universidade-federal-do-rio-de-janeiro#wurs> >. Acesso em: 15 de jan. 2018.

RETIS. **An association, a network, 3 missions**. Disponível em: < <http://en.retis-innovation.fr/About/An-association-a-network-3-missions> > Acesso em: 21 de dez. 2017.

ROCHA, Paulo Mendes da. **A&U – Revista de Arquitetura e Urbanismo**, n.º131, p.52-56, fev. 2005, entrevista concedida.

RUBIO, J. C. O. Los Paques Tecnológicos em España: Uma Síntesis Geográfica. **Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles**. Madrid, n.24, p.73-89, 1997.

RU UFRJ. **Restaurante Universitário: Passo a passo para acessar o sistema de agendamento do CT**. 2017. Disponível em: < <http://ru.ufrj.br/index.php?start=5> >. Acesso em: 17 de dez. 2017.

SACHS, Ignacy. Estratégias de transição para o século XXI. In: BURSZTYN, M. **Para pensar o desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Brasiliense, p.29-56. 1993.

SACHS, Ignacy. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

SABESP. **NTS181-Dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro – Primeira ligação**. São Paulo, rev. 3, 2012. 22 p.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 60.286, de 25 de março de 2014. Institui e regulamenta o Sistema Paulista de Ambientes de Inovação – SPAI e dá outras providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, 26 mar. 2014.

SALVADOR, Douglas Santos; SILVA, Ricardo Siloto Da. ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS PROJETAIS SUSTENTÁVEIS PARA A CONCEPÇÃO DE ECO PARQUES TECNOLÓGICOS. In: KALIL, R. M. L.; SOARES, J. T.; ROSA, F. D. (Eds.). **Anais do II Encontro Nacional de Tecnologia Urbana - ENURB**. Passo Fundo: UPF Editora, 2015. p. 124–131.

SALVADOR, Douglas; SILVA, Ricardo. ECOPARQUES TECNOLÓGICOS : CARACTERIZAÇÃO E PRINCIPAIS ESTRATÉGIAS SUSTENTÁVEIS A SEREM ADOTADAS. In: (Regina Coeli Ruschel, Ed.) ANAIS [DO] XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO: DESAFIOS E PERSPECTIVAS DA INTERNACIONALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (ENTAC 2016) 2016, Sao Paulo. **Anais...** Sao Paulo: Associação Nacional do Ambiente Construído (ANTAC), 2016.

SANYÉ-MENGUAL, Esther et al. Integrating horticulture into cities: A guide for assessing the implementation potential of rooftop greenhouses (RTGs) in industrial and logistics parks. **Journal of Urban Technology**, [s. l.], v. 22, n. 1, p. 87–111, 2015. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1080/10630732.2014.942095> >

SANYÉ-MENGUAL, Esther et al. Urban horticulture in retail parks: Environmental assessment of the potential implementation of rooftop greenhouses in European and South American cities. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 172, p. 3081–3091, 2017.

SEGRE, R. **Paolo Soleri**. Entrevista: Vitruvius, São Paulo, ano 02, n.007.01, 2001. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/entrevista/02.007/3345>> Acesso em: 14 dez 2015.

SHEARMUR, Richard; DOLOREUX, David. Science parks: Actors or reactors? Canadian science parks in their urban context. **Environment and Planning A**, [s. l.], v. 32, n. 6, p. 1065–1082, 2000.

SILVA, R.S. *et al.* **Evolução Histórica do Conceito de Sustentabilidade**. Apostila do Curso de Educação Ambiental, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

SILVA, R.S.; TEIXEIRA, B.A.N. **Urbanismo e Saneamento Urbano Sustentáveis – Desenvolvimento de métodos para análise e avaliação de projetos: Método de Avaliação Definitivo**, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESTADO DE SÃO PAULO - SDECT. **Parques Tecnológicos**. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.sp.gov.br/parques-tecnológicos>> Acesso em: 22 dez. 2013.

SMART-MED-PARKS. **PHASE 3 . 3 : Analysis of Energy Facilities in STPs Report for Characterization of energy supply in STP**. [s.l:], 2014. Disponível em: <www.programmed.eu/>. Acesso em: 12 set. 2017.

_____. **Parque Tecnológico da Andaluzia (ES)**. Disponível em: <http://www.smartmedparks.eu/files/styles/large/public/aerial_view_pta.png?itok=8L6L8xPJ> Acesso em: 26 jan. 2017.

SHOPIA ANTIPOLIS – PREMIÈRE TECHNOPOLE D'EUROPE. **Shopia Antipolis**. Disponível em: <<https://www.sophia-antipolis.org/images/sophia-antipolis/presentation/sopiha-antipolis01.jpg>> Acesso em: 26 de jan. 2017.

STANFORD RESEARCH PARK – SRP. **Our legacy: a history of innovation partnerships**. 2017a. Disponível em: <<http://stanfordresearchpark.com/about>> Acesso em: 26 jan. 2017.

_____. **Varian Associates**. Disponível em: <https://d29vmu15ua1e0a.cloudfront.net/uploads/about-the-park/39/legacy/Varian_sm.jpg> Acesso em: 14 jan. 2017.

TOBOSO-CHAVERO, Susana et al. Towards productive cities - Environmental assessment of the food-energy-water nexus of the urban Roof Mosaic. **Manuscript submitted for publication in the Journal of Industrial Ecology**, [s. l.], 2018.

TSUKUBA SCIENCE CITY NETWORK. **Tsukuba Science City**. Disponível em: <<http://www.tsukuba-network.jp/english/image/head1.png>> Acesso em: 26 jan. 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - UFRJ. **Criação-do-Parque-**

Tecnológico: Plano Diretor Executivo, 1996.

UNITED KINGDOM SCIENCE PARK ASSOCIATION - UKSPA. **Our members**.

Disponível em: < <http://www.ukspa.org.uk/members> >. Acesso em: 21 dez. 2017.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION – UNESCO. **Safeguarding project of Hassan Fathy’s New Gournia Village**.

Disponível em: <<http://whc.unesco.org/en/activities/637/>> Acesso em: 15 dez. 2015.

_____. **Science and technology park: concept and definition**. Disponível em: < <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/science-technology/university-industry-partnerships/science-and-technology-park-governance/concept-and-definition/> > Acesso em: 15 nov. 2016.

_____. **Science parks around the world**. Disponível em: < <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/science-technology/university-industry-partnerships/science-parks-around-the-world> > Acesso em: 10 jan. 2018.

_____. **Science and technology park: principle and practice**. Disponível em: < <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/science-technology/university-industry-partnerships/science-and-technology-park-governance/principle-and-practice/> > Acesso em: 10 jan. 2018.

_____. **Capacity Development in Science, Technology and Innovation Policy**.

Disponível em: < <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/science-technology/sti-systems-and-governance/capacity-development-in-sti-policy/> >.

Acesso em 20 jul. 2018.

UN-HABITAT. **Climate Change**. Disponível em: < <https://unhabitat.org/urban-themes/climate-change/> >. Acesso em: 30 jan. 2018.

UN-HABITAT III. **New Urban Agenda**. In: CONFERENCE ON HOUSING AND SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT (HABITAT III). Quito, 2017. p. 1–66.

UN-WATER. **Water, Food and Energy**. Disponível em: < <http://www.unwater.org/water-facts/water-food-and-energy/> >. Acesso em: 22 jan. 2018.

UN-WWAP. **The United Nations World Water Development Report 2014: Water and Energy**. Paris, 2014. Disponível em: < <http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002257/225741E.pdf> >. Acesso em 9

jun.2018.

UN-WWAP. **The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World**. Paris, 2015. Disponível em: <
<http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002318/231823E.pdf> > Acesso em: 22 jan. 2018.

UNITED NATIONS, DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, Population Department. World Urbanization Prospects. **United Nations**, [s. l.], v. 12, p. 32, 2014.

US GREEN BUILDING COUNCIL. **LEED 2009 for New Construction and Major Renovations Rating System with Alternative Compliance Paths for Projects Outside the U.S.** U.S. Green Building Council Inc, 117 p., 2009.

_____. **LEED 2009 for Neighborhood Development Rating System Created by the Congress for the New Urbanism**. U.S. Green Building Council Inc, 148 p., 2009.

_____. **LEED is Green Building**. Disponível em: <<https://new.usgbc.org/leed>>. Acesso em: 18 jul. 2018.

URBAN DESIGN GROUP. **An Urban Design Manifesto for the Governmet**. Disponível em: <<http://www.udg.org.uk/about/manifesto>> Acesso em: 15 dez. 2015.

VAINER, C. B. Pátria, empresa e Mercadoria. Notas sobre a estratégia discursiva do planejamento estratégico urbano. In: ARANTES, B. F; MARICATO, E.; VAINER, C. **A cidade do pensamento único: desmanchando consensos**. Petrópolis: Vozes, 2000. p.75-102.

VIRILIO, P. A Catástrofe Urbana. São Paulo, 1997. **Folha de São Paulo**. Entrevista concedida a Betty Milan.

VISSER, Wayne. **Os 50 + importantes livros em sustentabilidade**. São Paulo: Peirópolis, 2012.

WORLD ALLIANCE FOR INNOVATION – WAINOVA. **WAINOVA ATLAS of INNOVATION: science/technology/research parks and business incubaters in the world**. Macclesfield: Ten Alps Publishing, 2009.

ZERO HYTECHPARK. **Layman´s report**. Huesca, 2014a. Disponível em: <

zerohytechpark.eu >. Acesso em: 16 out. 2018.

ZERO HYTECHPARK. **Final sustainable objectives of the project report**. Huesca, 2014b. Disponível em: < zerohytechpark.eu >. Acesso em: 16 out. 2018.

ZOUAIN, Desirée Moraes. Contribuições para o planejamento de parques tecnológicos urbanos. **Revista Gestão & Tecnologia**. Pedro Leopoldo, v.2, n.1, 2003. Disponível em: <<http://revistagt.fpl.edu.br/get/article/view/131>> Acesso em: 22 dez. 2013.

ZOUAIN, Desirée Moraes. País segue tendência internacional na criação de parques tecnológicos. Campinas, 2008. **Revista Conhecimento & Inovação**. Entrevista concedida a Patrícia Mariuzz.

APÊNDICES

Apêndice 1 Material suplementar para o Capítulo 6

Apêndice 1.1 Technical information of Photovoltaic Panel

Apêndice 1.2 Scenario for food self-sufficiency of UFRJ Technology Park+ renewable energy production

Apêndice 1.3 Scenario for food self-sufficiency of UFRJ Technology Park and University Restaurant + renewable energy production

Apêndice 1.4 Avoided CO₂ emissions by water-food-energy nexus

Apêndice 1.1 Technical information of photovoltaic panel

Parameter		PV- Multi-Si
Module surface area	m ²	1.64E+00
no. cells	no.	60
Power	Wp	2,45E+02
Efficiency η	%	14.9
Module frame		yes
Module weight	Kg	2.53E+01
Dimensions	M	1.645 x 0.995 x 0.04
BOS efficiency	%	85
Mounting structure		flat roof
Inverter		2.50E+02

Apêndice 1.2 Scenario for food self-sufficiency of UFRJ Technology Park + renewable energy production

Parameters		Unit	PV systems
	SIR= AMR.k	kWh.m ⁻² . y ⁻¹	2.021,37
Real area (A _p)	$A_p = h \cdot \cos x^\circ \cdot w$	m ²	1.52
Total energy per panel (E)	$E = SIR \cdot \eta \cdot A_p$	kWh. panel ⁻¹ . y ⁻¹	457,80
Distance between modules (S _m)	$S_m = k_2 \cdot h \cdot w$	m ²	2,96
Number of panels	Potential surface/ (A _p + S _m)	n ^o	4.187
Total energy	E. no. Panels	kWh.y ⁻¹	3.039.139
PV panels efficiency (η): 14,9% Tilt angle: 22° (k: 1) k ₂ : 2.39 Potential surface: 29.740,81m ²			
SIR: Solar incident radiation, AMR: Annual mean radiation, k: correction factor, h: height, w: width, k ₂ : correction factor (panel shadows), y: year. PV: photovoltaic.			

Apêndice 1.3 Scenario for food self-sufficiency of UFRJ Technology Park and University Restaurant + renewable energy production

Parameters		Unit	PV systems
	SIR= AMR.k	kWh.m ⁻² . y ⁻¹	2.021,37
Real area (A _p)	$A_p = h \cdot \cos x^0 \cdot w$	m ²	1.52
Total energy per panel (E)	$E = SIR \cdot \eta \cdot A_p$	kWh. panel ⁻¹ . y ⁻¹	457,80
Distance between modules (S _m)	$S_m = k_2 \cdot h \cdot w$	m ²	2,96
Number of panels	Potential surface/ (A _p + S _m)	n ⁰	4.187
Total energy	E. no. Panels	kWh.y ⁻¹	3.008.742
PV panels efficiency (η): 14,9% Tilt angle: 22° (k: 1) k ₂ : 2.39 Potential surface: 29.443,35m ²			
SIR: Solar incident radiation, AMR: Annual mean radiation, k: correction factor, h: height, w: width, k ₂ : correction factor (panel shadows), y: year. PV: photovoltaic.			

Apêndice 1.4 Avoided CO₂ emissions by water-food-energy nexus

$$\begin{aligned} \text{Avoided GHG emissions by Water (kg CO}_2 \text{ eq.)} &= 12,231 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{year}} \right) \times 0,00069 \left(\frac{\text{kg CO}_2 \text{ eq.}}{\text{m}^3} \right) \\ &= 8.54(3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Avoided GHG emissions by Lettuce (kg CO}_2 \text{ eq.)} &= 4,600 \left(\frac{\text{kg}}{\text{year}} \right) \times 1,5 \left(\frac{\text{kg CO}_2 \text{ eq.}}{\text{kg}} \right) \\ &= 15.06 (4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Avoided GHG emissions by Tomato (kg CO}_2 \text{ eq.)} &= 9,200 \left(\frac{\text{kg}}{\text{year}} \right) \times 3,27 \left(\frac{\text{kg CO}_2 \text{ eq.}}{\text{kg}} \right) \\ &= 13.82 (4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Avoided GHG emissions by Energy (Photovoltaic Panels) (kg CO}_2 \text{ eq.)} \\ &= 3,008,742 \left(\frac{\text{kWh}}{\text{year}} \right) \times 0,25 \left(\frac{\text{kg CO}_2 \text{ eq.}}{\text{kWh}} \right) = 766.86 (5) \end{aligned}$$