

Universidade Federal do Espírito Santo
Departamento de Engenharia Civil
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

DIELLY CHRISTINE GUEDES MONTARROYOS

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA EDIFICAÇÕES NA
ANTÁRTICA**

VITÓRIA

2015

Universidade Federal do Espírito Santo
Departamento de Engenharia Civil
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

DIELLY CHRISTINE GUEDES MONTARROYOS

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA
EDIFICAÇÕES NA ANTÁRTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração Construção Civil.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Cristina Engel de Alvarez
Coorientador: Prof. Dr. Luis Brangança

VITÓRIA

2015

**À minha avó
e ao meu marido**



AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Profª Drª Cristina Engel de Alvarez, orientadora, agradeço pelo incentivo, dedicação, paciência, orientações, correções e principalmente por acreditar na pesquisa e em mim. E, à Drª Márcia Bissoli Dalvi, membra da banca e companheira presente ativamente nos momentos mais importantes dessa trajetória. Terminei este trabalho afirmando que vocês foram (e são) meus exemplos profissionais e pessoais. Foi simplesmente um privilégio conviver com vocês, muito obrigada.

Ao Prof. Dr. Luis Bragança agradeço a confiança, por ter acreditado e apoiado o trabalho desenvolvido, e especialmente, pela inestimável colaboração e gentil disponibilidade;

Ao Prof. Dr. João Luiz Calmon, professor e membro da banca, pela oportunidade de participar das aulas ministradas, e pela contribuição durante o processo;

À minha avó, maior responsável por esta conquista, sem o apoio fraterno durante toda a vida eu não concretizaria esta etapa. A ela devo tudo e todo amor do mundo;

À minha mãe e ao meu irmão, amor incondicional e maior torcida, apesar de distantes fisicamente, sempre me forneceram o carinho e incentivo necessário para prosseguir;

Ao meu marido, agradeço pelo amor, companheirismo, constante incentivo ao crescimento pessoal e profissional, e principalmente, por manter a felicidade em nossas vidas independentemente da situação;

À todos os amigos do Laboratório de Planejamento e Projetos, em especial Thalles, Fernanda, Marina, Stella, Ricardo, Amanda, Mariani, Rhaina, Eliane, Mariana, André, Manu, Fabiana, foi um prazer conviver com todos vocês;

À Gleica, amiga alegre, sempre disposta a ajudar e colaborar com lindas imagens;

Aos meus grandes amigos de mestrado, Flávia, Bernardo e Janaina;

À Prof. Drª Edna pela amizade, por estar sempre pronta para contribuir sabiamente;

Aos meus familiares e amigos, que mesmo não concordando com a minha ausência, incentivaram a concretização desse trabalho;

Aos professores e ao departamento do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil;

Aos pesquisadores que participaram deste trabalho;

À CAPES e FAPES pelas bolsas concedidas.



RESUMO

Os indicadores de sustentabilidade são variáveis que condensam as informações relevantes visando identificar o nível de sustentabilidade em edificações no meio urbano. As ferramentas de avaliação disponíveis e reconhecidas adotam, em sua maioria, indicadores vinculados à realidade urbanizada em que as edificações se inserem. As áreas de difícil acesso e interesse ambiental – a exemplo da Antártica – possuem peculiaridades diferenciadas quando comparadas aos meios urbanos tradicionais. A Antártica apresenta uma das piores condições de habitabilidade do planeta. Seus condicionantes ambientais rigorosos e particularidades influenciam e dificultam, o processo de construção, principalmente quando se almeja construções pautadas nos fundamentos sustentáveis. Deste modo, os indicadores de sustentabilidade tradicionalmente empregados nos meios urbanos densificados não se aplicam na Antártica, advertindo-se para a necessidade de formulação de indicadores específicos. Assim, esta pesquisa objetivou propor os procedimentos para a definição de indicadores de sustentabilidade voltados para construções compatíveis com a peculiaridade das edificações Antárticas, considerando, especialmente, sua característica fragilidade ambiental e natural inospitalidade. O método consistiu nas seguintes etapas: levantamento dos condicionantes Antárticos e estudo das ferramentas de avaliação ambiental de edifícios; confecção das listas de indicadores Lista 1 (a partir da estrutura analítica SPR) e Lista 2 (recorte dos indicadores pertencentes às ferramentas de avaliação); agrupamento das listas; avaliação dos indicadores por pesquisadores antárticos; análise dos resultados e obtenção do conjunto final de indicadores. O resultado das análises resultou em 91 indicadores e apontou sua relevância nos aspectos da sustentabilidade, com ênfase aos temas inerentes para tal realidade como logística, seleção de materiais, impactos ambientais com a geração de resíduos e conforto dos usuários.

Palavras-chave: indicadores de sustentabilidade, construções sustentáveis, área de proteção ambiental, Antártica.



ABSTRACT

The indicators of sustainability are variables that summarise relevant information in order to identify the level of building sustainability in the urban environment. Most of the available and recognized assessment tools adopt indicators related to urbanized reality where buildings are located. The remote areas of environmental interest – e.g. Antarctica – have different peculiarities when compared to traditional urban environments. The Antarctic presents one of the worst conditions of habitability on the planet. The rigorous environmental conditions and peculiarities affect, or even difficult the construction process, especially when it aims to construct buildings based on sustainable principles. Thus, sustainability indicators traditionally used in densified urban areas do not apply in Antarctica, warning of the need of develop specific indicators. So, this research has aimed to propose procedures for the definition of sustainable indicators compatible with the peculiarity of Antarctic constructions, considering specially its characteristic of environmental fragility. The method consisted in: the survey of Antarctic conditions and study of environmental assessment tools for buildings; preparation of lists of indicators List 1 (from the analytical framework SPR) and List 2 (indicators from the assessment tools); grouping of lists; evaluation by Antarctica researchers and; analysis of results; achieving the final set of indicators. The result of the analyses obtained 91 indicators and pointed out the relevance of the indicators of environmental sustainability aspects, with emphasis on challenging themes such as logistics, material selection, environmental impacts, generation of waste and user comfort.

Keywords: sustainable indicators, sustainable construction, protected area, Antarctica.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma das etapas metodológicas.....	18
Figura 2. Estrutura organizacional adotada para a classificação dos indicadores	23
Figura 3. Expansão do gelo no mar Antártico (à esquerda fevereiro e à direita setembro)	30
Figura 4. Mapa da Antártica.....	31
Figura 5. Imagens da flora antártica, com musgos e líquens na última imagem à direita.....	32
Figura 6. Imagem do krill antártico.....	33
Figura 7. Imagens dos pinguins imperador (à esquerda) e das focas (à direita).....	33
Figura 8. Albatroz (à esquerda) e petrel-gigante (à direita)	34
Figura 9. Carta solar 60°42.497' S (esquerda) e 89°59.850' S (direita).....	35
Figura 10. Trajetória solar em Concordia 75°S (imagem obtida de 2 em 2 horas durante o verão)	36
Figura 11. Direção dos ventos Antárticos	36
Figura 12. Diferenças na velocidade do vento no inverno e no verão Antártico	37
Figura 13. Exemplo de atividades turísticas na Antártica	38
Figura 14. Esquema de transporte na Antártica	40
Figura 15. Localização das estações científicas	49
Figura 16. Estação Antártica Comandante Ferraz.....	51
Figura 17. Maquete eletrônica das novas edificações da Estação Antártica Comandante Ferraz.....	53
Figura 18. Estação Princess Elisabeth.....	53
Figura 19. Estações Amundsen-Scott (antiga à esquerda e nova à direita).....	54
Figura 20. Estação Neumayer III	55
Figura 21. Estação Halley VI.....	56
Figura 22. Estação Bharati	56
Figura 23. Estação Juan Carlos I.....	57
Figura 24. Pirâmide da informação	63
Figura 25. Estrutura sistematizada PSR	66
Figura 26. Driving forces - Pressures - State - Impacts – Response	67
Figura 27. Esquema de representação do ciclo que envolve a construção sustentável	71
Figura 28. Principais aspectos sustentáveis em edificações.....	73
Figura 29. Estrutura de organização das ferramentas.....	77
Figura 30. Esquema de seleção dos indicadores das ferramentas de avaliação	82



LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Histórico de passageiros que desembarcaram na Antártica.	39
Gráfico 2. Resultado geral de relevância, considerando as respostas para os 91 indicadores.....	93
Gráfico 3. Média de relevância dos indicadores categorias	94
Gráfico 4. Nível de importância atribuído à cada dimensão	95
Gráfico 5. Adoção de materiais reutilizados ou reciclados de construções existentes.....	95
Gráfico 6. Presença de água na forma líquida.....	96
Gráfico 7. Indicadores com 7% de “irrelevância”	97
Gráfico 8. Indicadores com amostras heterogêneas	99
Gráfico 9. Índice de irrelevância por categorias.....	99
Gráfico 10. Potencial de eutrofização - EP (kg PO ₄).....	100
Gráfico 11. Indicadores com 14% de “não compreensão”	101
Gráfico 12. Estanqueidade dos ambientes para controle de entrada/saída dos materiais biológicos ..	102
Gráfico 13. Uso de elementos de decoração que remetam à cultura do país de origem	103
Gráfico 14. Porcentagem de indicadores “não compreendidos” por categorias	103



LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Estrutura analítica SPR adaptada PSR	20
Quadro 2. Modelo do questionário de relevância dos indicadores.....	24
Quadro 3. Relação Ações x Consequências para as atividades relacionadas ao uso de veículos no ambiente antártico	44
Quadro 4. Consequência das atividades relacionadas ao uso de veículos nos elementos ambientais...	44
Quadro 5. Esquema de análise da evolução da arquitetura na Antártica.....	47
Quadro 6. Principais características arquitetônicas das estações científicas pesquisadas.....	58
Quadro 7. Síntese dos sistemas construtivos das estações científicas estudadas	59
Quadro 8. Definição dos principais termos relacionados aos indicadores de sustentabilidade.....	62
Quadro 9. Principais iniciativas de desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade.....	64
Quadro 10. Estrutura analítica PSR (Pressure-State-Response).....	66
Quadro 11. Principais ações sustentáveis, segundo Fossati (2008).....	72
Quadro 12. Requisitos para projetos sustentáveis em Hong Kong organizado em dimensões	72
Quadro 13. Ferramentas de avaliação de sustentabilidade abordadas.....	74
Quadro 14. Sistematização das categorias (ou áreas de impacto).....	76
Quadro 15. Sistema de pontuação e apresentação dos resultados das ferramentas em análise.....	77
Quadro 16. Exemplo de Indicadores oriundos da estrutura analítica SPR.....	79
Quadro 17. Indicadores da categoria “relações entre o edifício e o entorno”	84
Quadro 18. Indicadores das categorias relacionadas com consumo de recursos.....	85
Quadro 19. Indicadores das categorias relacionadas às cargas ambientais	87
Quadro 20. Indicadores da categoria relacionada ao conforto do usuário.....	88
Quadro 21. Indicadores da categoria relacionada à segurança.....	90
Quadro 22. Indicadores da categoria relacionada à gestão da edificação	91
Quadro 23. Indicadores da dimensão econômica.....	92
Quadro 26. Condicionantes ambientais antárticos e suas consequências.....	110



LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Indicadores organizados segundo o CSD Theme Framework.....	68
Tabela 2. Quantitativo inicial de indicadores da Lista 1	81
Tabela 3. Quantitativo de indicadores da Lista 2	82
Tabela 4. Quantitativo final de indicadores oriundos do agrupamento das Listas 1 e 2	83



LISTA DE SIGLAS

- AQUA** – Alta Qualidade Ambiental
- ASPAs** – *Antarctic Specially Protected Areas*
- ASUS** – Avaliação de Sustentabilidade
- CIRM** – Comissão Interministerial para os Recursos do Mar
- CIB** – *Conseil International du Bâtiment*
- COMNAP** – *Council of Managers of National Antarctic Programs*
- CSD** – Comissão de Desenvolvimento Sustentável
- DESA** – *Department of Economic and Social Affairs*
- DSR** – *Driving-forces-State-Response*
- DPSIR** – *Driving-forces-Pressures-State-Impact-Response*
- EACF** – Estação Antártica Comandante Ferraz
- EEA** – *European Environment Agency*
- EUROSTAT** – Statistical Office of the European Community
- KPIS** – *Key Performance indicators*
- LEED** – *Leadership in Energy and Environmental Design*
- LPP** – Laboratório de Planejamento e Projetos
- OECD** – *Organisation for Economic Co-operation and Development*
- PROANTAR** – Programa Antártico Brasileiro
- PSR** – Pressão-Estado-Resposta
- PSIR** – *Pressures-State-Impact-Response*
- QAE** – Qualidade Ambiental do Edifício
- SGE** – Sistema de Gestão do Empreendimento
- SSSI** – *Sites of Special Scientific Interest*
- STA** – Secretaria do Tratado Antártico
- USGBC** – Conselho de Edificações Sustentáveis dos Estados Unidos



SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	JUSTIFICATIVA	15
1.2	OBJETIVOS.....	16
1.2.1	Objetivos Específicos.....	16
1.3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	17
1.3.1	Revisão bibliográfica.....	18
1.3.2	Desenvolvimento dos indicadores de sustentabilidade	19
1.3.3	Processo de avaliação dos indicadores	23
1.3.4	Apresentação e discussão dos resultados	25
1.3.5	Avaliação dos resultados.....	25
1.4	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	25
2	ANTÁRTICA	27
2.1	CARACTERIZAÇÃO DA ANTARTICA	27
2.1.1	A história.....	27
2.1.2	Geografia.....	29
2.1.3	Fauna e flora	32
2.1.4	Clima	34
2.1.5	População	37
2.1.6	Turismo	38
2.1.7	Logística	40
2.1.8	Economia.....	42
2.1.9	Sensibilidade ambiental	43
2.1.10	Regulamentos.....	45
2.1.11	Condicionantes ambientais.....	46
2.2	ARQUITETURA ANTÁRTICA	47

2.3	ESTAÇÕES CIENTÍFICAS REFERÊNCIAS.....	48
2.3.1	Estação Antártica Comandante Ferraz (Brasil).....	49
2.3.2	Princess Elisabeth (Bélgica).....	53
2.3.3	Amundsen-Scott (EUA)	54
2.3.4	Neumayer III (Alemanha)	54
2.3.5	Halley VI (Grã-Bretanha)	55
2.3.6	Bharati (Índia).....	56
2.3.7	Juan Carlos I (Espanha).....	57
2.4	SÍNTESE DAS DIRETRIZES PROJETUAIS PARA A ANTÁRTICA.....	57
3	SUSTENTABILIDADE	61
3.1	INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE	61
3.1.1	Iniciativas governamentais e institucionais.....	63
3.1.2	Estruturas analíticas (<i>Frameworks</i>) e organizacionais	65
3.2	SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL	70
3.2.1	Indicadores de sustentabilidade no ambiente construído.....	73
3.3	FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO.....	74
4	PROPOSTA DE INDICADORES	79
4.1	INDICADORES ORIUNDOS DA LISTA 1(SPR)	79
4.2	ANÁLISE DOS RESULTADOS DA LISTA 2 (FERRAMENTAS)	81
4.3	ANÁLISE POR DIMENSÕES.....	83
4.3.1	Dimensão ambiental.....	83
4.3.2	Dimensão social	87
4.3.3	Dimensão econômica	91
4.4	AVALIAÇÃO DOS INDICADORES PROPOSTOS.....	92
4.4.1	Indicadores de maior relevância.....	93
4.4.2	Indicadores de menor relevância.....	95



4.4.3	Indicadores não compreendidos	100
4.4.4	Indicadores alterados e comentários adicionais	103
5	LISTA FINAL DOS INDICADORES	106
5.1	DIMENSÃO AMBIENTAL	106
5.1.1	Relações entre o edifício e o entorno.....	106
5.1.2	Água.....	107
5.1.3	Energia	108
5.1.4	Materiais	109
5.1.5	Resíduos.....	111
5.1.6	Emissões	112
5.2	DIMENSÃO SOCIAL	113
5.2.1	Qualidade do Ambiente Interno	114
5.2.2	Segurança.....	115
5.2.3	Gestão e qualidade dos serviços	116
5.3	DIMENSÃO ECONÔMICA	117
5.3.1	Custo.....	118
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	119
7	REFERÊNCIAS.....	122
	APÊNDICE I	133
	APÊNDICE II.....	143
	APÊNDICE III	148

1 INTRODUÇÃO

Para a produção arquitetônica na Antártica, assim como em centros urbanos densificados, deve-se levar em consideração os condicionantes ambientais e fatores locais que possam interferir no processo construtivo. A Antártica, diferente do meio urbano tradicional, apresenta condicionantes ambientais rigorosos e particularidades que influenciam e dificultam o processo de construção.

Considerada a “Terra dos Superlativos”, área mais remota, desértica, estéril, com alta velocidade de ventos – que chegam a 200 km/h –, e superfície média elevada – altura 3 vezes maior que qualquer outro continente – a Antártica, apresenta uma das piores condições de habitabilidade do planeta (ALVAREZ, 1995). Estas condições, juntamente com a dificuldade de acesso, sensibilidade ambiental, ausência de materiais locais, entre outros fatores, tornam a Antártica um local desafiador, principalmente quando se almeja construções pautadas nos fundamentos sustentáveis. Para o entendimento da problemática que envolve a elaboração de projetos arquitetônicos específicos para esta localidade, deve haver a compreensão deste contexto atípico, onde as condições citadas podem influenciar o desempenho da edificação além do conforto e segurança dos usuários.

Deste modo, devido a especificidade da Antártica, o conjunto de indicadores de sustentabilidade adotados para o desenvolvimento de projetos nesse sítio, requerem a aplicação de conceitos diferenciados dos tradicionalmente adotados nos meios urbanos, inclusive eventualmente exigindo maior rigor em sua aplicação efetiva.

No meio urbano, além dos Planos Diretores para definição das tipologias e uso do solo, existem inúmeras ferramentas de avaliação capazes de fornecer diretrizes para construção de edificações mais sustentáveis. Contudo, em muitas situações, os indicadores de sustentabilidade usados em centros urbanos densificados não se aplicam às áreas de interesse ambiental, advertindo-se ainda que alguns aspectos de grande importância para estes locais podem ser desprezíveis nos meios urbanos e, por isso, não são considerados nas ferramentas de avaliação. O mesmo pode ocorrer no sentido inverso, ou seja, aspectos de fundamental importância nos aglomerados urbanos perdem o seu sentido quando se trata da Antártica.

Considerando o exposto, algumas perguntas impulsionaram a realização deste trabalho:



De que forma os condicionantes, fatores limitantes e potencialidades influenciam no processo de construção de edificações mais sustentáveis na Antártica?

Como formular um conjunto de indicadores de sustentabilidade específicos para uma das áreas mais inóspitas do planeta?

1.1 JUSTIFICATIVA

As ferramentas de avaliação foram desenvolvidas em resposta aos questionamentos do atendimento dos edifícios aos requisitos de desempenho para o qual foram planejados (KIBERT, 2005), sendo consideradas em diversos países como participantes ativas na produção de edificações mais sustentáveis. Pela capacidade de transmissão do conhecimento de sustentabilidade aplicado às edificações, as ferramentas de avaliação podem se tornar importantes incentivadores para a criação de projetos mais sustentáveis (BARATELLA, 2011).

Diante da especificidade de cada região ao qual a edificação está inserida, a maioria das ferramentas tem sido estruturada para localidades específicas, não admitindo completa reprodução em outras realidades (ALYAMI; REZGUI, 2012). Nas ferramentas há um considerável número de indicadores que buscam consonância com as características do local avaliado, e a combinação com seus devidos pesos é uma das estratégias adotadas para a realização de avaliações adaptadas a cada realidade (RICARDO; BRAGANÇA, 2011). Ressalta-se, no entanto, que o panorama da construção sustentável mundial, no que tange as ferramentas de avaliação, indica preocupações diretamente relacionadas às edificações de centros urbanos, visto serem os locais de maiores impactos associados, sejam ambientais ou mesmo nos demais ramos da sustentabilidade.

Embora as preocupações inerentes ao conceito de sustentabilidade estejam intimamente vinculadas aos aglomerados urbanos, em áreas de difícil acesso e de interesse ambiental – a exemplo da Antártica – mostram-se sensíveis às intervenções humanas justamente por normalmente não terem ocupações densificadas. Ao analisar a riqueza natural e a fragilidade ambiental da Antártica em concordância com os esforços científicos para monitorá-la e preservá-la, observa-se a inexistência de ferramentas de avaliação de sustentabilidade que abordem os aspectos específicos para suas edificações. Segundo Souza (2008) é comum ao ser humano alterar o ambiente por meio da arquitetura para atender às suas necessidades, contudo este fato exhibe uma lacuna quando analisado o ambiente Antártico, cuja fragilidade e possíveis



alterações podem comprometer o equilíbrio ambiental e, também, as importantes pesquisas científicas desenvolvidas no ambiente.

Apesar de haver estações científicas edificadas na Antártica e legislação específica que regulamenta as atividades – como o Tratado de Madri (IAATO, 2014) –, não há um instrumento regulamentador que forneça parâmetros para as construções, especialmente direcionados para a proposição de edificações de baixo impacto ambiental. Observa-se que nos últimos anos a quantidade de bases e estações construídas naquele continente tem aumentado substancialmente – chegando em 2014 a um total de 104 edificações de maior porte (SCAR, 2014) – e há também um expressivo incremento das atividades turísticas (IAATO, 2012), enfatizando a importância da elaboração de indicadores visando o desenvolvimento sustentável do denominado Último Continente.

1.2 OBJETIVOS

Esta pesquisa teve por objetivo propor procedimentos para elaboração de um conjunto de indicadores de avaliação de sustentabilidade, a serem utilizados na etapa de planejamento e projetos, direcionadas às edificações na Antártica.

1.2.1 Objetivos Específicos

Para a concretização e complementação do objetivo proposto foram definidos como objetivos específicos:

- ▶ Identificar os condicionantes, fatores limitantes e potencialidades para o desenvolvimento de projetos para edificações na Antártica;
- ▶ Elaborar uma estrutura analítica para obtenção de indicadores de sustentabilidade específica para a área proposta;
- ▶ Propor uma metodologia flexível que possa ser utilizada para obtenção de indicadores em outras áreas;
- ▶ Analisar a relevância do conjunto de indicadores com o apoio dos pesquisadores que atuam ou atuaram na Antártica; e
- ▶ Identificar os indicadores de sustentabilidade que possam fornecer subsídios para a construção de edificações inseridas na Antártica.

1.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o alcance dos resultados, previu-se inicialmente (etapa 1) a revisão bibliográfica com o levantamento dos condicionantes ambientais, dos fatores limitantes, das potencialidades do local de estudo além do levantamento das características e técnicas construtivas existentes considerando a Antártica como recorte territorial. Em paralelo, foi necessário realizar a revisão bibliográfica tanto de conceitos amplos ou específicos, como em relação aos indicadores de sustentabilidade extraídos das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de edifícios, selecionados pelo reconhecimento nos âmbitos mundial e/ou local.

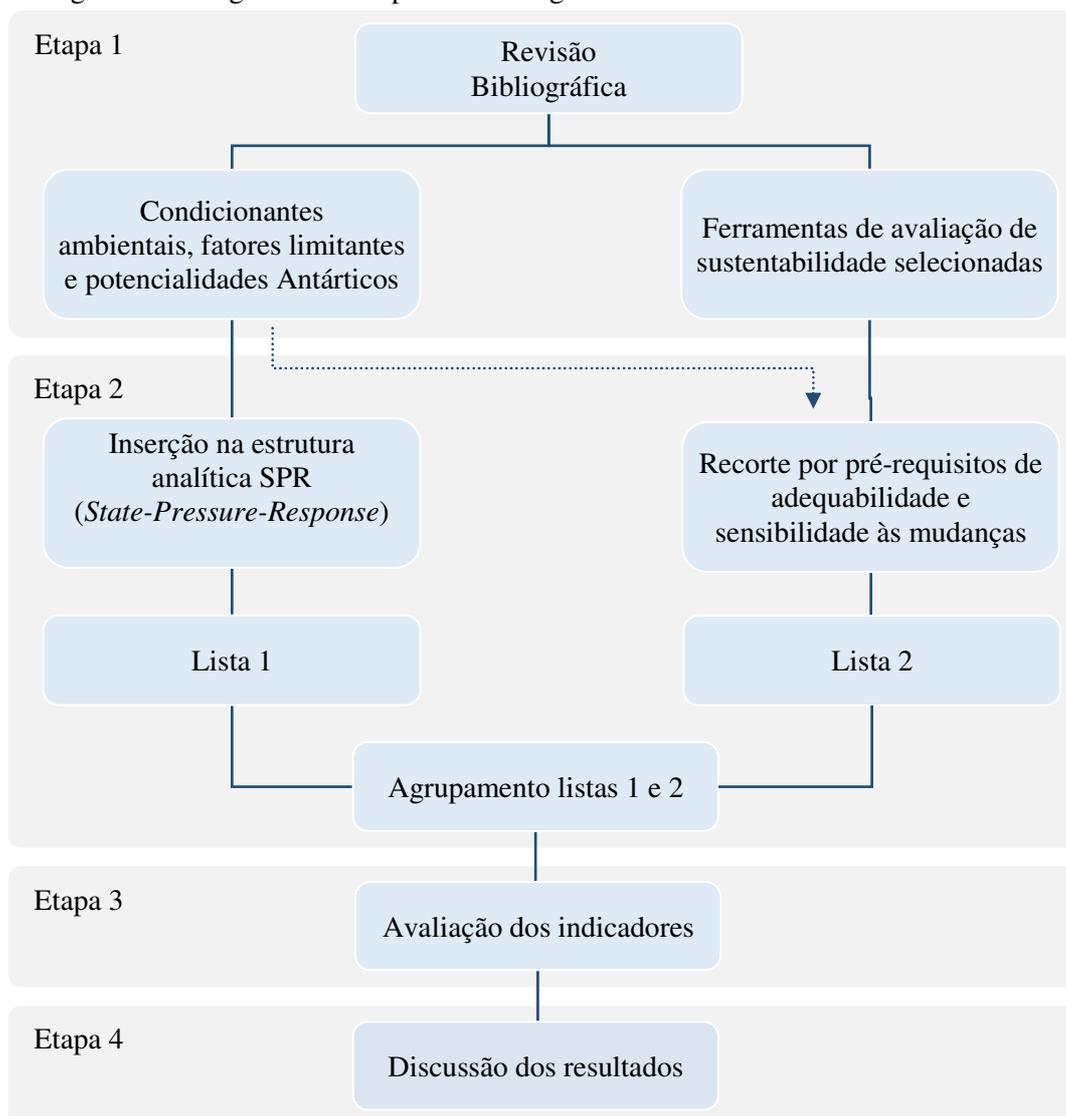
As informações supracitadas tornaram possível formular duas listas distintas de indicadores (etapa 2): a primeira oriunda da estrutura analítica *state-pressure-response* ou SPR com a inserção dos condicionantes ambientais, dos fatores limitantes e das potencialidades específicas da Antártica; e a segunda originária de um recorte dos indicadores presentes nas ferramentas de avaliação que melhor representam a realidade do local. Em posse dos indicadores de ambas as listas, foi realizado um agrupamento e inserção dos indicadores das listas 1 e 2 numa estrutura organizada por dimensões, temas e subtemas.

A etapa 3 compreendeu a validação dos indicadores pré-selecionados através de um questionário enviado aos pesquisadores que atuam ou atuaram na Antártica – e de alguma maneira, vinculados às atividades relacionadas às pesquisas sobre edificações antárticas –, no qual para cada indicador proposto os respondentes estabeleceram pesos de relevância de 0 à 3 (irrelevante à muito relevante). Com base nas respostas, os indicadores de sustentabilidade propostos puderam, ou não, ser selecionados para comporem a listagem final, apresentada no capítulo 5.

Após a avaliação dos indicadores, a etapa 4 compreendeu a discussão dos resultados. Além do rebatimento conceitual relacionado a cada indicador, foram também considerados os comentários e as ponderações de cada pesquisador. Os indicadores foram organizados de modo a estabelecer quais os de maior representatividade, de menor relevância, além daqueles não compreendidos e os que necessitam de reformulação textual ou explicações adicionais para sua aplicação.

A sistematização destas informações permitiu a definição e a formulação dos indicadores ajustados à realidade Antártica, conforme processo metodológico sintetizado na Figura 1 e posteriormente detalhado nos subitens a seguir apresentados.

Figura 1. Fluxograma das etapas metodológicas



1.3.1 Revisão bibliográfica

A preparação do capítulo de revisão bibliográfica, ou estado da arte, teve como objetivo abranger o conhecimento a respeito dos condicionantes projetuais para implantação de edificações Antárticas e dos métodos de aquisição de indicadores de sustentabilidade no ambiente construído. Deste modo, foram pesquisados trabalhos referenciais especialmente relacionados aos temas Antártica e indicadores de sustentabilidade. Através do estado da arte foi possível selecionar aspectos pertinentes sobre o assunto específico da pesquisa e suas lacunas, além de permitir o lançamento inicial dos indicadores de sustentabilidade específicos para Antártica.

Primeiramente, houve a necessidade de obter informações sobre o local estudo de caso, ou seja, a Antártica. Assim, esta etapa da revisão bibliográfica considerou inicialmente a historicidade



da presença humana; a importância econômica, científica e estratégica do Continente, e os condicionantes, fatores limitantes e as potencialidades do local estudo de caso para implantação de edificações. Também foram avaliados os dados da arquitetura local considerando: a) a Estação Antártica Comandante Ferraz – EACF e seu processo de reconstrução; b) as estações científicas referenciais; e c) a síntese das diretrizes projetuais para a Antártica.

O segundo momento da revisão bibliográfica caracterizou-se pelo entendimento do conceito de sustentabilidade para então, propor diretrizes que possibilitassem seu alcance na Antártica. De tal modo, a organização das informações foi sistematizada a partir dos seguintes principais aspectos: a) Conceitos e princípios expostos por organizações, países e instituições e análise da evolução do termo sustentabilidade; b) Iniciativas e recomendações internacionais para a obtenção de indicadores de sustentabilidade; c) Estruturas analíticas, organizacionais e métodos empregados para aquisição de indicadores de sustentabilidade; d) sustentabilidade na construção civil; e) indicadores de sustentabilidade na construção civil; e f) construção sustentável através das ferramentas de avaliação da sustentabilidade.

O levantamento dos métodos de aquisição de indicadores de sustentabilidade na construção civil e as discussões sobre a região de trabalho da presente pesquisa possibilitaram afirmar que, atualmente, não há procedimentos utilizados para avaliar ou analisar a sustentabilidade em projetos de edificações inseridas na Antártica.

1.3.2 Desenvolvimento dos indicadores de sustentabilidade

Conforme explicitado pelo fluxograma das etapas metodológicas, para o desenvolvimento da pesquisa considerou-se duas fases com métodos de obtenção distintos, ou seja: a) elaboração dos indicadores pela inserção dos condicionantes, fatores limitantes e potencialidades na estrutura analítica SPR correspondendo à Lista 1; e b) recorte dos indicadores constituintes nas ferramentas selecionadas por pré-requisitos de adequabilidade e sensibilidade às mudanças – Lista 2.

A. Definição da Lista 1 - Indicadores resultantes da estrutura analítica SPR

Para definição da Lista 1, foram relacionados os condicionantes, os fatores limitantes e as potencialidades para construções na Antártica. Para tanto, foi utilizada como metodologia de suporte a estrutura analítica *Pressure-State-Response* ou PSR (OECD, 2003). Conforme Segnestam (2002), uma estrutura analítica contribui para organizar o conjunto de indicadores de forma a facilitar sua interpretação e garante que todos os aspectos propostos pelos

indicadores sejam levados em consideração, além de auxiliar na compreensão das diferentes questões inter-relacionadas.

A estrutura PSR se caracteriza por uma situação dinâmica em que podem ser identificados a causa, o efeito e as possíveis medidas compensatórias ou mitigadoras para uma determinada situação. A mesma é passível de ser adaptada, e diante da flexibilidade que apresenta, esta estrutura passou por variações como, por exemplo, o *Driving forces-state-response* – DSR e o *Driving forces-pressure-state-impact-response* – DPSIR, no qual foram inseridos indicadores para atendimento de outros propósitos (OECD, 2003). Não obstante, para o uso da estrutura PSR nesta pesquisa foi necessário proceder a um ajuste, pois além da estrutura corresponder à um instrumento de aquisição de indicadores, especialmente de impactos ambientais, algumas questões não são compatíveis com as especificidades inerentes da Antártica.

A adequação da estrutura analítica foi realizada por meio da adaptação de *Pressure* e de *State*, por não representar a realidade de uma área de preservação, cuja fragilidade ambiental não permite pressões ou alterações no estado do ambiente durante as atividades de construção, uso e desmonte de edificações. Além disso, o item *Response* da estrutura original se caracteriza por medidas resolutoras, e por vezes punitivas. Deste modo, na presente pesquisa, também houve adequação dos indicadores de *response*, para medidas preventivas ou mitigadoras. Neste sentido, a estrutura analítica foi adaptada e os elementos de análise considerados foram *State-Pressure-Response* ou SPR (Quadro 1).

Quadro 1. Estrutura analítica SPR adaptada PSR

(Continua)

Tipologia	Definição original (diretamente relacionada às questões ambientais)	Definição adaptada à pesquisa (diretamente relacionada ao ambiente construído)	Exemplo
S - <i>State</i> ou Estado	Se caracteriza pelo estado físico, biológico e/ou químico do ambiente resultante das pressões sofridas pelo ambiente	Se caracteriza pelo estado do ambiente, condicionantes ambientais e os acontecimentos físicos, químicos, biológicos e/ou geográficos que se apresentam como fatores limitantes à construção de edificações na Antártica	Velocidade do vento
P - <i>Pressure</i> ou pressão	Descreve as pressões sofridas pelo ambiente causadas pelas ações humanas	Descreve a possível pressão que o Estado do ambiente Antártico pode ocasionar nas edificações e nos usuários, como também a possível pressão que a implantação de edificações pode ocasionar no Estado do ambiente	Acúmulo de neve na fachada que funciona como bloqueio à passagem do vento e varrição da neve

Quadro 1. Estrutura analítica SPR adaptada PSR

(Conclusão)

Tipologia	Definição original (diretamente relacionada às questões ambientais)	Definição adaptada à pesquisa (diretamente relacionada ao ambiente construído)	Exemplo
R - <i>Response</i> ou Resposta	As respostas a proposição de decisões projetuais que contribuam para a resolução ou medida mitigadora do impacto que pode ser causada pela construção	As respostas a proposição de decisões projetuais que contribuem para a resolução da pressão que pode ser causado pela edificação	Concepção de forma aerodinâmica, que auxilie na livre passagem do vento e não acúmulo de neve e gelo

Fonte: Montarroyos e outros (2015)

A partir dos procedimentos propostos pela estrutura analítica SPR foi elaborada a Lista 1 composta de indicadores em conformidade com a especificidade do ambiente antártico.

B. Definição da Lista 2 – Indicadores oriundos das ferramentas de avaliação

A Lista 2 foi estruturada a partir da apreciação dos indicadores propostos nas principais ferramentas de avaliação de sustentabilidade, selecionadas a partir de sua relevância mundial. Foi considerado no processo seletivo, a disponibilidade de dados, sendo descartadas as ferramentas que exigiam pagamento para o fornecimento de informações necessárias para a pesquisa. Os indicadores foram coletados, especialmente, das seguintes ferramentas: AQUA – Alta Qualidade Ambiental/Brasil (FCAV, 2014); ASUS – Avaliação de Sustentabilidade/Brasil (ALVAREZ; SOUZA, 2011); BREEAM – *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*/Reino Unido (BREAM, 2009); CASBEE – *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*/Japão (CASBEE, 2014), HQE – *Haute Qualité Environnementale*/ França (GUIDE, 2014); LEED – *Leadership in Energy & Environmental Design*/Estados Unidos (USGBC, 2014); e SBTool – *Sustainable Building Tool*/ Consórcio Internacional (COLE; LARSSON, 2002). As justificativas técnicas para escolha destas ferramentas de avaliação foram o reconhecimento das mesmas a nível mundial ou por sua característica de flexibilidade para as questões locais; a abrangência conceitual apresentada; a organização do sistema em relação às categorias; e a definição clara do propósito de cada indicador. A estratégia utilizada foi o emprego da SBTool como fonte primária de aquisição dos indicadores, por ter sido considerada a base de outras ferramentas e por apresentar flexibilidade no uso, e as demais como ferramentas auxiliares que contribuiriam para o enriquecimento dos dados.

Para a seleção de indicadores, optou-se pela concordância destes com a etapa de planejamento e projeto. Entre as variadas fases da elaboração de edificações, a fase de projeto é a etapa no



qual são decididas as principais questões sobre edificações, sem exigir investimentos adicionais (SOUZA; ALVAREZ, 2011). Posteriormente, conforme preconizam Waldetário e Alvarez (2010), Alwaer e Clements-Croome (2010) e Bissoli-Dalvi (2014), para a avaliação de situações peculiares, como é o caso da Antártica, torna-se necessário proceder ao recorte dos indicadores visando identificar aqueles realmente aplicáveis para a área de estudo.

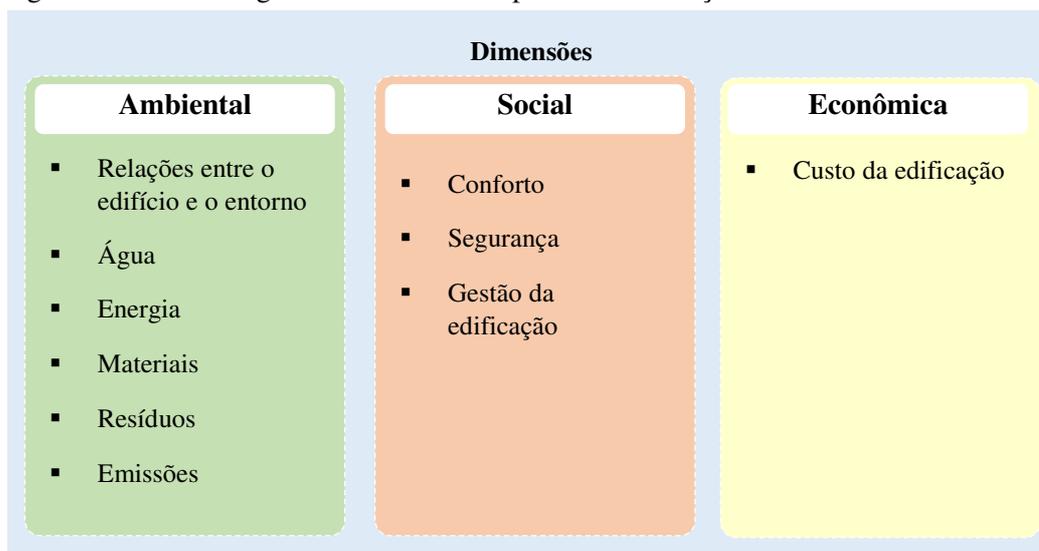
Desta forma, analisando a complexidade do assunto e a necessária seleção dos aspectos de maior relevância a serem considerados no processo de escolha dos indicadores, os pré-requisitos utilizados neste recorte foram: 1) Adequabilidade à realidade Antártica; e 2) Sensibilidade às mudanças, diante da importância da adaptabilidade da edificação ao longo dos anos em áreas de suscetibilidade ambiental. Assim, a partir dos indicadores levantados, foi realizada uma correlação de pertinência a esses conceitos e os indicadores selecionados a partir deste recorte foram organizados na lista 2.

C. Agrupamento listas 1 e 2 – Estrutura Organizacional

Para cada lista pré-definida foi feita uma análise dissociada, com o objetivo de identificar similaridades e diferenças. Como método de análise foi utilizada a estrutura organizacional *CSD Theme Indicator Framework* (DESA, 2007), sendo possível a identificação dos indicadores de maior influência na sustentabilidade local, e o reconhecimento das questões relevantes para inserção em edificações Antárticas.

CSD Theme Indicator Framework é uma estrutura que organiza os indicadores de acordo com as 3 dimensões elementares da sustentabilidade – ambiental, social e econômica – e as subdivide em temas e subtemas. Segundo o *Department of Economic and Social Affairs – DESA* (2007), esta é uma estratégia flexível que permite o agrupamento de dados, bem como a exclusão de itens. Deste modo, a inserção dos indicadores contidos nas listas numa estrutura organizacional padronizada permitiu a apreciação das diferenças e similaridades dos indicadores bem como facilitou o agrupamento. A Figura 2 apresenta os conceitos preconizados pela estrutura adotada, cujas dimensões e categorias foram escolhidos e selecionados a partir das ferramentas de avaliação de sustentabilidade.

Figura 2. Estrutura organizacional adotada para a classificação dos indicadores



Após a compilação das 2 listas de acordo com a estrutura organizacional, foi feita uma avaliação de pertinência e exequibilidade dos indicadores propostos através de consultas e entrevistas com os profissionais atuantes na Antártica.

1.3.3 Processo de avaliação dos indicadores

A confirmação da relevância dos indicadores para edificações científicas inseridas na Antártica, realizou-se por meio da análise das respostas de questionários enviados somente aos profissionais vinculados ao projeto ARQUIANTAR e pesquisadores com trabalhos caracteristicamente multidisciplinares e que possuem artigos publicados sobre a Antártica. Os profissionais e pesquisadores funcionaram como auxiliares na definição do nível de relevância e dificuldade de compreensão dos indicadores, contribuindo para a definição dos indicadores da lista final.

O questionário foi elaborado para que, inicialmente, os participantes fornecessem os dados básicos (idade e sexo) e as informações profissionais, tais como área de atuação, formação, quantidade de idas à Antártica e tempo de permanência. A partir dessas informações foi possível distinguir o provável nível de conhecimento dos pesquisadores em relação aos indicadores e ao ambiente Antártico.

Em relação à avaliação dos indicadores, a pesquisa utilizou um modelo de questionário para quantificar o grau de importância de cada indicador, no qual foram atribuídos os seguintes níveis de relevância: 0 para irrelevante, 1 para pouco relevante, 2 para relevante e 3 para muito relevante. Também foi considerado o potencial de compreensão, atribuindo-se o valor 0 para não compreendido e 1 para compreendido. Em caso de não compreensão, foi solicitado aos

participantes que marcassem 0 e preenchessem a lacuna "Indicador não compreendido", com a finalidade evitar a pontuação de dados não compreendidos. Para permitir a contribuição dos especialistas e enriquecimento da pesquisa, ao final de cada página, foi disponibilizado um campo para “observações complementares”, possibilitando ao respondente emitir comentários livres. A formatação dos questionários foi organizada conforme Quadro 2 e a pesquisa encontra-se em seu formato completo no Apêndice I.

Quadro 2. Modelo do questionário de relevância dos indicadores

Pesquisa sobre indicadores de sustentabilidade para edificações na Antártica						
Idade						
Sexo						
Área de atuação						
Formação						
Quantas vezes foi à Antártica? (Nenhuma, 1 vez, de 2 a 5 vezes, mais de 5)						
Quanto tempo permaneceu?						
Qual a dimensão da sustentabilidade você considera mais importante para edificações inseridas na Antártica? (Ambiental, social, econômica, ambiental e social, ambiental e econômica, social e econômica ou todas)						
Indicadores	Nível de relevância				Compreensão	
	0	1	2	3	0	1
Título do indicador 1						
Título do indicador 2						
Título do indicador 3						
Observações complementares						

Após a definição do questionário, a pesquisa passou pela apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa – CEP com seres humanos. Com todos os termos obrigatórios em conformidade com a resolução e regras vigentes, a mesma foi aprovada em 28 de abril de 2015 sob o número 1.038.508. O parecer concluiu a ausência de riscos diretos à saúde física ou mental dos participantes.

Diante da especificidade da pesquisa – cujo local é incomum e desconhecido à grande parte dos profissionais da construção civil – o questionário foi enviado a um seletivo grupo de 26 pesquisadores. Com o objetivo de evitar resultados tendenciosos, a colaboração foi anônima e voluntária. Os questionários foram enviados para todos os profissionais da área da construção civil que estiveram, estudam ou estudaram a Antártica por meio do serviço de armazenamento e sincronização de dados do *Google drive*. Por e-mail, foi enviado um link de acesso no dia 19 de junho de 2015, ficando disponível para acesso e envio das respostas durante cerca de 50 dias, não havendo garantia da quantidade de respondentes.

Ao final do prazo de avaliação, a pesquisa contemplou 14 pesquisadores respondentes. As contribuições dos mesmos, através das observações complementares, foram registradas sem



identificação do pesquisador, apresentando-se como Pesquisador 1, Pesquisador 2, etc. seguidos das respectivas formações acadêmicas.

Para análise dos valores das avaliações dos indicadores foi utilizada uma tabela matriz. Nela, foi possível distinguir por dimensões e categorias os indicadores com maiores porcentagens de “maior relevância”, “menor relevância” e/ou “não compreensão”, além de obter as médias ponderadas de cada item. Os indicadores de maior e menor relevância foram avaliados através da média ponderada e da maior frequência de notas (moda). Para tanto, houve a exclusão das avaliações dos respondentes que assinalaram “não compreendido”. Já os indicadores “não compreendidos” foram separados por porcentagem de pesquisadores que assinalaram “não compreensão”. Para análise do grau de confiança dos dados, todos os indicadores foram organizados através de gráficos de dispersão.

1.3.4 Apresentação e discussão dos resultados

A etapa de apresentação e discussão dos resultados compreendeu a análise das informações obtidas a partir da avaliação dos indicadores pelos profissionais selecionados.

A apresentação dos resultados foi organizada em subcapítulos contendo: os indicadores de maior relevância; indicadores de menor relevância; indicadores não compreendidos; indicadores alterados; e comentários adicionais. No decorrer deste capítulo, foram descritas as dificuldades de avaliação e compreensão dos indicadores e o diagnóstico dos pontos de aprimoramento da metodologia adotada. Por fim, destaca-se a lista de indicadores com as alterações realizadas.

1.3.5 Avaliação dos resultados

Esta etapa compreendeu a identificação dos problemas detectados, situações não previstas, verificação do cumprimento dos objetivos do trabalho, possível contribuição da proposta para o meio científico, aplicabilidade e adaptabilidade da metodologia para outras situações e identificação das lacunas para a continuidade da pesquisa.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação, foi organizada de acordo com os seguintes capítulos:

O **capítulo 1** trata-se da introdução, onde é realizada a contextualização da pesquisa, expondo os objetivos, justificativa, procedimentos gerais da pesquisa e a estrutura do trabalho.



O **capítulo 2** apresenta a revisão bibliográfica com o primeiro tema envolvido na presente pesquisa, ou seja, as peculiaridades da Antártica, evidenciando as edificações existentes, os condicionantes locais, os fatores limitantes e potencialidades diferenciados dos meios urbanos tradicionais.

O **capítulo 3** aborda os conceitos inerentes à sustentabilidade com ênfase aos aspectos relativos aos indicadores de sustentabilidade no ambiente construído.

O **capítulo 4** apresenta os procedimentos metodológicos empregados, incluindo a obtenção da lista inicial de indicadores – oriundo da sistematização dos dados das Listas 1 e 2; e resultados dos questionários respondidos pelos pesquisadores consultados.

No **capítulo 5** consta a apresentação e organização da lista de indicadores propostos, contando com as possíveis alterações, e conceituação das dimensões e categorias.

No **capítulo 6** estão as considerações finais, avaliação do cumprimento dos objetivos da pesquisa além de indicação de aprimoramentos e possibilidades de temas paralelos para a continuação da pesquisa.

Por fim, estão as referências utilizadas no decorrer da pesquisa, e os dados e questionários dispostos nos **apêndices**.

2 ANTÁRTICA

Sendo uma área denominada como de difícil acesso e interesse ambiental, a Antártica possui características e peculiaridades diferenciada quando comparada aos meios urbanos tradicionais. Os principais aspectos considerados para a elaboração e planejamento de edificações nesta área são – ou deveriam ser – a busca de soluções que culminem na eliminação ou minimização dos impactos ambientais decorrentes da ocupação humana, sendo os aspectos relacionados à busca na redução do impacto a curto e longo prazos, condicionantes fundamentais no processo de projeto. Entre outros fatores que interferem no processo de projeto para a criação de infraestrutura na Antártica, destacam-se as dificuldades logísticas para a implantação, operação e manutenção das edificações, sejam elas voltadas para atividades científicas, de fiscalização ou de recreação (ALVAREZ, 2003). Além disso, considerando ser uma área de difícil acesso – e normalmente, inóspita – os condicionantes relacionados à segurança durante todo o ciclo de vida da edificação (construção, operação, manutenção e desmonte) também adquirem indiscutível importância, fazendo com que as soluções construtivas devam ser especialmente desenvolvidas de acordo com as características e periculosidades do lugar (ALVAREZ et al., 2013).

Os indicadores de sustentabilidade adotados para o desenvolvimento de projetos nesse continente requerem a aplicação de conceitos diferenciados dos tradicionalmente adotados nos meios urbanos, eventualmente exigindo maior rigor em sua aplicação efetiva.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ANTARTICA

Assim como grande parte dos autores estudiosos do ambiente Antártico, deve-se ressaltar as características extremas da região: mais remota, fria, alta, ventosa, seca, desértica, distante e menos habitada (CHILD, 1988; IUCN, 1991; ALVAREZ, 1995).

Se este fator já não justificasse a importância do estudo sobre construções Antárticas na presente pesquisa, em contrapartida às características inóspitas, o continente Antártico surpreende não somente pela beleza como pela riqueza natural de grande valor econômico e científico.

2.1.1 A história

Apesar de Pitágoras presumir a hipótese de haver áreas ao Sul que contribuíssem para “equilibrar” com as áreas do norte, somente a partir do século XV e XVI foram encontradas documentações que comprovassem a existência de terras opostas ao Ártico (CHILD, 1988) ou “terra de Antichthon” ou “Antartikos”, de onde originou o nome do continente Antártico



(MOCELLIN et al., 1982, apud ALVAREZ, 1998). Ainda que a hipótese pudesse estimular os desbravadores a Antártica, foi o aspecto econômico que levou os primeiros navegadores à região devido à abundância de focas e baleias, animais de importância comercial na época (PEREIRA; KIRCHHOFF, 1992).

Entre as etapas sucessivas de interesse – econômico e territorialista – e de desinteresse – pela dificuldade de acesso – surge o incentivo através das discussões promovidas pelo Congresso Geográfico Internacional, em 1895, despertando o interesse científico. De tal modo, o século XIX foi marcado por grandes expedições que, mesmo sendo de cunho científico, culminaram posteriormente em disputas territorialistas entre Reino Unido, França, Noruega, Austrália, Nova Zelândia, Argentina e Chile (SANTOS, 2014). Com o advento do Ano Geofísico Internacional, em 1961, a consagração da paz no continente decorreu da assinatura do Tratado da Antártica que, com validade de 30 anos e a concordância dos 12 países membros, reconheceu “[...] ser de interesse de toda a humanidade que a Antártica continue para sempre a ser utilizada exclusivamente para fins pacíficos e não se converta em cenário ou objeto de discórdias internacionais” (PROANTAR, 2001, p.17). Trinta anos após o tratado ter entrado em vigor, em 1991 a discussão direcionada ao continente passou a ser prioritariamente ambiental, culminando na elaboração do Protocolo ao Tratado da Antártica – Protocolo de Madri (ALVAREZ, 1995) que considera, entre outros aspectos, a proibição de atividades de exploração num período de 50 anos, determinando a Antártica como um território científico, pacífico e com rigorosa proteção ambiental (PROANTAR, 2014). Pode-se afirmar que o interesse mundial pela Antártica, ao longo de sua história, variava entre o interesse econômico, científico e estratégico.

No aspecto econômico, observa-se inicialmente, o valor comercial atribuído às focas e às baleias na época de caça e exploração, cuja gordura era utilizada como óleo para iluminação e os ossos para aplicações na construção civil (PEREIRA; KIRCHHOFF, 1992). Posteriormente, houve interesse pela imensa reserva de água doce e, também, pela possibilidade de exploração dos recursos minerais, tais como ouro e petróleo, tornando as terras do Sul ainda mais atrativas economicamente, apesar de não haver confirmação da existência (MACHADO; BRITO, 2006) ou possibilidade de extração. Atualmente, há um grande interesse turístico na região, o que também tem se mostrado como uma atividade econômica relevante (INTERNATIONAL..., 2015).

No que concerne à ciência, a dificuldade de acesso à Antártica permitiu a conservação e preservação de seu ambiente, do mesmo modo a distância do continente com os centros urbanos



de elevados índices de poluição permitiu a relativa preservação do lugar em relação aos poluentes. Deste modo, o ambiente Antártico contribui, entre outros aspectos, para o monitoramento de níveis de poluição, servindo como parâmetro para estudo de ciências atmosféricas. Para estudos relacionados às mudanças climáticas e análises meteorológicas, cabe destacar que o clima no Hemisfério Sul sofre influência direta das massas de ar frio originárias da Antártica, fazendo com que as coletas de dados meteorológicos realizadas no continente permitam previsões meteorológicas mais acertivas (MACHADO; BRITO, 2006). Já nas pesquisas relacionadas às ciências da vida, o krill se destaca como um dos principais objetos de pesquisa diante da elevada quantidade encontrada na Antártica e pelo valor nutricional com alto teor de proteínas e flúor (MENDES, 2014). Atualmente, as pesquisas com algas têm despertado grande atenção, já tendo sido identificadas espécies de macroalgas em que se verifica a presença de substâncias que pode inibir a carcinogênese e retardar o crescimento de tumores (PEREIRA et al., 2010).

Observa-se o interesse estratégico especialmente quando se considera os aspectos relacionados ao acesso entre os oceanos Atlântico e Pacífico, diante da impossibilidade do Canal do Panamá de atender embarcações do porte de transatlânticos. Embora o Canal esteja em processo de expansão com previsão de conclusão em 2016 (CANAL..., 2014), a passagem pelos canais de Beagle e Drake ainda são de fundamental importância para a economia mundial e para a livre passagem entre os oceanos.

Os interesses brasileiros na Antártica, assim como os de âmbito internacional, também se enquadram nos campos científico, econômico e estratégico, com especial atenção para as pesquisas científicas. Iniciando as atividades *in loco* em 1982, no ano seguinte o Brasil foi incluído no grupo dos membros consultivos com o reconhecimento das pesquisas realizadas na Antártica pelo Programa Antártico Brasileiro – PROANTAR – gerenciado pela Comissão Interministerial para os Recursos do Mar – CIRM.

Para maior conhecimento dos fatores antárticos, nos próximos itens são apresentadas as principais características do ambiente, destacando-se a geografia, o clima, a fauna e a flora, a sensibilidade ambiental, a população, o turismo, a logística, os regulamentos e a economia.

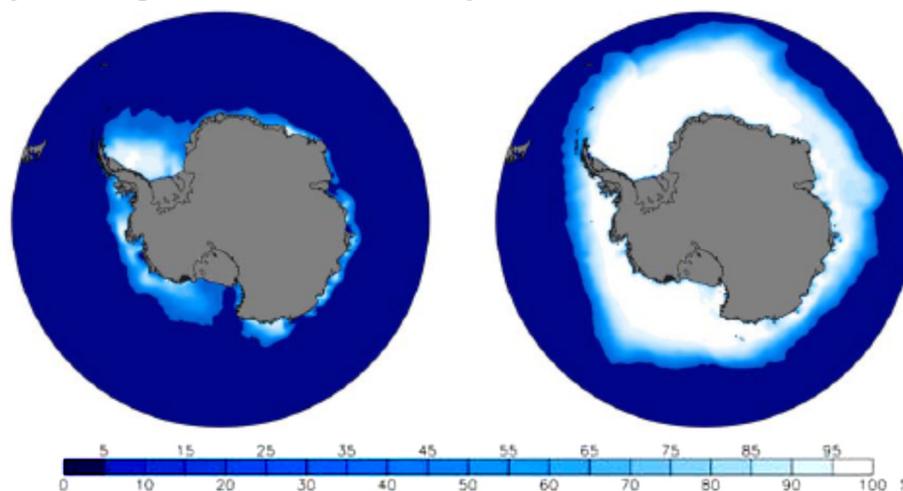
2.1.2 Geografia

Com cerca de 13,6 milhões de quilômetros quadrado – 10% da superfície da terra (SCAR, 2009) – a Antártica se caracteriza por apresentar uma situação inversa ao Ártico, tanto em relação aos fatores históricos citados, quanto aos fatores geográficos (CHILD, 1988). Observa-se que o

Ártico se caracteriza por um mar congelado cercado de continente, enquanto a Antártica é um continente congelado cercado de mar (CHILD, 1988; AQUINO, 2014; SCAR, 2009). As paisagens Antárticas são caracterizadas por sítios cobertos de gelo e rodeadas pelo intenso azul do oceano.

O mar Antártico apresenta uma considerável área de gelo marinho que se retrai e expande em determinadas épocas do ano (Figura 3), variando sua área entre 1,8 milhão de km² no início do verão a 20 milhões de km² no início do inverno (AQUINO, 2014).

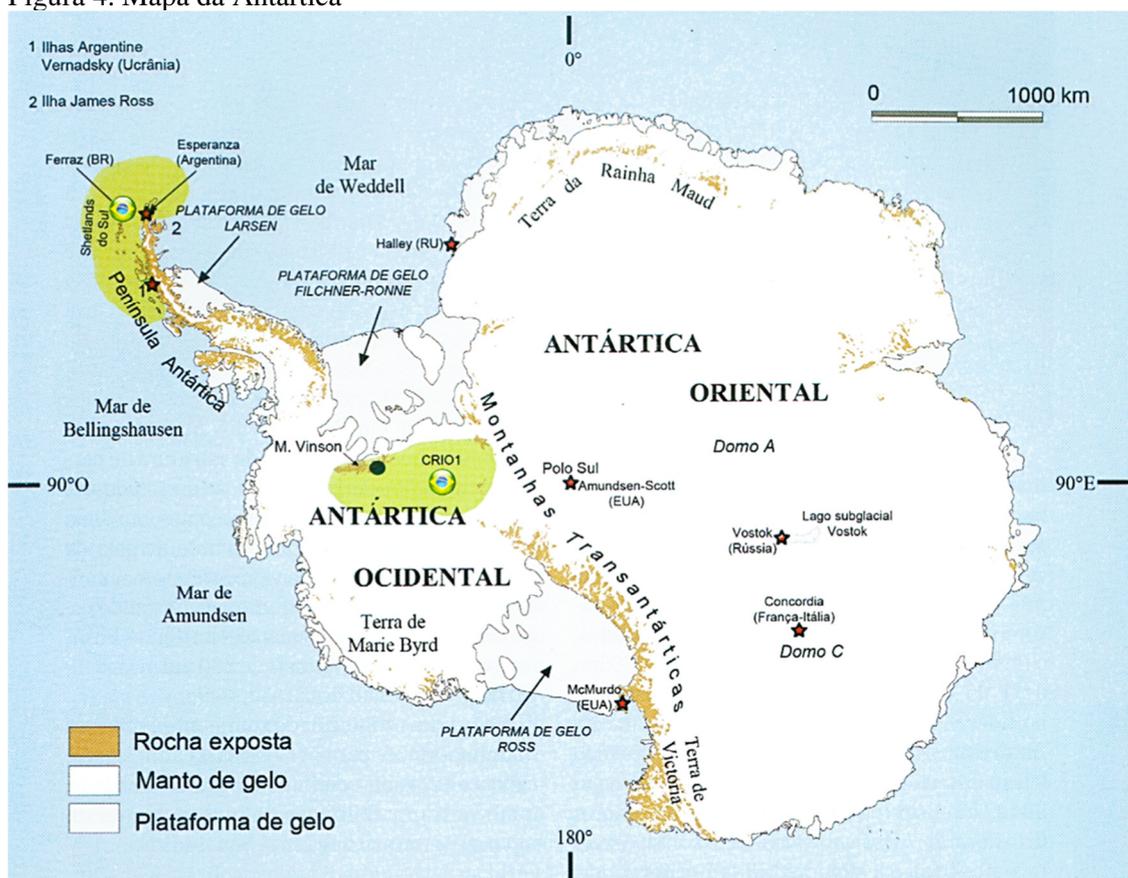
Figura 3. Expansão do gelo no mar Antártico (à esquerda fevereiro e à direita setembro)



Fonte: SCAR (2009, p. 9)

O Continente Antártico é dividido em Antártica Oriental, que é a área coberta de domo irregular sobre uma massa continental; e a Antártica Ocidental, cuja área inclui a Península Antártica e as barreiras de gelo Ross e Filchner (PALO JR, 1989). As montanhas transantárticas, que se iniciam no Mar de Ross até o Mar de Weddell (Figura 4) – separam o leste do oeste do Continente (SCAR, 2009).

Figura 4. Mapa da Antártica



Fonte: Simões (2014)

Com uma das maiores cadeias de montanhas do mundo, cuja altura chegam a 4.892m, o território antártico também conta com manto de gelo – com espessura que pode chegar a aproximadamente 5 km – e plataformas de gelo próximas à costa (SIMÕES^a, 2014). O manto de gelo de maior dimensão fica no centro da Antártica (SIMÕES^b, 2014).

O acúmulo sucessivo de neve na superfície, sob a pressão do próprio peso, contribui para a formação dessas camadas espessas de gelo (SIMÕES^b, 2014; CHILD, 1988; IUCN, 1991). Estas, por sua vez, carregam uma composição química da atmosfera como um arquivo natural de cerca de 800 mil anos (SIMÕES^b, 2014). Nas últimas décadas, em alguns pontos da Antártica foram realizados estudos da glacioquímica, a partir da retirada de amostras de gelo, que identificaram elevações na temperatura média, aumento de fluxo de emissões mundiais, entre outras informações. A análise do arquivo natural antártico foi fundamental para a pesquisa que desvendou o aumento mundial dos gases de efeito estufa (SIMÕES^b, 2014).

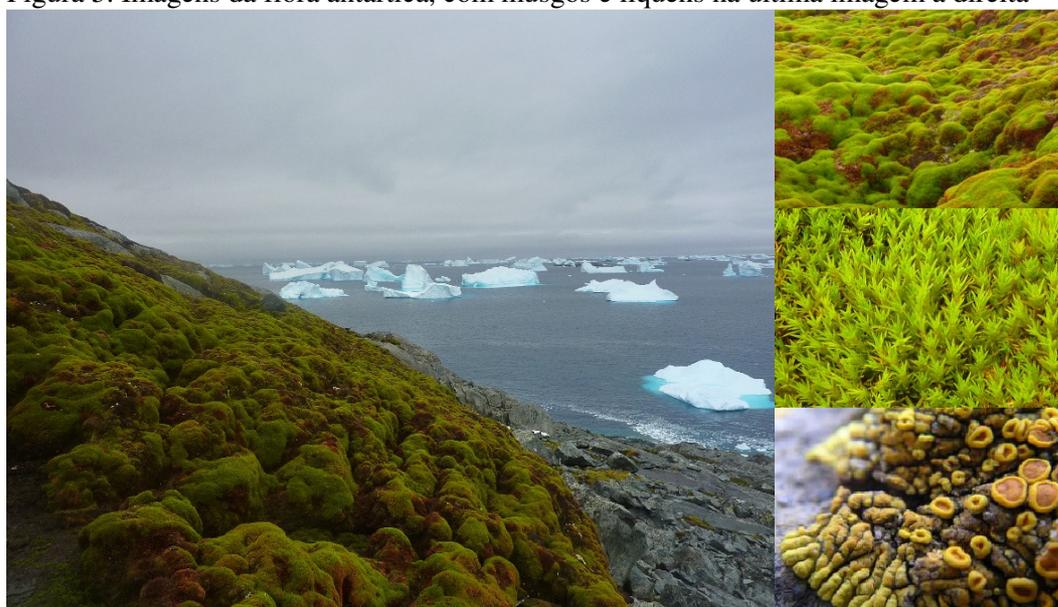
Com relação aos recursos hídricos, ainda que a Antártica concentre 61,7% da água doce do planeta, grande parte desse recurso se apresenta em estado sólido (RIBEIRO, 2008). Recentes

descobertas, evidenciaram a presença de lagos subglaciais interconectados com uma área provavelmente maior que a bacia amazônica (SIMÕES^b, 2014).

2.1.3 Fauna e flora

Com severas condições climáticas e poucas áreas descobertas de gelo, a flora na Antártica é praticamente inexistente. Esta é representada na forma de musgos e líquens (CHILD, 1988) que conseguem se fixar em rochas e solos com insuficiência de nutrientes (PALO JR, 1989), conforme ilustra a Figura 5. Diante da escassez e fragilidade, os campos contendo essas espécies são protegidos contra pisoteio humano (PALO JR, 1989), sendo amplamente recomendada sua preservação.

Figura 5. Imagens da flora antártica, com musgos e líquens na última imagem à direita



Fonte: Antarctic glaciers (2015)

O mar antártico, ao contrário do continente, é produtivo e contém espécies que se caracterizam como a base da cadeia alimentar antártica. Como já citado o krill (Figura 6), importante para as pesquisas científicas, representa a sustentação do ecossistema antártico como alimento para as demais espécies da cadeia trófica (PALO JR, 1989). Além de alimento das espécies Antárticas, é utilizado para pesca, aquicultura entre outras potenciais utilizações em outros continentes. Apesar da estimativa de que há cerca de 500 milhões de toneladas de krill no mar antártico, a espécie é sensível às alterações ambientais (MENDES, 2014).

Figura 6. Imagem do krill antártico



Fonte: Australian Antarctica Division (2015)

Conforme Alvarez (1995), pode-se afirmar que a fauna Antártica é caracterizada por animais que estão diretamente relacionados com o meio aquático, tais como os pinguins, aves marinhas e mamíferos, como baleias, golfinhos e focas (Figura 7).

Figura 7. Imagens dos pinguins imperador (à esquerda) e das focas (à direita)



Fonte: Cool Antarctica (2015)

Existem cerca de 18 espécies de pinguins no mundo, o que faz o pinguim imperador ser o ícone da Antártica é que esta espécie é a única capaz de permanecer no Continente e se reproduzir durante o inverno e em locais cobertos de gelo. As demais espécies se concentram em pinguineiras, lugar onde as colônias de pinguins nidificam, localizadas nas áreas livres de gelo e inclinações (BUGONI, 2014).

Portanto, com exceção dos pinguins-imperador, as demais aves marinhas são encontradas ao longo da costa da Antártica, como local protegido com possibilidade de obtenção de alimento. De acordo com Palo Jr. (1989), entre as espécies catalogadas estão os albatrozes, procelarídeos, petrel-gigante, pombas antárticas, entre outros (Figura 8).

Figura 8. Albatroz (à esquerda) e petrel-gigante (à direita)



Fonte: Australian Antarctica Division (2015)

Com relação às baleias, todos os anos, o período da primavera Antártica é caracterizado pela migração das espécies para o Continente em busca de alimento, e no inverno, saída para reprodução em latitudes menores. Embora a caça às baleias estivesse proibida, ainda há atividades desse tipo sendo realizadas ilegalmente (MINISTÉRIO..., 2009).

2.1.4 Clima

A distância entre o interior congelado do continente e a orla configura o clima continental da Antártica, caracterizado por temperaturas extremamente baixas no período do inverno. De tal modo, no inverno as temperaturas podem chegar à -80°C no interior, enquanto no verão, variam entre 0°C na costa à -35°C no interior do continente (AQUINO, 2014). A maior temperatura já registrada foi 15.5°C na base Argentina Esperanza localizada na península Antártica (CNN, 2015). A menor temperatura registrada numa estação científica foi -89.2°C na Estação Russa Vostok, situada no leste da Antártica em julho de 1983 (SCAR, 2009), contudo em agosto de 2010, um satélite da *National Aeronautics and Space Administration* – NASA – registrou a temperatura de -93.2°C nas imediações do Domo A, demoninando este local como o ponto mais frio do planeta (NASA, 2013).

Apesar de a Antártica contar com lagos e ser rodeada de mar, o Continente é qualificado como uma área desértica, devido ao baixo índice de precipitação anual (CHILD, 1988). Esclarecendo em números, alguns locais da Antártica chovem apenas 2cm ou 3cm de água por ano, tendo o índice de precipitação inferior ao deserto do Saara, por exemplo (SIMÕES^b, 2014).

Em concordância com os dados de precipitação, o índice de umidade absoluta é baixo, ocasionando reações ao homem como ressecamento das mucosas, eventualmente seguido de sangramentos (ALVAREZ, 1995). No entanto, nas áreas litorâneas, nas ilhas e em grande parte

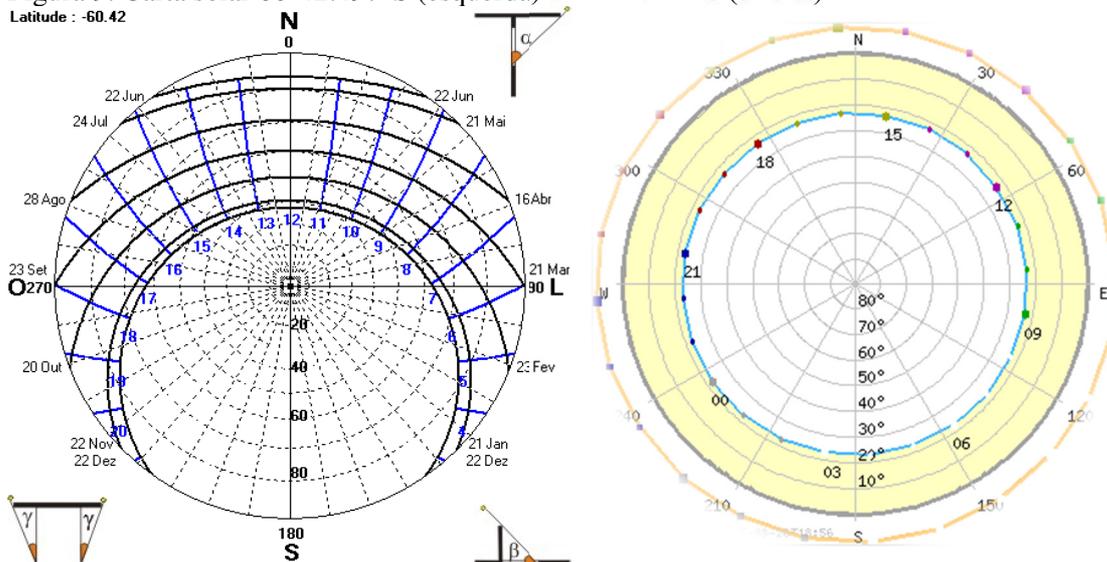
da Península Antártica esse fato não se verifica, sendo a umidade absoluta relativamente equilibrada.

Outra questão que influencia no clima local é a radiação solar. Durante o período do verão, a Antártica recebe um índice de radiação solar superior ao registrado em zonas equatoriais em qualquer época do ano (ALVAREZ, 1995).

Com base nas localizações da menor e maior latitude, pode-se afirmar que a trajetória solar da Antártica se caracteriza por longos períodos de sol na abóbada celeste próximo ao solstício de verão, e por períodos curtos de trajetória solar no inverno, no caso das estações com menores latitudes.

Segundo o *Scientific Committee on Antarctic Research* (2014), na Antártica há 104 edificações cuja latitude variam entre 60°42.497' S, da *Signy* Estação sazonal do Reino Unido, à 89°59.850' S, Estação Científica dos Estados Unidos *Amundsen-Scott*. Nas edificações com maiores latitudes, a trajetória solar no inverno se caracteriza por ausência do sol na abóbada celeste próximo ao solstício de inverno, conforme pode ser observado nas cartas solares da Figura 9.

Figura 9. Carta solar 60°42.497' S (esquerda) e 89°59.850' S (direita)



Fonte: Software Sol-ar 6.2 (2015) e Gaisma (2014)

Na edificação de maior latitude, o sol se põe abaixo da linha do horizonte no dia 21 de março e não se ergue até 21 de setembro. Quando elevado, a altura se dispõe no máximo à 23.5° acima da linha do horizonte (AUSTRALIAN..., 2015). Nas estações de latitude intermediária, a exemplo da Estação Concórdia, de latitude 75°S (Edificação compartilhada entre França e Itália), observa-se que nos dias de verão o sol não atinge altura maior que 50° e não se põe completamente (Figura 10).

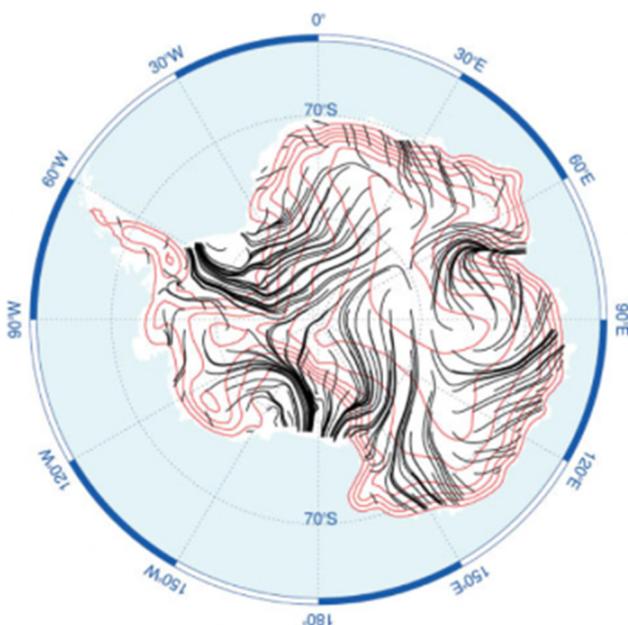
Figura 10. Trajetória solar em Concordia 75°S (imagem obtida de 2 em 2 horas durante o verão)



Fonte: Chronicles of Concordia (2015)

Com ventos que chegam a 200km/h, a Antártica é um dos lugares mais ventosos do mundo (BRITISH..., 2015). Segundo Palo Jr (1989, p.30), os ventos antárticos são diferentes dos ventos dos outros continentes, considerando que “sua intensidade e direção não são controladas pelos padrões gerais da pressão atmosférica, sua direção depende diretamente da topografia e da calota de gelo”. Embora se tenha conhecimento sobre a direção do vento, no Continente não há vento dominante (Figura 11), o fluxo do vento não é uniforme e se concentra na costa leste e nas depressões de superfície próximas às cadeias de Montanhas Transantárticas (VAN LIPZIG et al., 2004).

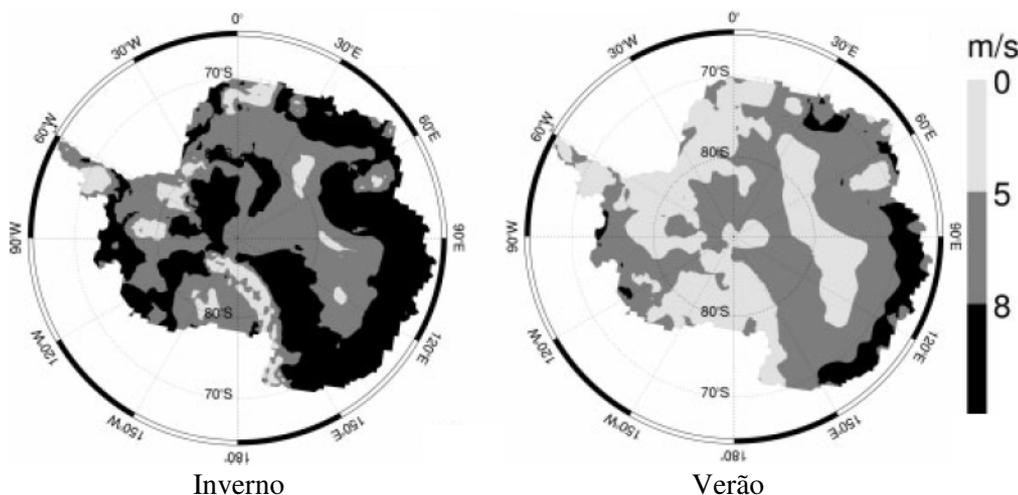
Figura 11. Direção dos ventos Antárticos



Fonte: Van Lipzig e outros (2004)

Os ventos mais característicos da região são os ventos catabáticos que transportam o ar frio do interior do continente para as zonas costeiras – e os ventos de pressão, de maior influencia local (VAN LIPZIG et al., 2004). Conforme Van Lipzig e outros (2004), há diferenças entre os ventos no período do verão e do inverno, no qual no inverno, há aumento na velocidade (Figura 12).

Figura 12. Diferenças na velocidade do vento no inverno e no verão Antártico



Fonte: Van Lipzig e outros (2004).

O vento forte associado à neve pode ocasionar acúmulo de gelo nas fachadas das edificações e originar uma “nuvem branca” no ambiente – o denominado *whitheout* – que diminui a visibilidade do visitante/pesquisador Antártico, sendo para Alvarez (1995) um dos fatores que forçam o homem antártico a obedecer rigidamente algumas regras de segurança.

2.1.5 População

Sem população nativa, a presença humana na Antártica é representada por pesquisadores, militares e turistas. Estima-se que no período do verão, cerca de 4 mil pessoas ocupam a Antártica, contudo no inverno, este número cai para mil habitantes (COOL..., 2015). Estes desembarcam num ambiente severo, contando somente com o essencial para a sobrevivência (CHILD, 1988).

A sociedade Antártica é composta por diversas nacionalidades e profissões que, apesar da diferença cultural e acadêmica, instituem um convívio baseado na ajuda mútua. “Homens e mulheres são saudáveis, sociáveis, com bom nível cultural, em idade produtiva e livre de pressões financeiras do cotidiano urbano. Porém, essa mesma comunidade que assume ares utópicos, podem sofrer graves perturbações psicológicas” (ALVAREZ, 1995, p. 80). Diante do isolamento, baixas temperaturas e umidade do ar, barulho dos ventos, distância do local de origem, entre outros, a socialização e divisão de tarefas passou a ser necessários para estabilidade física e mental dos habitantes e visitantes antárticos (ALVAREZ, 1995).

Além disso, de uma forma geral e obrigatoriamente para os brasileiros, os pesquisadores, militares e turistas que se aventuram à Antártica, previamente contam com um treinamento

rígido de sobrevivência que visam familiarizá-los com o Continente por meio de palestras e treinos intensivos, no qual são explicados os procedimentos de sobrevivência, primeiros socorros, questões de segurança, transportes, além dos condicionantes ambientais, confinamento e normas locais (SECRETARIA..., 2005).

Contudo, apesar da preparação, a permanência dos pesquisadores – principalmente no período do inverno – pode acarretar em mudanças comportamentais. Nesse sentido, Palinkas e outros (2004) ressaltam que sob condições de isolamento prolongado os pesquisadores podem apresentar dificuldades de interação social e alterações de humor como fadiga, ansiedade, depressão, confusão e raiva.

2.1.6 Turismo

As atividades turísticas da Antártica iniciaram-se em meados da década de 1950, mas somente em 1966, foi observada a presença constante de cruzeiros no continente. Acreditando que, ao conhecer a Antártica, o turista poderá protegê-la, as expedições, geralmente, começavam com palestras e ensinamentos sobre o local. Com base nestes procedimentos, os operadores turísticos antárticos realizam as viagens precedidas de instrução sobre o ambiente antártico e uma rígida supervisão das atividades (D'OLIVEIRA, 2014). Algumas atividades turísticas foram exemplificadas na Figura 13.

Figura 13. Exemplo de atividades turísticas na Antártica



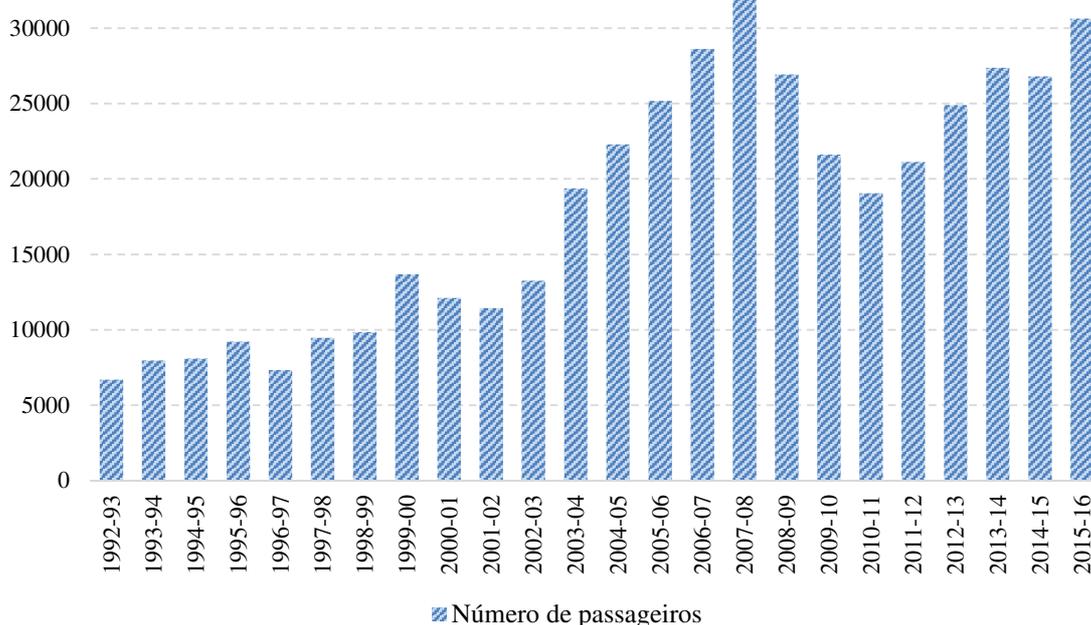
Fonte: National Geographic (2015)

Fundada em 1991, com o objetivo de defender e promover a prática turística segura e ambientalmente responsável na Antártica, a *International Association of Antarctica Tour Operators* – IAATO (Organização Internacional de Operações Turísticas na Antártica), estipulou recomendações e guias para visitantes antárticos, no qual, conforme IAATO (2015) destacam-se:

- ▶ Caminhar lentamente, e ocasionalmente parar para passagem dos animais, além de evitar aproximação;
- ▶ Evitar ruídos;
- ▶ Não alimentar, tocar, ou abordar as aves;
- ▶ Não danificar as plantas; e
- ▶ Não levar plantas ou animais não nativos da Antártica, entre outras regras de conduta de mesma relevância.

No mesmo ano, a União de Conservação Mundial (*The World Conservation Union*) alertava sobre o crescimento das atividades científicas e do crescimento do número de turistas interessados em vivenciar a Antártica (IUCN, 1991). Como esperado, desde a época de fundação da IAATO até a presente data, houve uma procura crescente no qual estima-se que em 2015 cerca de 30.634 passageiros irão desembarcar na Antártica (Gráfico 1).

Gráfico 1. Histórico de passageiros que desembarcaram na Antártica.



Fonte: Adaptado de INTERNATIONAL...(2015)

Grande parte desses turistas visitam a região da Península Antártica durante o verão, de novembro a março (INTERNATIONAL..., 2015). O aumento do turismo antártico oferece benefícios à região tal como a divulgação das atividades científicas e eventual valorização do continente (INTERNATIONAL..., 2015). Já começa a se insinuar sobre a possível construção de edificações permanentes na Antártica voltadas para essa finalidade (TOMÉ et al., 2015).

2.1.7 Logística

Na Antártica não há recursos naturais para alimentação humana, bem como matéria prima disponível para execução de edificações. Além disso, as condições climáticas severas não permitiriam a permanência do homem em longo prazo, sem o auxílio da tecnologia para a resolução dos problemas de operação e manutenção das edificações. Deste modo, as embarcações, os aviões, os helicópteros e os transportes terrestres são os responsáveis pelo fornecimento de suprimentos alimentícios, equipamentos, materiais, além da entrega de elementos para aquecimento e fornecimento de energia (ALVAREZ, 1995).

Com exceção da água, abundante no Continente, a sobrevivência humana na Antártica depende do transporte (ALVAREZ, 1995). Qualquer atividade a ser realizada no Continente necessita de uma logística elaborada, de transporte com apoio de instalações próximas à costa (IUCN, 1991), não dispensando a força humana diante da possibilidade de ausência de equipamentos, conforme ilustra a Figura 14.

Figura 14. Esquema de transporte na Antártica



Fonte: Adaptado de Alvarez (1995)

Quanto maior a distância entre as edificações e a costa Antártica, maior o custo do transporte e logística, justificando a preferência de instalação da maioria das estações científicas e refúgios no litoral antártico. As matérias primas, instalações e equipamentos para a construção de edificações, devem ser levados ao continente considerando a resistência aos possíveis impactos, trepidação além do dimensionamento dos materiais de acordo com a logística, sendo o transporte um dos condicionantes básicos para o planejamento de edificações (ALVAREZ, 1995).

Entre os fatores logísticos para a execução de edificações na Antártica destacam-se as preocupações com as embalagens e com a escolha de tecnologias e sistemas. Em relação às embalagens recomenda-se, por exemplo, a utilização de invólucros de fácil desmonte, com possibilidade de reutilização; a existência de alças e que proporcionem o condicionamento



adequado ao material. Na escolha de tecnologias e sistemas, o critério básico seria a escolha de componentes construtivos de fácil execução levando em consideração a rápida mudança climática do local e a possível ausência de mão de obra qualificada (ALVAREZ, 1995). Segundo o *Council of Managers of National Antarctic Programs – COMNAP* (2002), o custo e a segurança para levar algo à Antártica, é o fator de maior impacto na execução das estações científicas.

A questão energética é um aspecto de fundamental importância em relação à logística. Assim como em centros urbanos, a energia é essencial para a realização das atividades na Antártica. Necessita-se deste recurso para funcionamento de equipamentos, iluminação, aquecimento, tratamento de resíduos, bombeamento/ tratamento da água, e para funcionamento dos meios de transporte. O principal meio de fornecimento de energia na Antártica, geralmente, é baseado em combustíveis fósseis adquiridos em outros continentes (COMNAP, 2007).

Grande parte das estações científicas na Antártica são projetadas para comportar cerca de 50 pessoas no inverno a 200 no verão, demandando, como é o caso das estações australianas, cerca de 2 milhões de litros de diesel por ano (TIN et al., 2010). A maioria das edificações antárticas se localiza ao longo da costa, contudo há edificações isoladas e de difícil acesso, no qual, para a entrega de combustível necessita, além de navios e aviões, 2 a 3 viagens com transportes terrestres (TIN et al., 2010).

Para a redução do consumo e mitigação dos possíveis impactos da utilização de combustíveis na Antártica, guias e recomendações de boas práticas regem o trabalho logístico e de gerenciamento de combustíveis (COMNAP, 2007). Entre essas recomendações do COMNAP estão:

- ▶ Substituição de edifícios e estruturas que têm demanda de alta energia;
- ▶ Elaboração de projetos de arquitetura e engenharia que incorporem medidas passivas para eliminar a perda de calor;
- ▶ Otimização de sistemas de aquecimento e de iluminação;
- ▶ Gerenciamento de energia e instalação de controladores; e
- ▶ Fornecimento de sistemas de energias renováveis, sendo viáveis geradores eólicos e painéis solares.

O transporte do combustível já representou riscos ambientais com o derramamento de óleo, devido às dificuldades logísticas, de armazenamento e de distribuição (TIN et al., 2010). A



redução do consumo de combustíveis fósseis, além de minimizar os possíveis impactos ambientais, economiza custos de operação e contribui para a redução das emissões de dióxido de carbono (CO₂) e gases de efeito estufa (COMNAP, 2007).

2.1.8 Economia

Embora não exista sistema monetário antártico, representado por comercialização local ou valorização de uma determinada moeda, há investimentos econômicos na Antártica nos setores de pesca, turismo e pesquisas científicas.

A pesca é a maior e a mais antiga atividade comercial na Antártica (WHITE, 1994). Os primeiros desbravadores foram movidos por questões econômicas que envolviam a caça às focas e às baleias (ALVAREZ, 1995). Com a Convenção para Conservação das Focas Antárticas (ATS, 2015), em vigor desde 1978, e a Convenção para a Conservação da Marinha Antártica (CCAMLR, 2015), em vigor desde 1980, a pesca passou a ser regulada e monitorada a partir do estabelecimento de limites e definição de espécies que podem ser coletados (TIN et al., 2009). Desde o final da década de 1970, o krill tem sido o maior representante da pesca no Oceano Antártico (WHITE, 1994).

Apesar de não se ter informação sobre o exato valor de comercialização, o aumento anual da quantidade de toneladas de krill retiradas do mar Antártico, indica um aumento da demanda do produto (GONZÁLEZ; KINKELIN, 2005) e arrecadação positiva da indústria pesqueira nesse seguimento.

Em relação ao turismo, visto como o componente econômico de maior crescimento na Antártica (WHITE, 1994), como já citado, tende a movimentar no presente ano cerca de 30.634 pessoas (INTERNATIONAL..., 2015). O turismo na Antártica contempla diversos destinos, desde a costa e ilhas da Antártica ao eixo imaginário da terra. A viagem ao Polo Sul (no eixo imaginário da terra) pode chegar à 47.200 dólares – para uma viagem de 7 dias, em cruzeiro marítimo e com suporte de veículos no Continente (ADVENTURE..., 2015). Esse valor pode ser alterado dependendo da companhia de cruzeiro, duração, trajeto, uso de veículos, entre outros fatores.

Já os investimentos em pesquisas científicas, e conseqüentemente investimentos em instalações, equipamentos e profissionais, são influenciados pelos governos e instituições de cada país (ALVAREZ, 1995). Os gastos científicos são divididos com os custos de instalação/manutenção das estações científicas e de logística para operação e transporte (WHITE, 1994).



Mesmo sabendo da dificuldade existente em contabilizar o valor preciso de retorno dos investimentos científicos, cabe enfatizar que as pesquisas realizadas, além de proverem dados de imensurável importância para a sociedade, podem influenciar a economia do país investidor. Nesse sentido, pode-se citar, por exemplo, as pesquisas na área da meteorologia. Sendo o clima do hemisfério sul diretamente relacionado com as massas de ar provenientes da Antártica (MINISTÉRIO...,2009), as pesquisas na Antártica que antecipam os fatores climáticos podem contribuir para gerenciamento e planejamento para uma possível crise hídrica ou de estiagem, evitando prejuízos à agricultura, entre outros aspectos.

2.1.9 Sensibilidade ambiental

Sobre a sensibilidade ambiental, destaca-se que os organismos antárticos, apesar de resistirem à agressividade do meio – com às baixas temperaturas, alta velocidade de vento, solos inférteis, falta de luminosidade em determinados períodos, entre outros – tem baixa tolerância às mudanças climáticas. Alguns desses seres vivos tem o crescimento lento, cuja recuperação em caso de interferência poderia demandar anos ou até mesmo ser irreversível (MINISTÉRIO..., 2009).

Grande parte da biodiversidade Antártica localiza-se nas zonas livres de gelo. Próximas às estas áreas também estão as maiores concentrações de atividades humanas. Apesar de essas áreas serem protegidas legalmente pelo Protocolo de Madri, entre outras legislações, o crescente número de interessados na Antártica (turistas e pesquisadores) aumenta as ameaças à integridade ecológica e a vulnerabilidade das áreas de proteção (SHAW et al., 2014).

As possíveis intervenções humanas no ambiente antártico e ecossistema foram catalogadas por Tin e outros (2009), como sendo, principalmente: contaminação por derramamento de combustíveis; emissões de gases nocivos; contaminação por liberação de esgoto no meio ambiente; perturbação humana na fauna e flora; impactos humanos no meio Antártico; introdução de espécies não nativas e; atividades de pesca. Entre as conclusões do trabalho teve-se que qualquer visita humana acarreta em risco ao meio Antártico e seu ecossistema (TIN et al., 2009).

Com o objetivo de auxiliar na efetiva avaliação de impactos ambientais na fase de planejamento das atividades Antárticas, a Secretaria do Tratado Antártico – STA publicou recomendações que visam maior transparência das atividades bem como o reconhecimento das suas consequências no ambiente Antártico (ATS, 2005).

Para identificação das consequências apresentou um quadro (Quadro 3), no qual nota-se que uma atividade ou ação pode acarretar em uma ou mais consequências negativas no ambiente (assinalada pelo ✘). A utilização de veículos para atividade de logística ou locomoção, por exemplo, pode acarretar em emissões, ruídos, derramamento de combustível, alterações mecânicas e aquecimento do solo.

Quadro 3. Relação Ações x Consequências para as atividades relacionadas ao uso de veículos no ambiente antártico

Ações	Consequências					
	Emissões	Resíduos	Ruído	Derramamento de combustível	Alterações mecânicas	Aquecimento
Veículos	✘	-	✘	✘	✘	✘
Geradores	✘	-	✘	✘	-	✘
Prédio	✘	✘	✘	✘	✘	-
Estoque de combustível	-	-	-	✘	-	-

Fonte: Adaptado de ATS (2005)

Observa-se, também, (Quadro 4) que as consequências das atividades citadas interagem com a biodiversidade, os recursos e o ambiente antártico. A exemplo, a emissão causada pela utilização dos veículos na Antártica interfere na fauna, na flora, na integridade do solo e na qualidade da água e do ar.

Quadro 4. Consequência das atividades relacionadas ao uso de veículos nos elementos ambientais

Consequências	Elementos ambientais				
	Flora	Fauna	Água	Solo	Ar
Emissões	✘	✘	✘	✘	✘
Ruído	-	✘	-	-	-
Derramamento de combustível	✘	✘	✘	✘	-
Resíduos	✘	✘	✘	✘	-
Inserção de Novas espécies	✘	✘	-	-	-

Fonte: ATS (2005)

As consequências citadas pelo trabalho da STA, em concordância com o trabalho de Tin e outros (2009), demonstram que as atividades na Antártica têm implicação direta sobre os elementos ambientais, o que podem prejudicar, além da integridade destes, em algumas pesquisas científicas desenvolvidas justamente pela característica intocável do meio.

2.1.10 Regulamentos

Em vigor desde 1961, contando inicialmente com 12 países¹, o Tratado da Antártica tinha como objetivos principais promover pesquisas científicas com fins pacíficos – proibindo ações de caráter militar –, liberdade de investigação científica e cooperação internacional no que se refere às trocas de informações e interação entre os pesquisadores. Para alcance dos objetivos o Tratado estabeleceu medidas tais como congelamento das pretensões territorialistas; proibição de explosões nucleares; controle das atividades; realização de reuniões consultivas; entre outras (PROANTAR, 2001).

Diante das inovações e da capacidade de cooperação entre as nações envolvidas, o tratado da Antártica foi considerado um exemplo de sucesso (SANTOS, 2014). Acredita-se que o sucesso político se deve à flexibilidade da proposta no qual suas normas e recomendações se adaptam de acordo com o progresso e desenvolvimento mundial, evidentemente, sem alteração dos objetivos principais (PALO JR, 1989). Como complementação do Tratado, em 1991 foi assinado por 31 nações o Protocolo de Madri, objetivando reforçar a proteção do meio ambiente e do ecossistema, bem como manter a paz e as atividades científicas no local (PROANTAR, 2001).

No que tange a presente pesquisa, destaca-se no Protocolo de Madri a demarcação das áreas de proteção ou *Antarctic Specially Protected Areas – ASPAs* –, das áreas de especial interesse científico ou *Sites of Special Scientific Interest – SSSI* –, além da elaboração do código de conduta. Essas medidas visam a preservação do ambiente antártico e prevenção contra interferências que possam comprometer as pesquisas científicas e ecossistemas vulneráveis (ALVAREZ, 1995).

As atividades na área do Tratado da Antártica são organizadas e efetuadas de forma a evitar (ATS, 2015):

- I. Efeitos negativos sobre o clima ou os padrões climáticos;
- II. Efeitos negativos significativos sobre a qualidade do ar ou da água;
- III. Modificações significativas no meio ambiente atmosférico, terrestre, glacial e marinho;

¹ Os países inicialmente signatários do Tratado Antártico eram: Argentina, Chile, Grã-Bretanha, Estados Unidos, Bélgica, França, Noruega, África do Sul, União Soviética, Japão, Austrália e Nova Zelândia. O Brasil se tornou signatário em maio de 1975 (ORTIZ, 2014).

- 
- IV. Mudanças prejudiciais à distribuição, quantidade ou capacidade de reprodução das espécies ou das populações de espécies de animais e vegetais;
 - V. Riscos adicionais para as espécies ou populações de espécies animais e vegetais, em perigo ou ameaças de extinção; e
 - VI. Degradação ou sério risco de degradação de áreas com especial significado biológico, científico, histórico, estético ou natural.

Nele, destaca-se a importância atribuída à preservação do ambiente, descrito no Art. 1 do Anexo II, que recomenda evitar qualquer interferência desfavorável do habitat, e no Anexo III sobre eliminação e gerenciamento de resíduos.

Entre as obrigações gerais do Anexo III estão o armazenamento, eliminação, redução, reciclagem ou retirada dos resíduos da área do Tratado – neste caso sendo devolvido ao seu país de origem.

As diretrizes do Tratado Antártico e do Protocolo de Madri são normativas que pontuam fatores que garantem a implantação de edificações com preocupações inerentes aos impactos ambientais. Contudo, nestes não há diretrizes efetivas para a elaboração de projetos sustentáveis para as novas edificações e que considere todas as dimensões e questões inter-relacionadas, sendo as recomendações genéricas e com pouca ou nenhuma interferência no processo projetual.

2.1.11 Condicionantes ambientais

No decorrer do levantamento bibliográfico sobre a Antártica, foram observados os seguintes condicionantes ambientais e fatores limitantes que podem interferir no processo de elaboração de edificações sustentáveis na Antártica:

- ▶ Água em estado sólido
- ▶ Temperaturas extremamente baixas
- ▶ Baixo índice de precipitação
- ▶ Baixo índice de umidade absoluta
- ▶ Longos períodos de ausência de sol
- ▶ Ventos fortes
- ▶ Energias oriundas de combustíveis fósseis
- ▶ Fauna e flora sensíveis às intervenções humanas
- ▶ Alto índice de radiação
- ▶ Ausência de matéria prima local
- ▶ Ausência de mão de obra qualificada

- ▶ Ausência de equipamentos especiais
- ▶ Distância geográfica dos demais continentes
- ▶ Dependência de sistemas logísticos
- ▶ Local ambientalmente protegido
- ▶ Sensibilidade ambiental à deposição de resíduos
- ▶ Rápidas alterações climáticas
- ▶ Sensibilidade às emissões de substâncias nocivas

Nos próximos capítulos, seguem descritas de forma sumarizada, as características intrínsecas das edificações Antárticas.

2.2 ARQUITETURA ANTÁRTICA

A presença humana na Antártica pode ser classificada em três fases: tempos históricos, tempos tecnológicos, e tempos ambientais (ALVAREZ, 1995). Como pode ser observado no Quadro 5, os acontecimentos inerentes a cada fase influenciaram diretamente na concepção e definição da arquitetura da Antártica.

Quadro 5. Esquema de análise da evolução da arquitetura na Antártica.

Tempos	<p>Histórico Identificação do potencial econômico e reivindicação de território</p>	Arquitetura caracterizada por abrigos temporários para exploradores. Construções pré-fabricadas em madeira ou materiais oriundos de naufrágios.
	<p>Tecnológico Interesse impulsionado pelo Ano Geofísico Internacional e instituição do Tratado Antártico</p>	Arquitetura caracterizada pelo emprego de alta tecnologia disponível na época e implantação das estações com materiais com apelo tecnológico, em especial o aço.
	<p>Ambiental Período de preocupação com a redução dos impactos ambientais causados pela ocupação humana</p>	Arquitetura caracterizada pelo foco não apenas nas soluções construtivas como também adaptação da edificação ao local, por meio de sistemas, materiais e soluções que gerassem o menor impacto ambiental.

Fonte: Adaptado de Alvarez e outros (2013)

O processo evolutivo da arquitetura na Antártica, especialmente após o reconhecimento das recomendações estabelecidas pelo Protocolo de Madri, se direcionou às prioridades inerentes ao baixo impacto ambiental das edificações. Contudo, considera-se que as características referentes às construções no ambiente antártico evoluíram juntamente com as práticas da sustentabilidade, cujas preocupações não se restringiram às questões ambientais e aos impactos das edificações no meio ao qual se insere. Os projetos das edificações antárticas envolvem,

além das questões ambientais, também as econômicas, sociais, políticas e culturais, conforme os aspectos de impacto apresentado por Alvarez (2014):

- ▶ Planejamento territorial
- ▶ Transporte e logística
- ▶ Geração de energia
- ▶ Saúde
- ▶ Segurança
- ▶ Comunicação
- ▶ Distribuição e uso de água
- ▶ Gestão de resíduos
- ▶ Conforto e bem-estar
- ▶ Custo

Em 2014, foram catalogadas 104 estações científicas ao longo do continente (SCAR, 2014). Grande parte foram especialmente edificadas seguindo os preceitos da sustentabilidade e na minimização do impacto causado pela construção no ambiente antártico.

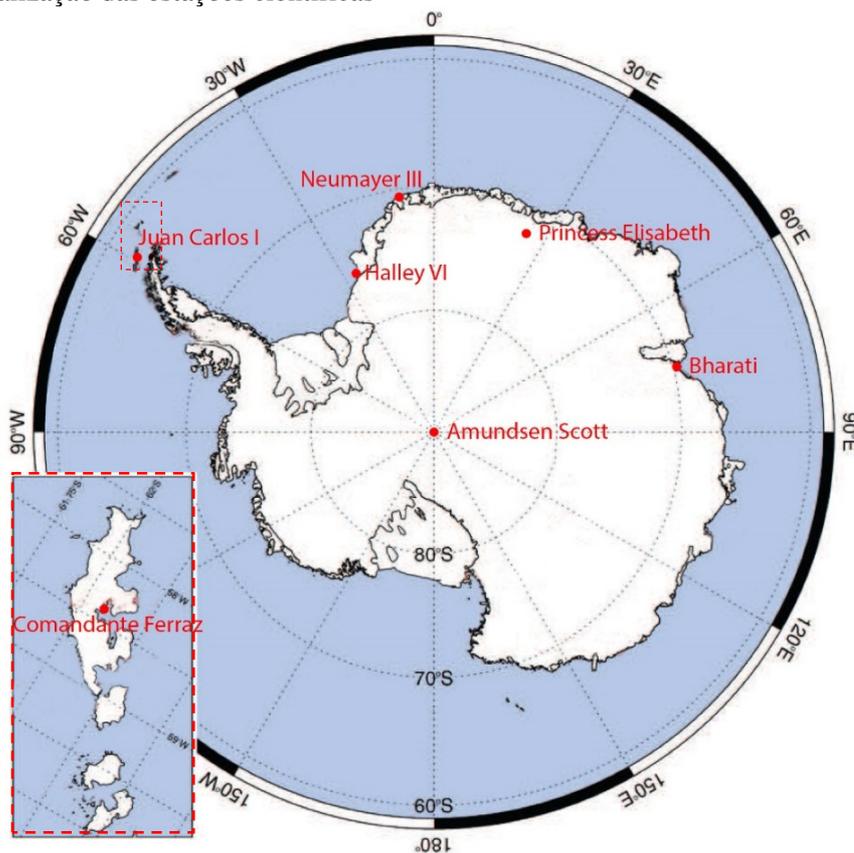
As edificações referencias da presente pesquisa focaram não somente em soluções de baixo impacto ambiental como também nas demais dimensões e questões da sustentabilidade levantadas.

2.3 ESTAÇÕES CIENTÍFICAS REFERÊNCIAS

Para a escolha das estações científicas estudadas pela presente pesquisa, foi utilizado como critério de seleção o ano de inauguração, selecionando, preferencialmente, as edificações executadas a partir do ano de 2005. Este critério foi abalizado em função da rápida evolução da arquitetura Antártica, partindo do pressuposto que edificações contemporâneas foram projetadas considerando a sustentabilidade em âmbitos gerais como premissa de projeto, não se restringindo apenas às questões ambientais.

Assim, as edificações escolhidas (Figura 15) foram: Princess Elisabeth/ Bélgica; Amundsen-Scott/ EUA; Neumayer III/ Alemanha; Halley VI/ Grã-Bretanha; Barathi/ Índia e; Juan Carlos I/ Espanha.

Figura 15. Localização das estações científicas



Fonte: Adaptado de SCAR (2011)

Ressalta-se que essas edificações também foram adotadas como referenciais nas pesquisas realizadas pelo Laboratório de Planejamento e Projetos da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES – para a elaboração do Termo de Referência do concurso de projetos para a EACF. Observa-se, ainda, que o projeto da Nova Estação Antártica Comandante Ferraz, apesar de ainda não ter sido construído, foi incluído na pesquisa diante da contemporaneidade das propostas apresentadas e rigor na aplicação das diretrizes de sustentabilidade promulgadas no Termo de Referência.

2.3.1 Estação Antártica Comandante Ferraz (Brasil)

Em 1984, foi implantada na Ilha Rei George ($62^{\circ}05' S$ e $58^{\circ}23' W$) a Estação Antártica Comandante Ferraz concretizando a permanência brasileira no continente. Inicialmente, a Estação era composta por 8 containers metálicos confeccionados com vedação tipo “sanduiche” preenchido por poliuretano, cujos ambientes eram: dormitórios, sala de rádio, lavanderia com sanitário, cozinha, espaço para tratamento de água e para gerador, e depósito. Estes ambientes, organizados por 2 fileiras de container, dividiam os ambientes considerados sociais dos de serviço (ALVAREZ, 1995).



A ampliação da estação ocorreu no verão de 1986/1987, sendo que sua capacidade triplicou, passando a contar com 22 módulos adicionais. A setorização da estação com os novos módulos foi separada em: a) espaços de uso cotidiano (camarotes, alojamentos, cozinha, sala de estar, entre outros); b) espaços de uso de serviço (oficinas, geradores, incinerador etc.); c) espaços científicos (composto pelos laboratórios); e d) espaço de emergência (enfermaria). Os espaços internos direcionados ao uso cotidiano, onde a decoração, escolha de materiais, objetos, mobiliários e cores foram escolhidos com a função de remeter a um ambiente familiar, buscavam amenizar os efeitos psicológicos dos usuários pelos longos períodos de permanência no Último Continente.

Segundo Alvarez e outros (2007), a EACF desde a sua implantação sofreu sucessivos processos de modificação e ampliação. Contudo, mesmo executadas com preocupações inerentes ao impacto ambiental, foram realizadas sem planejamento ou projeto prévio ocasionando impactos no ecossistema local. Assim, em 2001, com o objetivo de reduzir o impacto ambiental ocasionado pela presença brasileira na Antártica, além de tentar diminuir os investimentos indispensáveis às atividades de manutenção, foram realizados trabalhos para implementação do Plano Diretor da EACF. Para a elaboração do Plano Diretor, foi realizada a avaliação da Estação sob o ponto de vista dos usuários, que indicou que a Estação atendia às suas necessidades, contudo alguns pontos foram identificados como possíveis itens para otimização da infraestrutura (ALVAREZ et al., 2007), como por exemplo:

- ▶ Poluição acústica constante em algumas áreas;
- ▶ Impacto paisagístico sobretudo na parte frontal da EACF, diante da falta de local para guarda e manutenção dos veículos e equipamentos;
- ▶ Deficiência de iluminação natural pela limitação e dimensionamento das aberturas;
- ▶ Necessidade de novos ambientes (laboratórios e oficinas);
- ▶ Ambientes subdimensionados;
- ▶ Desperdício energético, relacionado com o condicionamento térmico;
- ▶ Espaços residuais entre contêineres;
- ▶ Ausência de área de armazenamento, entre outros.

A constatação destes, entre outros, itens contidos no Plano Diretor da EACF, conduziu às obras de reforma da Estação. As alterações foram executadas procurando atender as deficiências levantadas pelas avaliações dos usuários (Figura 16).

Figura 16. Estação Antártica Comandante Ferraz



Fonte: Acervo do Laboratório de Planejamento e Projetos (2011).

Com seu corpo principal totalizando uma área de 2.500m², a Estação Antártica Comandante Ferraz, em 2012 e após 28 anos abrigando a comunidade científica, sofreu um incêndio de grandes proporções que atingiu 70% de suas instalações (RHBN, 2014). Diante do infortúnio e considerando a necessidade de continuidade nas atividades científicas, foram adotadas medidas visando a implementação de edificações provisórias bem como iniciados os estudos visando a reconstrução da Estação.

2.3.1.1 Termo de referência para a reconstrução da EACF

Para a execução das novas edificações da Estação Antártica Comandante Ferraz, foi promovido um concurso público de projetos. O Termo de Referência, documento contendo as principais orientações para o desenvolvimento do projeto, teve como objetivo orientar os participantes do concurso, considerando não somente a impossibilidade de visita ao sítio e as complexas exigências técnicas, como também, as efetivas intenções do PROANTAR em relação às expectativas para as novas edificações (INSTITUTO..., 2013).

O Termo de Referência para desenvolvimento de projetos na Península Keller, na Ilha Rei George onde está implantada a EACF, envolveu profissionais de várias áreas de atuação entre doutores, mestres e especialistas para o estabelecimento de um conjunto de critérios para a implantação e construção das edificações Antárticas. No que diz respeito às diretrizes e pontos principais contidos no termo de referência (INSTITUTO..., 2013) cabe ressaltar às seguintes exigências:

- ▶ Implantação de acordo com o Zoneamento Ambiental de Uso;

- 
- ▶ Recomendação de liberação do pavimento térreo com pavimento sobre pilotis, para passagem das águas de degelo;
 - ▶ Adoção de sistema construtivo flexível permitindo ampliações e/ou modificações;
 - ▶ Utilização racional de água e de energia;
 - ▶ Especificação de materiais duráveis e de fácil ou mínima manutenção;
 - ▶ Emprego de materiais pré-fabricados, não admitindo confecção ou elaboração de elementos argamassados ou concretos produzidos *in loco*; e
 - ▶ Geração mínima de resíduos.

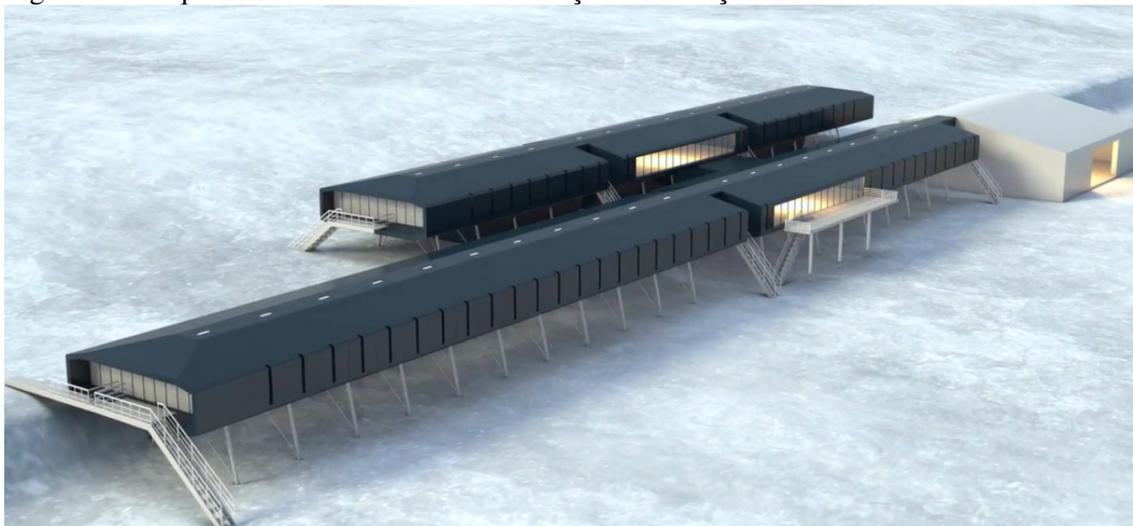
Estes, bem como outros aspectos constituintes do Termo de Referência, estabeleceram as boas práticas a serem realizadas no ambiente Antártico, em concordância com preceitos referentes à preservação de áreas ambientalmente protegidas.

Deste modo, este trabalho contribuiu para o levantamento dos dados inerentes à elaboração de edificações antárticas visando melhoria no conforto do usuário e minimização dos impactos ao ambiente e à edificação. Ainda que o termo não contemple completamente as questões sustentáveis, os dados serviram de base para a elaboração de alguns indicadores oriundos da estrutura analítica proposta.

2.3.1.2 Novas edificações da Estação Antártica Comandante Ferraz (Brasil)

O projeto vencedor do concurso internacional para a reconstrução da Estação Antártica Comandante Ferraz foi desenvolvido pelo escritório de Arquitetura Estúdio 41 de Curitiba (Figura 17). Com área total aproximada de 4,5 mil m², a nova casa dos cientistas brasileiros, conforme os autores da proposta (ESTÚDIO 41, 2014) contará com as tecnologias para uso de energias renováveis (uso de painéis fotovoltaicos e turbinas eólicas); reuso de água e sistemas de baixo consumo; adoção de materiais com o mínimo de emissão de poluentes; sistemas e equipamentos eficientes no que tange à eficiência térmica, lumínica e acústica; gestão de resíduos; planejamento de sistemas e revestimentos com resistência ao fogo; planejamento de logística para execução e desmontes, entre outras tecnologias direcionadas ao alcance da sustentabilidade na Antártica.

Figura 17. Maquete eletrônica das novas edificações da Estação Antártica Comandante Ferraz



Fonte: Estadão (2014)

A edificação foi projetada levando em consideração a topografia do lugar ao qual se insere, estando os ambientes setorizados nos níveis +2,50 as garagens e o paiol central (compartimento para armazenamento de produtos), no nível +5,95 alguns ambientes sociais de convívio, de uso científicos, de manutenção e de operação e, no nível +9,10 os camarotes, sala de estar/jantar e áreas de serviço.

2.3.2 Princess Elisabeth (Bélgica)

Inaugurada em 2007, a estação científica da Bélgica, Princess Elisabeth, se caracterizou pela inovação tecnológica no que tange ao uso de energias renováveis – eólica e fotovoltaica – e seleção de materiais e técnicas que não emitem poluentes (INTERNATIONAL..., 2014). Localizada em Queen Maud Land, a Estação tem 1900 m² (400 m² de áreas utilizáveis e 1500 m² de áreas técnicas) distribuídos num formato arquitetônico octogonal, resultante de estudos aerodinâmicos e energéticos, cuja imagem remete à ideia de uma nave espacial (Figura 18).

Figura 18. Estação Princess Elisabeth



Fonte: International...(2014)

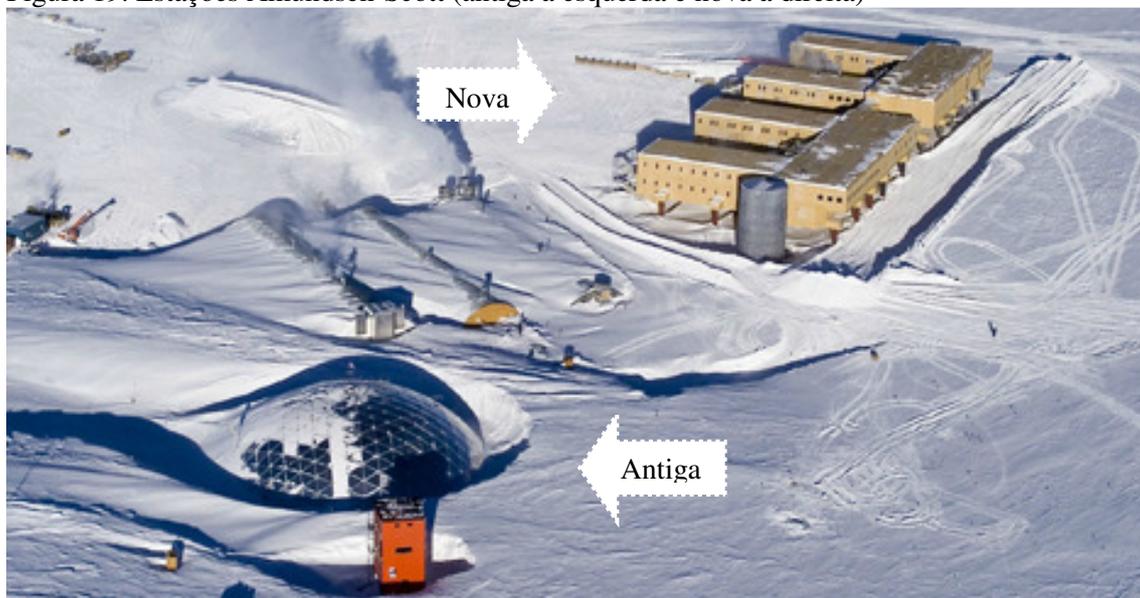
A setorização desta estação divide-se em áreas técnicas, serviço e social onde foi planejado como método de conservação do calor, redução do gasto energético e proteção dos equipamentos, a locação da área técnica no centro da edificação, as acomodações e laboratórios nas áreas intermediárias e as áreas de serviço nas extremidades.

2.3.3 Amundsen-Scott (EUA)

Em 1975, o símbolo da era tecnológica era a Estação Amundsen-Scott, principalmente por sua forma geodésica formando uma capa protetora sobre as edificações com 50 metros de diâmetro. No entanto, a famosa geodésica foi desmontada pelo não cumprimento das funções de proteção, pelo aumento do número de pesquisadores com conseqüente exigência de maior espaço, e por ter excedido a vida útil operacional (NATIONAL...,2014).

A nova estação, com área de 6.100 m², foi inaugurada em 2008 ao lado da antiga (Figura 19) em High Plateau. Com capacidade de 150 pessoas no verão e 50 pessoas no inverno, sua disposição arquitetônica permite o fechamento de algumas áreas inutilizadas no inverno com inquestionável redução no consumo energético, e também o isolamento de áreas que possam apresentar perigo aos usuários da estação (NATIONAL...,2014).

Figura 19. Estações Amundsen-Scott (antiga à esquerda e nova à direita)



Fonte: National...(2014)

2.3.4 Neumayer III (Alemanha)

A história de implantação da Neumayer III é peculiar. A primeira estação Neumayer foi projetada para que o gelo ficasse sobre a edificação como estratégia de isolamento térmico, contudo, o calor emanado no interior da edificação ocasionou o afundamento total da estação.

A segunda estação foi então projetada sobre a primeira edificação, onde posteriormente também foi verificado processo de afundamento. A terceira estação Neumayer III (Figura 20) inaugurou em 2009, com formato aerodinâmico e sem aproveitamento do local ou da técnica realizada anteriormente (AWINS, 2014).

Figura 20. Estação Neumayer III



Fonte: Alfred Wegener Institute Neumayer Station (2014)

Localizada na Ilha Atka Bay e com área de 3.300 m², possui capacidade de abrigar até 40 pessoas no verão e 9 no inverno. Os ambientes que compõem a edificação se encontram elevados do nível do terreno por um sistema de suspensão hidráulica que possibilita a elevação gradativa da edificação conforme o acúmulo de neve no solo.

2.3.5 Halley VI (Grã-Bretanha)

Localizada na Plataforma Brunt e contemplando uma área de 1.858 m² a estação Halley VI tem capacidade para 70 pessoas no verão e 16 no inverno. Inaugurada em 2010 e com o projeto escolhido por meio de concurso público internacional, a Halley VI se destaca por ser a primeira estação que permite completa relocação (BRITISH..., 2014). Sua solução de sistemas modulares com base de pilares hidráulicos apoiadas num sistema parecido com esquis, possibilita a movimentação dos oito módulos em caso de necessidade. A setorização nos módulos pode ser observada externamente, onde no módulo vermelho se localizam as áreas comuns e os módulos azuis são divididos em: equipamentos (nos módulos isolados) e; acomodações, laboratórios e serviço nos módulos adjuntos (Figura 21).

Figura 21. Estação Halley VI



Fonte: British Antarctic Survey (2014)

2.3.6 Bharati (Índia)

A Estação Antártica da Índia teve sua execução concluída em 2012 (Figura 22). Com área de 2.400 m² e localizada em Larsemann Hills a Estação utiliza uma plataforma de base para instalação de um sistema modular composto por 134 containers com envoltória que garantem o conforto térmico do usuário. Bharati foi construída para 40 usuários no verão e 15 no inverno, com setorização de áreas de acomodações na parte superior e laboratórios, armazéns e equipamentos na parte inferior (NITSCHKE, 2014).

Figura 22. Estação Bharati



Fonte: NCAOR (2014)

A estação foi construída elevada 2 metros do terreno com a intenção de reduzir os impactos da estrutura no solo. Além disso, a elevação juntamente com seu formato aerodinâmico, contribui para minimizar o acúmulo de neve sob a edificação.

2.3.7 Juan Carlos I (Espanha)

A estação contemporânea mais próxima da brasileira, localizada na Livingstone Island, a espanhola Juan Carlos I, foi inaugurada em 2013 com área total de 346 m². Com a estrutura elevada por pilares metálicos, a Estação é composta por módulos de habitat, ciência entre outros módulos de suporte de serviços e armazenamento (Figura 23).

As escolhas arquitetônicas da estação Juan Carlos I permitiram a integração entre os ocupantes e o meio ao qual se insere, através de elementos inusitados como as varandas por exemplo, e a maximização da luz natural por meio da utilização de claraboias e áreas envidraçadas.

Figura 23. Estação Juan Carlos I



Fonte: Broughton (2014)

2.4 SÍNTESE DAS DIRETRIZES PROJETUAIS PARA A ANTÁRTICA

As edificações apresentaram soluções construtivas específicas para os condicionantes antárticos. O levantamento das características arquitetônicas e técnicas construtivas contribuiu para a identificação dos indicadores que já foram, ou estão sendo, empregados nas edificações existentes.

Com relação às características arquitetônicas, apesar das formas se apresentarem diferenciadas, foi possível levantar alguns pontos em comum, por exemplo a elevação da estrutura e a setorização dos ambientes, conforme exposto na sistematização (Quadro 6).

Quadro 6. Principais características arquitetônicas das estações científicas pesquisadas

Estação	Forma	Nível	Dimensão	Setorização
Princess Elisabeth	Formato octogonal	Elevada do nível do solo	-	Acomodações e laboratórios estão situados na parte externa; equipamentos localizados no centro; instalações de serviços nos intermediários entre os fechamentos externo e interno.
Amundsen-Scott	Dois edifícios em formato de U interligados	Elevada a 3 m do nível solo	124m x 45m x 24m	Setores social, privativo, científico e de serviços abrigados no edifício acima da superfície. O setor de operação localiza-se no subsolo e é acessado por torre de circulação.
Neumayer III	Um único bloco em forma de prisma trapezoidal	Elevada a 6m do nível do sono.	68m x 24m	Todos os setores da estação estão dispostos em um único bloco, apenas a garagem é separada, localizando-se no subsolo.
Halley VI	Módulos independentes, dispostos de forma linear	Elevado. Módulos montados sobre pilares metálicos.	Módulos de 2,5 x 3,6m	Setor social no módulo central, os setores privativo, científico e de serviços dispostos em módulos acoplados. Módulos separados abrigam o setor de operação e manutenção.
Bharati	Um único bloco em forma de paralelepípedo.	Elevada a 2m do nível do solo.	50m x 30m x 12m	No pavimento superior estão os setores social, privativo e de serviços; no pavimento inferior, os setores de ciência e operação e manutenção.
Juan Carlos I	Três blocos dispostos em torno de um núcleo central e outro módulo afastado.	Elevada do nível do solo.	-	O edifício de habitat é composto por três alas de alojamento dispostos em torno de um núcleo central. O edifício de laboratórios científicos é separado.
Projeto Comandante Ferraz	Dois blocos lineares.	Elevada do nível do solo.	Sem informação	Um bloco abriga os setores privativo, social e de serviços, o outro, abriga os setores científico e de operação e manutenção.

Fonte: NCAOR (2014); British Antarctic Survey (2014); Alfred Wegener Institute Neumayer Station (2014); National Science Foundation (2014); International Polar Foundation (2014); Estúdio 41 (2014); e Broughton (2014).

A elevação da estrutura é uma solução arquitetônica que contribui para permitir a passagem do vento, minimizar a interferência da edificação no solo – e nos fluxos hídricos da água de degelo – e minimizar também o acúmulo de gelo nas fachadas frente ao vento dominante (INSTITUTO..., 2012). Com relação à setorização, pode-se observar que os ambientes foram organizados visando garantir a segurança dos usuários contra sinistros e aproveitamento do calor provindo dos equipamentos.

No que diz respeito aos sistemas construtivos (Quadro 7), as estações científicas utilizaram estruturas metálica (em sua maioria), com fibra de plástico reforçada (Juan Carlos I) e estrutura em madeira (Princess Elisabeth), modulares e revestidas com materiais isolantes.

Quadro 7. Síntese dos sistemas construtivos das estações científicas estudadas

Estação	Tecnologia construtiva	Revestimento	Isolamento	Tratamento de Resíduos	Geração de Energia
Princess Elisabeth	Estrutura de madeira laminada	Aço inoxidável	Possui nove camadas de isolamento	Física + Biológica + Desinfecção	Eólica + Fotovoltaica
Amundsen-Scott	Estrutura em aço	Vedação em painéis compostos por duas folhas de OSB	Poliestireno expandido (EPS)	Sem tratamento	Geradores a Diesel + Fotovoltaica
Neumayer III	Containers envoltos por uma estrutura modular de aço	A parte externa revestida com painéis metálicos, e a interna, painéis de magnésio e plástico com fibra de vidro	Poliuretano expandido e fibra mineral	Física + Biológica + Esterilização UV	Geradores a Diesel + Eólica
Halley VI	Subestrutura de aço como base do piso e apoio da estrutura superior	Painéis de plástico reforçado com fibra de vidro (GRP)	Espuma de célula fechada de polisocianurato encapsulados nos painéis GRP	Física + Biológica	Geradores a Diesel + Fotovoltaica
Barathi	Containers pré-fabricados cercados por infraestrutura de aço	Painéis de aço especial	É incorporado aos painéis de aço do revestimento	Física + Biológica	Geradores a Diesel + Eólica
Juan Carlos I	Estrutura em anéis modulares monocoques de fibra de plástico reforçada	O revestimento em fibra de plástico reforçada é parte da estrutura monocoque	Através do sistema monocoque, a própria estrutura atua como isolante	Física + Biológica	Geradores a Diesel + Eólica + Solar
Projeto Comandante Ferraz	As estruturas principais são em aço de alta resistência	Chapas de aço galvanizado	Espuma de Poliuretano	Física + Biológica	Geradores a Etanol + Fotovoltaica + Eólica

Fonte: Adaptado de Vargas e outros (2013)

O sistema construtivo modular utilizado por todas as estações teve principal preocupação com as questões logísticas. Contudo pode-se destacar também que os sistemas modulares, além de facilitar a execução das edificações, permite a realização da etapa de montagem das edificações em pouco tempo (fator importante ao considerar as alterações climáticas).

É perceptível que a ampliação de edificações em um local inóspito e com a fragilidade do ambiente antártico sem o efetivo controle pode aumentar a vulnerabilidade de um continente mundialmente reconhecido como de preservação e de interesse ambiental, onde qualquer alteração ou infortúnio que modifique suas características intrínsecas tem repercussão negativa em todo o mundo. Nesse sentido, também é importante salientar que o grande espaço que o



tema antártico ocupa nas diversas formas de mídia transforma o local num excelente replicador de ideias. Os indicadores adotados lá podem servir de subsídios para o desenvolvimento de políticas públicas internacionais, nacionais ou mesmo locais, visto as ações desenvolvidas naquele continente servirem de exemplo para outras situações semelhantes.

3 SUSTENTABILIDADE

Ainda que o termo desenvolvimento sustentável tenha sido definido em 1987 (WCED, 1987, p.43) como “desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades”, Bartelmus (1994) já alertava que a definição é vaga no que se refere ao horizonte de tempo – com a não determinação de prazos de controle, monitoramento ou alcance de metas – e ao conceito sobre as necessidades humanas. Durante a formulação deste conceito, a sustentabilidade era tratada especialmente na esfera ambiental, focando em conceitos ecológicos e impactos nos recursos naturais (BARTELMUS, 1994).

A importância da sustentabilidade numa esfera mais ampla foi reconhecida na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada em 1992. O conteúdo da Agenda 21, enquanto principal ferramenta estratégica proposta para a aproximação das nações ao conceito de sustentabilidade impulsionou o desenvolvimento e/ou identificação de indicadores como instrumento de tomada de decisões em áreas ambientais, econômicas e sociais, além de induzir a inserção dos indicadores de sustentabilidade em programas de trabalho em todas as escalas de participação, principalmente nas participações locais/pontuais (UNCED, 1992).

3.1 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

Os indicadores de sustentabilidade podem ser entendidos como variáveis que condensam as informações relevantes para a realização de avaliações nos âmbitos ambiental, social, econômico e institucional. São desenvolvidos com o propósito específico de esclarecer um fenômeno a partir da síntese de dados obtidos, devem ser de simples execução e entendimento, verificáveis e reproduzíveis. Conforme DESA (2007) são variáveis que podem focalizar a atenção sobre importantes tendências, podendo apontar sinais de mudanças e fornecer um aviso antecipado para evitar retrocessos econômicos, sociais e ambientais.

Entre as funções atribuídas aos indicadores estão: obter informações relevantes sobre algum acontecimento (OECD, 1993), permitir calibrar o progresso para desenvolvimento sustentável (SHAH, 2004), bem como medir mudanças ou alterações de processo e identificar níveis de sustentabilidade (FIKSEL; EASON; FREDERICKSON, 2010; QUIROGA, 2001; SHAH, 2004; UNCED, 1992). Assim, eles funcionam como um sistema de códigos que facilitam a incorporação de informações e avaliações na evolução de países, estados, cidades, localidades específicas ou edificações com foco nas metas promulgadas pelo desenvolvimento sustentável

(QUIROGA, 2001). Para Mega e Pedersen (1998), os indicadores eram uma questão redescoberta onde localidades, a partir do censo de urgência, deveriam se reorganizar e adotar novas medidas que culminassem em melhorias.

Considerando que algumas expressões adotadas nessa pesquisa podem ter entendimento diferenciado, o Quadro 8 apresenta os conceitos ou definições adotadas para os principais termos utilizados.

Quadro 8. Definição dos principais termos relacionados aos indicadores de sustentabilidade

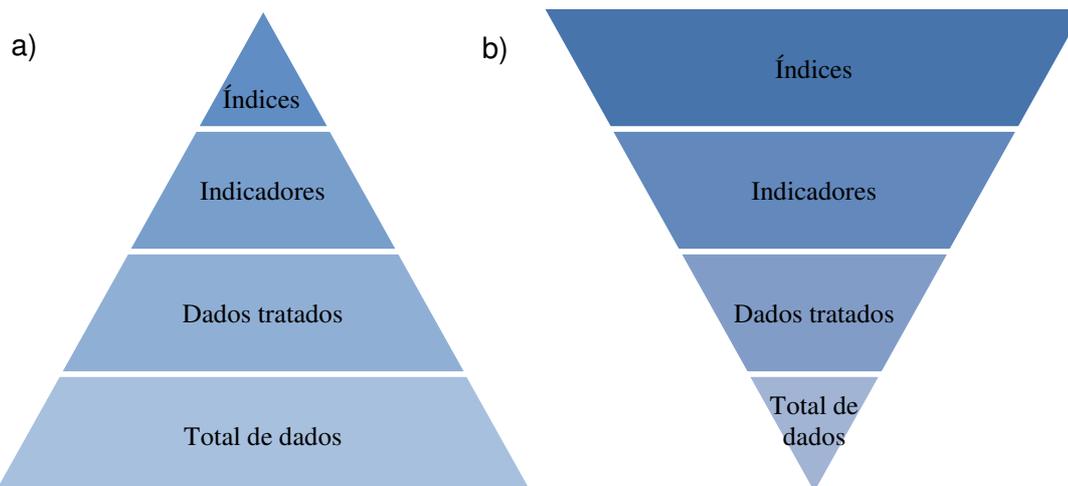
Termo	Definição	Exemplo
Dados	Os dados são a base de informações para os indicadores e índices.	Quantidade de resíduos gerados na fonte
Indicador	Os indicadores são derivados dos dados e são ferramentas para analisar as alterações. Podem funcionar como uma base para a avaliação, fornecendo informações sobre as condições e tendências do desenvolvimento sustentável e facilitar a comunicação entre os diferentes grupos.	Quantidade de resíduos gerados (ou dispostos) <i>per capita</i> (kg/pessoa/ano)
Índices	Grupo de indicadores agregados ou parâmetros ponderados.	Quantidade de resíduos gerados na obra, durante atividades de manutenção
Ferramenta de avaliação	Instrumento de avaliação que utiliza indicadores e metas de desempenho em concordância com as condições de uma localidade ou objeto.	ASUS, AQUA, CASBEE, BREEAM, LEED, SBTool

Fonte: Adaptado de Baratella (2011), CRISP (2001) e Segnestam (2002).

Conforme Segnestam (2002), a pirâmide da informação (Figura 24a) elucida o desenvolvimento dos índices, visto como grupo de indicadores que evidenciam desempenho. Nesta pirâmide, em teoria, para alcance de índices e indicadores relevantes seria necessária uma base de dados de qualidade. Contudo a realidade evidencia o uso de múltiplos índices desenvolvidos com uma base de dados limitada (Figura 24b), ocasionando em ambiguidades e/ou indução à uma questão restrita.

A deficiência de dados na etapa inicial pode levar às decisões empíricas. Desta maneira, destaca-se a etapa de coleta de dados como primordial para o desenvolvimento de indicadores, e conseqüentemente índices, para inclusão das questões relacionadas à sustentabilidade.

Figura 24. Pirâmide da informação



Fonte: Adaptado de Segnestam (2002).

3.1.1 Iniciativas governamentais e institucionais

O Programa de Trabalho sobre Indicadores de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, aprovado pela Comissão de Desenvolvimento Sustentável – CSD – em 1996, tornou os indicadores de sustentabilidade acessíveis aos gestores a partir do esclarecimento dos métodos e fornecimento de treinamentos, cursos entre outros meios de capacitação. Ao final, o relatório preparado pelo Programa apresentou um conjunto de indicadores de sustentabilidade – 134 indicadores – seguindo as seguintes etapas (DESA, 2001; DESA, 2007):

- ▶ Concordância a respeito da lista básica de indicadores;
- ▶ Desenvolvimento da metodologia;
- ▶ Discussões políticas e divulgação;
- ▶ Testes;
- ▶ Avaliação e revisão dos indicadores.

O conjunto de indicadores exposto e a metodologia aplicada serviriam de base para alcance de metas sustentáveis, entretanto, grande parte dos países membros considerou 134 um número de indicadores inviável para o efetivo gerenciamento. O argumento foi de que um número elevado de indicadores pode desviar o foco de questões importantes à sustentabilidade em determinada região, ressaltando ainda que um conjunto menor de indicadores tende a ter maior eficácia na representação das questões sustentáveis em localidades (SEGENESTAM, 2002). Em concordância a este fato, em 2001, o número de indicadores foi reduzido a 58 e subdividido em temas e subtemas (DESA, 2007).

Como exposto, desde o início dos estudos, os indicadores se apresentavam numerosos, sejam qualitativos ou quantitativos, acarretando no desvio do seu propósito ou do ponto de interesse dos intervenientes, causando confusões nos resultados ou inviabilidade de monitoramento/gerenciamento. Inúmeros trabalhos retrataram as possibilidades de aquisição de indicadores mais ajustados ao local – e em menor quantidade – por meio de metodologias desenvolvidas para o alcance de objetivo específico como previsto na Agenda 21 (Quadro 9).

Quadro 9. Principais iniciativas de desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade.

(Continua)

	Data de publicação	Organização	Título	Objetivo
1	1993	OECD - <i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i>	<i>OECD core set of indicators for environmental performance reviews</i>	Guiar o uso de indicadores ambientais para medir o desenvolvimento ambiental.
2	1994	UN/UNSTAT - <i>United Nations Department for Economic and Social Information and Policy Analysis</i>	<i>Towards a framework for indicators of sustainable development</i>	Propor uma estrutura de indicadores de desenvolvimento sustentável.
3	1998	CRISP - <i>Green Building Challenge</i>	<i>Green Building Challenge Conference</i>	Avaliar a sustentabilidade com ênfase nos impactos ambientais na construção civil.
4	1999	Agenda 21 - <i>United Nations Conference on Environment & Development</i>	<i>Agenda 21 on sustainable construction</i>	Elaborar diretrizes estruturar e organizar construções sustentáveis.
5	1999	EEA - <i>European Environment Agency</i>	<i>Environmental indicators: Typology and overview</i>	Reportar os tipos de indicadores e as atividades relacionadas aos indicadores ambientais na Europa.
6	2001	DESA/ UN- <i>Department of Economic and Social Affairs</i>	<i>Indicators of Sustainable Development: Framework and Methodologies</i>	Orientar as nações para criação de indicadores de desempenho sustentável.
7	2001	EUROSTAT - <i>Commission of the European Communities</i>	<i>The CSD work programme on indicators of sustainable development</i>	Apresentar os indicadores e resultados referentes aos 22 países que aplicaram as orientações da estrutura do DESA e metodologias.
8	2003	EEA	<i>Environmental indicators: Typology and use in reporting</i>	Atualizar do relatório de 1999.
9	2003	OECD	<i>OECD Environmental indicators – development, measurement and use</i>	Estimular a utilização de indicadores ambientais. Constituiu a fonte básica da obtenção de informações sobre a estrutura analítica.

Quadro 9. Principais iniciativas de desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade.
(Conclusão)

	Data de publicação	Organização	Título	Objetivo
10	2003	CIRIA - <i>Construction Industry Research and Information Association</i>	<i>Biodiversity indicators for construction projects</i>	Propor a utilização de 3 indicadores que permitam medir o impacto das construções na biodiversidade.
11	2004	A SCOPE/UNEP/IHDP/EA Project	<i>CSD Indicators of Sustainable Development - recent developments and activities</i>	Realizar uma análise dos métodos e processos de desenvolvimento e implementação dos indicadores.
12	2004	EC - <i>European commission</i>	<i>Study on Indicators of Sustainable Development at the local level</i>	Guiar os procedimentos para implantação dos indicadores em escalas locais.
13	2005	UN- DSD <i>United Nations Division for Sustainable Development</i>	<i>Sustainable Development Indicators. Proposals for a way forward</i>	Mostrar a evolução dos indicadores, da teoria à prática, oferecendo opções para avançar e redirecionar os trabalhos sobre indicadores na próxima década.
14	2005	EEA	<i>Core set of indicators</i>	Identificar os indicadores ambientais que melhor representam as especificidades ambientais europeias.
15	2005	CRISP - <i>Construction and City Related Sustainability Indicators</i>	<i>CRISP INDICATOR ANALYSIS</i>	Relatar como o <i>Performance Based Building</i> pode beneficiar a obtenção de resultados dos indicadores do CRISP.
16	2007	DESA /UN- <i>Department of Economic and Social Affairs</i>	<i>Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies 3rd edition</i>	Orientar a possibilidade de utilização e adaptação dos 50 indicadores em outros países.
17	2008	<i>Building and Construction Authority</i>	<i>The Code for Environmental Sustainability of Buildings</i>	Código que propõem métodos para alcançar a sustentabilidade em edificações a partir da análise de 5 categorias causadoras de impactos ambientais.

Os trabalhos caracterizaram-se pela busca de procedimentos direcionados à elaboração de indicadores de desenvolvimento sustentável em âmbitos gerais. Nestes, observa-se divergência com relação à quantidade de indicadores utilizados. Alguns trabalhos utilizaram estruturas analíticas e organizacionais como elementos facilitadores para a obtenção, compreensão e controle dos indicadores.

3.1.2 Estruturas analíticas (*Frameworks*) e organizacionais

As estruturas analíticas contribuem para organizar o conjunto de indicadores de forma a facilitar sua interpretação. Elas possibilitam que todos os aspectos propostos pelos indicadores sejam

levados em consideração, além de auxiliar a compreensão de diferentes questões inter-relacionadas (SEGNESTAM, 2002).

No contexto dos trabalhos que objetivam a formulação de *frameworks* para elaboração de indicadores, inicialmente direcionados à gestão pública, destaca-se a primeira estrutura analítica desenvolvida, exposta pela *Organisation for Economic Co-operation and Development* – OECD, a estrutura *Pressure–State–Response* ou Pressão–Estado–Resposta (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

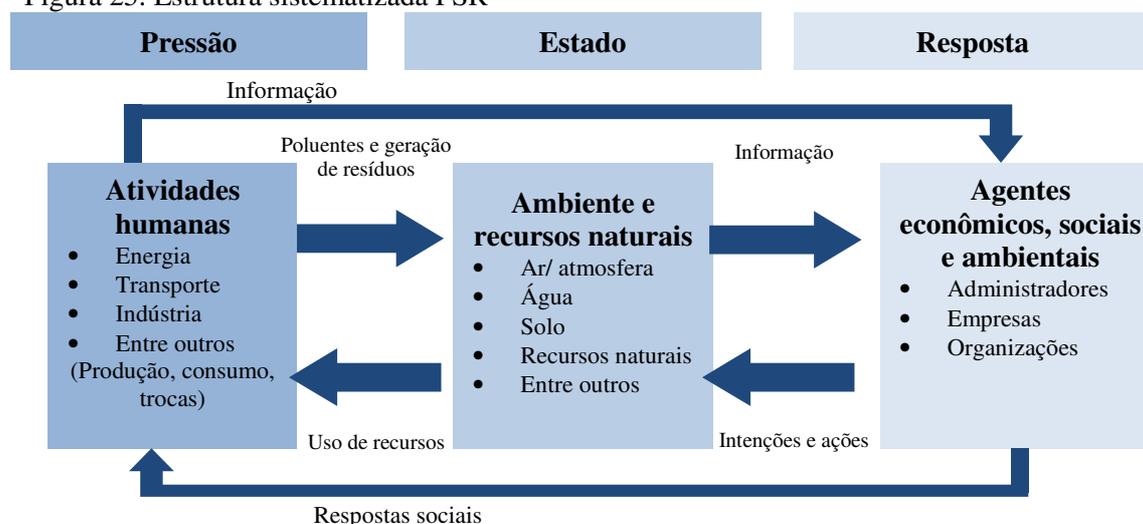
Quadro 10. Estrutura analítica PSR (*Pressure-State-Response*).

Tipologia	Definição original	Exemplo
P - <i>Pressure</i> ou indicadores de Pressão	Descreve a pressão sofrida pelo ambiente causada pelas ações humanas.	Emissões de poluentes
S - <i>State</i> ou indicadores de Estado	Se caracteriza pelo estado físico, biológico e/ou químico do ambiente resultante das pressões ocorridas no ambiente.	Concentração de poluentes na atmosfera
R - <i>Response</i> ou indicadores de Resposta	Se trata da proposição de decisões que contribuam para a resolução ou medida mitigadora da pressão que pode ser causado no ambiente.	Estabelecimento de cobranças ou multas pelas emissões de poluentes

Fonte: elaborado a partir de OECD (2003)

A PSR organiza os indicadores por meio da análise da pressão (*pressure*) sofrida pelo ambiente que acarreta em mudanças no estado (*state*) pelas atividades humanas, em que a resposta (*response*) seriam ações que conduzem à resolução ou mitigação do problema nos âmbitos ambientais, econômicos ou sociais (OECD, 1993). O funcionamento desta estrutura foi sistematizado pela OECD (2003) como demonstrado na Figura 25.

Figura 25. Estrutura sistematizada PSR



Fonte: Adaptado de OECD (2003)

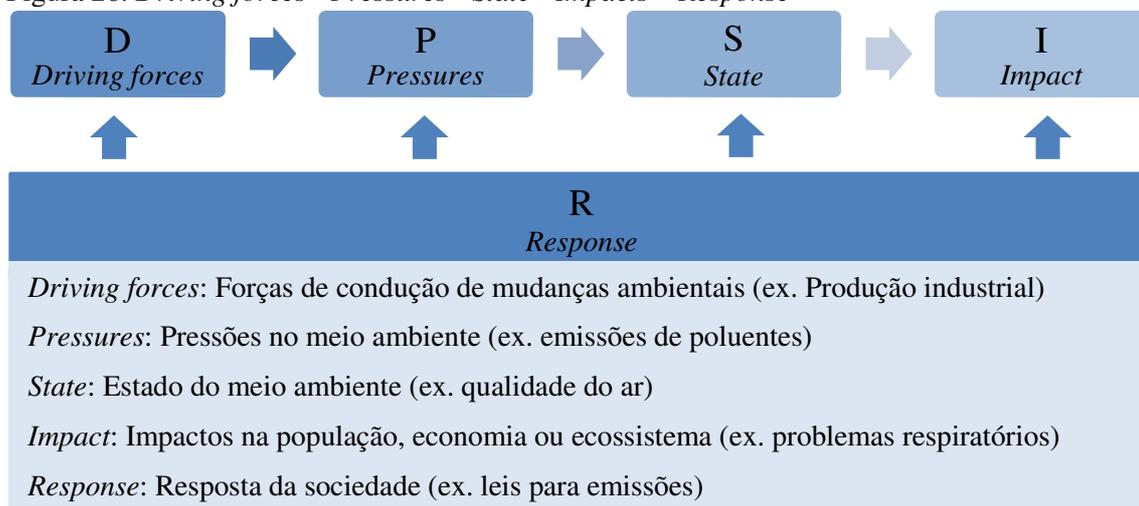
Apesar da sistematização destacar as relações entre as atividades, causas e consequências, uma das críticas à essa estrutura foi a falta de informações a respeito de como as alterações

ambientais poderiam influenciar a saúde e o bem-estar da humanidade, por exemplo. Estes, entre outros aspectos inconclusos, encadearam modificações nesta estrutura.

Derivado da PSR, estava o primeiro conjunto de indicadores publicado pela Comissão de Desenvolvimento Sustentável que utilizava o *Driving force–State–Response* ou DSR (DESA, 2007). Os indicadores para as *Driving forces* ou forças de condução descrevem atividades que acarretam em impactos positivos ou negativos sobre o desenvolvimento sustentável (DESA, 2007). Essas forças de condução expõem o desenvolvimento social, demográfico e econômico, além de provocar alterações nos níveis de produção e consumo, não se limitando às questões ambientais.

Contudo não houve continuidade da estrutura DRS diante da ambiguidade e da impossibilidade de efetuar interligações entre todas as questões envolvidas no processo (UNSD, 2005). Esta estrutura, apesar de ser limitada no que tange as análises ou as considerações dos possíveis impactos ambientais (CIB, 2003), derivou outras estruturas organizacionais tal como a *Pressure-State-Impact-Response* e *Driving forces–Pressures–State–Impact–Responses* entre outras variações (BARATELLA, 2011). Adotada pelo EUROSTAT a DPSIR descreve uma situação dinâmica, criada para obter informações objetivas, claras e específicas sobre algum evento (CIB, 2003), conforme sistematizado pela Figura 26.

Figura 26. *Driving forces - Pressures - State - Impacts - Response*



Fonte: Adaptado de DESA (2007)

Como exposto, o desenvolvimento da DPSIR funciona da seguinte forma: as forças de condução (*driving forces*) que provocam mudanças ambientais exercem pressão (*pressure*) sobre o estado (*state*) do meio ambiente que pode apresentar impactos (*impact*) significativos na população, sendo resolvidos através das respostas (*response*). O funcionamento do modelo

DPSIR é adequado às questões ambientais, contudo não contempla a complexidade das etapas de percepção do problema à resolução em âmbitos sociais e econômicas (EC, 2004).

Assim, apesar das estruturas analíticas não atenderem completamente todas as dimensões para a elaboração de indicadores de gestão pública, pode-se afirmar que a capacidade de adaptação da primeira estrutura analítica *pressure-state-response* – PSR – contribuiu para a formulação de outras variações (DSR, PSIR e DPSIR) para atendimento de outros propósitos (OECD, 2003). Além disso, em alguns trabalhos, pôde ser observado na metodologia adotada a fundamentação na estrutura analítica adaptada com os indicadores dispostos por temas e subtemas, conforme a estrutura organizacional UN-CSD *Theme Framework* (UNSD, 2001).

A UN-CSD *Theme Framework* é uma estrutura organizacional direcionada às políticas de desenvolvimento sustentável de alguns países. Esta propõe a organização da lista de indicadores de desenvolvimento sustentável, obtidos a partir da estrutura analítica *Driving force–State–Response*, nas dimensões social, ambiental, econômico e institucional, e em temas e subtemas (UNSD, 2001), dispostos de acordo com a Tabela 1.

Observa-se que entre os fatores considerados relevantes para o desenvolvimento desta estrutura estão:

- ▶ A inclusão de questões prioritárias organizadas por temas e subtemas para avaliar o progresso do desenvolvimento sustentável; e
- ▶ A limitação do número de indicadores para alcançar um conjunto básico.

Tabela 1. Indicadores organizados segundo o CSD *Theme Framework*

(Continua)

Dimensões	Temas	Subtemas	Indicadores	
Social	Igualdade	Pobreza	19	
	Saúde	Igualdade de gênero		Estado Nutricional
		Mortalidade		Saneamento
	Educação	Água potável		Seguro de saúde
		Nível educacional		Alfabetismo
	Moradia	Condições de moradia		
Segurança	Crimes			
População	Crescimento populacional			

Tabela 1. Indicadores organizados segundo o CSD *Theme Framework*

			(Conclusão)
Dimensões	Temas	Subtemas	Indicadores
Ambiental	Atmosfera	Mudanças climáticas	19
		Camada de ozônio	
		Qualidade do ar	
	Solo	Agricultura	
		Floresta	
		Desertificação	
Oceano, mares e costa	Urbanização		
	Zona costal		
Água potável	Pesca		
	Quantidade		
Biodiversidade	Qualidade		
	Ecosistema		
Econômico	Estrutura econômica	Espécies	
		Desempenho	
		Trocas	
	Padrões de consumo e produção	Status financeiro	
		Consumo de materiais	
Institucional	Estrutura institucional	Uso de energia	
		Geração e gerenciamento de resíduos	
	Capacidade institucional	Transporte	
		Implementação de estratégia	
Cooperação internacional	Acesso à informação		
	Estrutura de comunicação		
	Ciência e tecnologia		
Total	15	Preparação e respostas ao desastre	
		38	58

Fonte: Adaptado de UNDSO (2001).

A quantidade de 58 indicadores foi julgada pela *United Nation Division for Sustainable Development* – UNDSO – como suficiente uma vez que alcançou todos os temas e subtemas da sustentabilidade propostos pelo trabalho específico. Deste modo, este exemplo, ainda direcionado às políticas públicas, mostra a eficácia do uso de uma estrutura analítica em conjunto com estrutura organizacional.

Acredita-se que, a estrutura organizacional constituída por temas e subtemas quando combinada com estrutura analítica, contribui para eliminar indicadores duplicados e irrelevantes (UNDSO, 2001), tornando os indicadores de sustentabilidade mais compreensíveis ao usuário uma vez que se encontram inseridos em temas específicos.

Para a presente pesquisa, considerou-se a possibilidade de adequação da estrutura PSR para elaboração de indicadores de sustentabilidade em edificações na Antártica e organização em temas e subtemas de maior relevância ao ambiente construído, adotando o modelo já utilizado nas principais ferramentas de avaliação de sustentabilidade. A análise de obtenção de



indicadores, ainda que direcionado à gestão pública influenciaram diretamente na metodologia da presente pesquisa.

3.2 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

As primeiras manifestações de sustentabilidade na construção civil foram preocupações relacionadas ao meio ambiente, impactos nos recursos naturais e, principalmente, a racionalização na obtenção e uso de energia. Na definição do conteúdo da Agenda 21 para o setor da construção civil pelo Conselho internacional de edificações – CIB –, a sustentabilidade no ambiente construído era vista como “um caminho para a indústria da construção civil responder aos avanços no desenvolvimento sustentável em diferentes esferas: ambiental, socioeconômica e cultural” (CIB, 1999, p.19). Apesar de ser dada maior ênfase às questões ambientais, a complexidade do tema fez com que alguns países priorizassem preocupações referentes às suas problemáticas nas mais variadas esferas.

Assim, a sustentabilidade na construção civil apresentou abrangência nos enfoques de outros âmbitos, em resposta aos problemas de cada nação. Nos países industrializados, onde o desenvolvimento acelerado foi obtido às custas do meio ambiente, a sustentabilidade era abordada em suas agendas com maior destaque às questões ambientais (SILVA, 2003). Já nos países desenvolvidos, a desigualdade social e a pobreza trouxeram preocupações com a sustentabilidade no que tange à densidade demográfica e à qualidade da habitação, levando à democratização nas tomadas de decisões a respeito do ambiente construído, assumindo diferentes abordagens em escalas específicas, de acordo com cada prioridade (CIB, 1999).

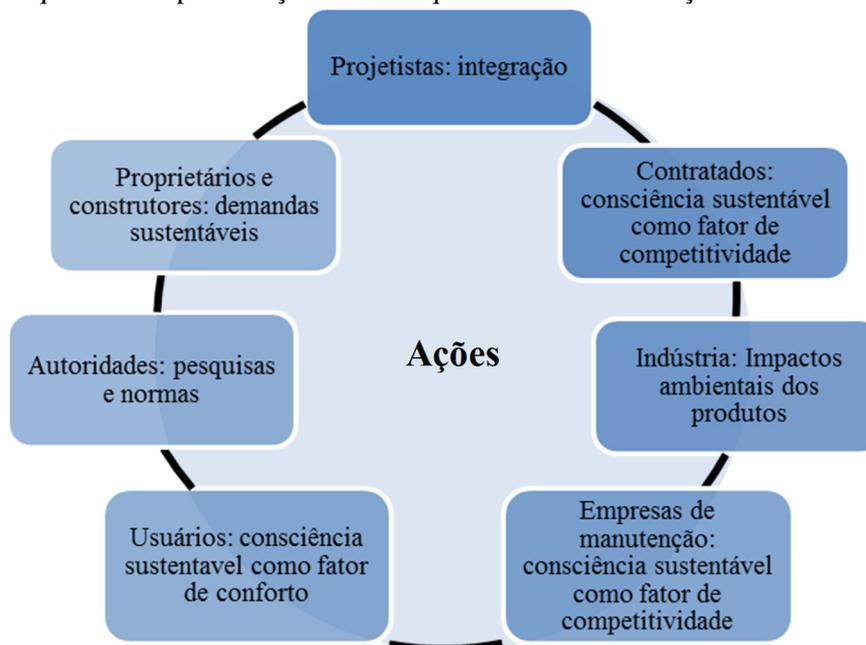
Em escalas temáticas, as abordagens relacionadas à sustentabilidade são similares. Há concordância em relação ao entendimento dos temas sustentáveis, suas diretrizes gerais e aspectos considerados em avaliações para o ambiente construído, contudo, apresentam-se vagas e/ou ambíguas. Na prática, somente o conhecimento das temáticas não fornecem informações precisas que permitam a execução de edificações com menos impactos ambientais, sociais e econômicos. Conforme a CIB (1999), as ações intrínsecas à sustentabilidade só podem ser identificadas num nível maior de especificação e aprofundamento.

Ainda de acordo com a CIB (1999), como instrumento norteador de práticas sustentáveis no ambiente construído, a Agenda 21 da construção também levantou questões e preocupações inerentes à sustentabilidade, tais como:

- ▶ Gerenciamento e organização: a inclusão deste elemento chave deve-se a abrangência de questões inter-relacionadas e do elevado número de agentes envolvidos no processo construtivo, desde a fase de projeto até a demolição;
- ▶ Produto e edificação: preocupação quanto ao desempenho dos produtos e edifícios e a otimização dos elementos de acordo com o clima, a cultura, o desenvolvimento local e a sua estratégia de sustentabilidade;
- ▶ Consumo de recursos: medidas de economia de recursos, redução e reaproveitamento, entre outras medidas de conservação tais como reuso, mitigação ou eliminação de ações que acarretam em desperdícios ou mau uso; e
- ▶ Impactos da construção no desenvolvimento urbano sustentável: visa minimizar os impactos ambientais, sociais ou econômicos decorrentes das atividades de expansão, implantação de edificações ou de infraestrutura urbana.

Pode-se afirmar que a sustentabilidade direcionada à construção civil é atingida quando há interferência de diferentes agentes, considerando os diferentes âmbitos – ambiental, social, econômico e cultural não contemplando no ambiente construído a dimensão institucional – durante todo o ciclo de vida da edificação (MATEUS, 2009). Para isso, tornar-se necessário envolver grupos multidisciplinares, empresas, autoridades e usuários visando realizar ações para um objetivo comum, como exemplifica a Figura 27 (CIB, 1999).

Figura 27. Esquema de representação do ciclo que envolve a construção sustentável



Fonte: Adaptado a partir de CIB (1999)

Ainda que a sustentabilidade no ambiente construído seja complexa e de difícil alcance, os esforços para proposição de diretrizes para construções sustentáveis são recorrentes. Fossati (2008) evidencia algumas ações que deveriam ser realizadas para ponderação da sustentabilidade em edifícios comerciais, utilizando como estudo de casos a cidade de Florianópolis (Quadro 11).

Quadro 11. Principais ações sustentáveis, segundo Fossati (2008)

Ações Sustentáveis
Adoção de um novo paradigma de projeto, no qual as soluções são avaliadas considerando o ciclo de vida do ambiente construído, incluindo custos e impactos de manutenção e operação das edificações e não apenas seus custos iniciais
Discussão de soluções integradas, analisando as potenciais consequências das decisões
Especificação de materiais e componentes que resultem em menor impacto ambiental e maior durabilidade ao longo do seu ciclo de vida
Utilização de soluções que aumentem a flexibilidade das edificações e facilitem reformas e modernizações, como por exemplo a reposição de componentes e subsistemas
Introdução de melhorias nos projetos e na gestão da produção, reduzindo a geração de resíduos nos canteiros de obras e proporcionando destinação adequada àqueles inevitavelmente gerados
Reutilização ou reciclagem de resíduos industriais e agrícolas pela construção civil, incluindo os próprios resíduos produzidos na construção e demolição de edificações

Fonte: Adaptado de Fossati (2008)

Já Cheung e Cheng (2008) propuseram requisitos para projetos sustentáveis direcionados à Hong Kong (Quadro 12). Em concordância com Fossati (2008), na sustentabilidade econômica os autores evidenciaram pontos estratégicos para adaptabilidade, reutilização de materiais e ações que visam o aumento do ciclo de vida da edificação.

Quadro 12. Requisitos para projetos sustentáveis em Hong Kong organizado em dimensões

Dimensão	Requisitos
Sustentabilidade social	Conectividade Serviços Vizinhança e contexto Cultura e patrimônio da comunidade
Sustentabilidade econômica	Qualidade Flexibilidade para mudança Reutilização das estruturas existentes Estratégia de manutenção eficiente
Sustentabilidade ambiental	Saúde do ambiente Ventilação natural Microclima Conservação de energia Água Conforto ambiental

Fonte: Elaborado a partir de Cheung e Cheng (2008)

A exposição de diretrizes, ações e avaliações sustentáveis no ambiente construído, apesar de em sua maioria exibir a sustentabilidade de maneira concisa, contribuem para a expansão do conhecimento sustentável e a difusão de suas técnicas. Na prática, o alcance da sustentabilidade

no ambiente construído demanda instrumentos, procedimentos e diretrizes com um nível maior de detalhamento.

3.2.1 Indicadores de sustentabilidade no ambiente construído

O uso dos indicadores de sustentabilidade no ambiente construído tem relevância quando permite a avaliação ou a fixação de diretrizes sustentáveis direcionadas às edificações. De acordo com a ISO 21929-1 (2011), os indicadores devem apresentar sua definição, seu potencial impacto sobre as dimensões, e a explicação dos métodos de aquisição dos dados.

Visando expor as questões de maior importância à sustentabilidade em edificações, a ISO 21929-1 (2011) considera as principais áreas de impactos como sendo a igualdade social, o patrimônio cultural, a prosperidade econômica, o ecossistema, e os recursos naturais e saúde/bem-estar. Também categoriza os principais aspectos a serem representados pelos indicadores de sustentabilidade no ambiente construído, conforme sintetizado na Figura 28. O entendimento dos principais aspectos de um edifício que podem afetar as áreas de impacto supracitadas serve como ponto de partida para a utilização dos indicadores e inclusão das questões inerentes à sustentabilidade no ambiente construído.

Figura 28. Principais aspectos sustentáveis em edificações



Fonte: Adaptado de ISO 21929-1 (2011).

Os indicadores que refletem estes pontos podem conter informações de forma quantitativa, qualitativa ou descritiva, não sendo obrigatoriamente um número, mas sim uma variável que possibilita atribuição de um valor. Podem ser utilizados como objeto de avaliação, registro, monitoramento, diagnóstico, comparação temporal entre outros (ISO 21929-1, 2011). Os indicadores utilizados como objeto de avaliação compõem as ferramentas de avaliação de desempenho das edificações adotadas mundialmente (RICARDO; BRAGANÇA, 2011).

3.3 FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO

As ferramentas de avaliação foram desenvolvidas em resposta aos questionamentos referentes ao atendimento dos edifícios aos requisitos de desempenho para o qual foram planejados (KIBERT, 2005). Utilizadas em diversos países como participantes ativas na produção de edificações mais sustentáveis, diante da capacidade de transmissão do conhecimento sustentável aplicado às edificações, as ferramentas de avaliação podem se tornar importantes incentivadoras para a criação de projetos sustentáveis (BARATELLA, 2011).

As ferramentas de avaliação da sustentabilidade refletem a significância da sustentabilidade na edificação (DING, 2008). Funcionam como um instrumento que mensura quão sustentável a edificação se apresenta, e quais os fatores a serem alterados que permitam aprimorá-la (FORSBERG; VONMALMBORG, 2004). Acredita-se que a formulação das ferramentas de avaliação da sustentabilidade foi estimulada pela possibilidade de verificação do desempenho das edificações e pela percepção que estas poderiam subsidiar melhorias significativas no desempenho do edifício (SILVA, 2000; SILVA, 2003).

As ferramentas consideradas nesta pesquisa foram: AQUA/ Brasil (FCAV, 2014); ASUS/ Brasil (ALVAREZ; SOUZA, 2011); BREEAM/ Reino Unido (BREAM, 2009); CASBEE/ Japão (CASBEE, 2014); LEED/ Estados Unidos (USGBC, 2014); e SBTool/ Consórcio Internacional (COLE; LARSSON, 2002) conforme expostas no Quadro 13. Os critérios adotados para a escolha destas ferramentas de avaliação foram o reconhecimento das mesmas a nível mundial; a característica de flexibilidade para as questões locais; a abrangência conceitual apresentada; a organização do sistema em relação às categorias; e a definição clara do propósito de cada indicador.

Quadro 13. Ferramentas de avaliação de sustentabilidade abordadas

(Continua)

Ferramenta/ Origem	Ano	Breve descrição	Categorias consideradas
AQUA / Brasil Alta Qualidade Ambiental (FCAV, 2014)	2008	Ferramenta brasileira adaptada do francês <i>Haute Qualité Environnementale</i> , estruturado a partir do referencial do Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE), que avalia o sistema de gestão ambiental instaurado, e o referencial da Qualidade Ambiental do Edifício (QAE).	Relação do edifício com o seu entorno Escolhas de produtos, sistemas e processos Canteiro de obras Gestão da energia Gestão da água Gestão dos resíduos Manutenção Conforto Qualidade sanitária

Quadro 13 Ferramentas de avaliação de sustentabilidade abordadas

(Conclusão)

Ferramenta/ Origem	Ano	Breve descrição	Categorias consideradas
ASUS / Brasil Avaliação de Sustentabilidade (ALVAREZ; SOUZA, 2011)	2008	Ferramenta de avaliação de sustentabilidade em edifícios direcionada à realidade do Espírito Santo – Brasil. O alvo da ferramenta foi avaliação em edifícios comerciais, mais especificamente em escritórios na etapa de projeto.	Planejamento do empreendimento Consumo de recursos Qualidade do ambiente Qualidade dos serviços Cargas ambientais Aspectos sociais, culturais e econômicos
BREEAM / Reino Unido Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREAM, 2009)	1990	Primeira ferramenta de avaliação, confere o índice de sustentabilidade de edifícios residenciais, comerciais, institucionais e públicos, em etapas projetuais, novas edificações, reformas ou edificações existentes.	Gestão Saúde e Bem-estar Energia Transporte Água Materiais Resíduos Uso do Solo e Ecologia Poluição Inovação
CASBEE / Japão Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency (CASBEE,2014)	2002	Exposta publicamente pelo Japan Sustainability Building Consortium - na Sustainable Building 02 em Oslo, a ferramenta CASBEE desenvolve avaliação de edifícios de escritórios, escolares e multi-residenciais.	Ambiente interno Qualidade dos serviços Ambiente externo (dentro do terreno) Energia Recursos e materiais Ambiente externo (fora do terreno)
LEED / EUA Leadership in Energy & Environmental Design (USGBC, 2014)	1999	Desenvolvido pelo Conselho de Edificações Sustentáveis dos Estados Unidos (USGBC – <i>United State Green Building Council</i>) após consenso da necessidade de elaboração de um programa próprio dos Estados Unidos (SCHEVER; KEOLEIAN, 2002). A avaliação pelo LEED contempla edificações novas e existentes, sejam elas residenciais, comerciais ou institucionais.	Sítios sustentáveis Energia e atmosfera Uso eficiente de água Materiais e recursos Qualidade do ambiente interno Inovação e processo de projeto
SBTool / Consórcio Internacional Sustainable Building Tool (COLE; LARSSON, 2002)	1996	Ferramenta com princípio de adaptação das ferramentas de avaliação em ambientes construídos às condições regionais. O sistema SBTool envolve aspectos que abrangem desde grandes projetos à uma única edificação seja residencial ou comercial, novas ou existentes.	Uso de recursos Cargas ambientais Qualidade do ambiente interno Qualidade dos serviços Aspectos econômicos Gestão Transporte

As ferramentas analisadas, apesar de apresentarem diferenças quanto à linguagem – a exemplo dos temas, subtemas e indicadores que foram exibidos em algumas ferramentas como famílias, categorias, classes entre outras nomenclaturas – expuseram semelhanças quanto à organização dos indicadores distribuídos de acordo com as possíveis áreas de impacto (Quadro 14), conforme recomendado pela ISO 21929-1 (2011).

Quadro 14. Sistematização das categorias (ou áreas de impacto).

AQUA	ASUS	BREAM	CASBEE	LEED	SBTool
Relação do edifício com entorno	Planejamento	Uso do solo	Ambiente externo (terreno)	Sítios ambientais	Seleção do terreno, planejamento e desenvolvimento
Gestão da energia	Energia	Energia	Energia	Energia e Atmosfera	Energia
Gestão de água	Água	Água	Recursos e materiais (água)	Uso eficiente da água	Consumo de recursos (água)
Gestão de resíduos	Consumo de recursos	Materiais e resíduos	Recursos e materiais (materiais)	Materiais e recursos	Consumo de recursos (materiais)
Conforto e qualidade sanitária	Qualidade do ambiente interno	Saúde e Conforto	Ambiente interno	Qualidade do ambiente interno	Qualidade do ambiente interno
Canteiro de baixo impacto ambiental	Cargas ambientais	Poluição	Ambiente externo (fora do terreno)	Energia e Atmosfera	Cargas ambientais
Gestão de manutenção e gestão do empreendimento	Qualidade dos serviços, gestão e planejamento	Transporte, gestão e inovação	Qualidade dos serviços	Inovação e processo de projetos	Gestão e qualidade dos serviços

Fonte: Adaptado de FCAV (2014), Alvarez e Souza (2011), BREEM (2009), CASBEE (2014), USGBC (2014) e, Cole e Larsson (2002).

A ISO 21929-1 (2011), enquanto norma específica para indicadores de sustentabilidade do ambiente construído propõe também como deve ser a ordem de análise e exposição das informações, ou seja: a) inserção dos dados de acordo com as dimensões da sustentabilidade no ambiente construído (social, ambiental e econômico); b) identificação nas áreas de proteção do desenvolvimento sustentável (consumo de recursos, energia, qualidade do ambiente interno, entre outros); c) definição dos aspectos construtivos que afetam as áreas de proteção (uso de recursos não renováveis, eficiência energética, conforto térmico, entre outros); e) definição do conjunto de indicadores que representam um ou mais aspectos das áreas de proteção, a exemplo da quantidade de materiais não renováveis, instalação de placas fotovoltaicas, utilização de materiais isolantes, entre outros. A organização das informações, das dimensões aos indicadores, na maioria das ferramentas, está disposta conforme estrutura apresentada na Figura 29.

Figura 29. Estrutura de organização das ferramentas



Fonte: Adaptado de ISO 21929-1 (2011).

A maioria das ferramentas tem sido estruturada para localidades específicas. Deste modo, as questões analisadas no esquema acima, como as áreas de proteção, aspectos relevantes para a sustentabilidade do edifício e os indicadores refletirão somente as preocupações inerentes de uma determinada localidade, não admitindo completa reprodução em outras realidades (ALYAMI; REZGUI, 2012). Nas ferramentas há um considerável número de indicadores que buscam consonância com as características do local avaliado (RICARDO; BRAGANÇA, 2011), e a combinação com seus devidos pesos é a chave para a realização de avaliações adaptadas a cada realidade.

Os sistemas de pontuação das ferramentas apresentam-se diretamente relacionados com o atendimento dos indicadores ao desempenho de referência (*benchmarks*) do edifício. O funcionamento e informações sobre as ferramentas de avaliação estudadas, estão sintetizados no Quadro 15.

Quadro 15. Sistema de pontuação e apresentação dos resultados das ferramentas em análise (Continua)

AQUA – Alta Qualidade Ambiental	
Tipos de edifícios avaliados	Edifícios comerciais e escolares, novos ou reformados, não contemplando fase de uso e operação
Condições de acesso	Livre/ Privada
Sistema de pontuação	Atendimento ao desempenho obtido na subcategoria
Apresentação dos resultados	Bom, superior e excelente
ASUS – Avaliação de Sustentabilidade	
Tipos de edifícios avaliados	Edifícios comerciais em fase de projeto
Condições de acesso	Livre
Sistema de pontuação	Atendimento aos critérios segundo escalas de desempenho
Apresentação dos resultados	-1 a 0 para desempenho ruim; 0 a 1 para desempenho mínimo esperado; 1 a 2 para desempenho bom; 3 a 4 para desempenho superior e; 4 a 5 para prática de excelência.

Quadro 15. Sistema de pontuação e apresentação dos resultados das ferramentas em análise
(Conclusão)

BREEAM – Building Research Establishment Environmental Assessment Method	
Tipos de edifícios avaliados	Todos os tipos de edificações nas fases de projeto e pós ocupação
Condições de acesso	Privada
Sistema de pontuação	Atendimento aos critérios para especificação do desempenho (pesos não declarados)
Apresentação dos resultados	A pontuação global atinge os níveis: Aceitável, Bom, Muito Bom, Excelente e Excepcional.
CASBEE – Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency	
Tipos de edifícios avaliados	Desenvolvimento urbano e área urbana, edificações residenciais em fase de pré-projeto, edificações novas, existentes e renovação.
Condições de acesso	Livre/ Privada
Sistema de pontuação	De acordo com o quociente do Eficiência Ambiental da Edificação (<i>Building Environmental Efficiency</i> - BEE) = Q/L (valor da qualidade e desempenho ambiental do produto e serviço pela unidade de carga ambiental)
Apresentação dos resultados	Níveis de desempenho S, A, B+, B- e C
LEED – Leadership in Energy & Environmental Design	
Tipos de edifícios avaliados	Edificações novas e existentes, comerciais e residenciais.
Condições de acesso	Privada
Sistema de pontuação	Atendimento aos critérios segundo escalas de desempenho (distribuição de pesos igualitária)
Apresentação dos resultados	A edificação deve atingir no mínimo de 40% dos pontos, a partir desta pontuação alcança os níveis LEED™ <i>Certified, Silver, Gold e Platinum</i>
SBTool - Sustainable Building Tool	
Tipos de edifícios avaliados	Edificação residencial ou comercial, novas ou existentes
Condições de acesso	Livre
Sistema de pontuação	Atendimento às escalas de desempenho
Apresentação dos resultados	-1 Desempenho negativo; 0 - Desempenho mínimo aceitável; +3 - Boas práticas; e +5 - Prática de excelência.

Fonte: Adaptado de FCAV (2014), Alvarez e Souza (2011), BREEM (2009), CASBEE (2014), USGBC (2014) e, Cole e Larsson (2002).

Por fim, constata-se que as ferramentas de avaliação da sustentabilidade analisadas foram estruturadas de acordo com os preceitos da normatização revista e de recomendações internacionais. Apesar de apresentarem divergências na determinação dos pesos, podem servir de base para organização dos indicadores com o aproveitamento de temas e categorias utilizadas, para o enriquecimento da pesquisa através do fornecimento de indicadores adicionais.

4 PROPOSTA DE INDICADORES

A proposição dos indicadores foi obtida, basicamente, a partir dos resultados atingidos em cada Lista que foram, posteriormente, organizados segundo as categoriais.

Para organização das listas foi utilizada a estrutura organizacional *CSD Theme Indicator Framework* (DESA, 2007), que organiza os indicadores de acordo com as 3 dimensões elementares da sustentabilidade – ambiental, social e econômica – e as subdivide em categorias. As categorias expostas no quadro 14, observadas nas ferramentas de avaliação, capítulo 3 e subitem 3.3, serviram de base para a estrutura organizacional dos indicadores. Deste modo, os indicadores oriundos da lista 1 e 2 foram organizados em:

- ▶ Dimensão ambiental – categorias relações entre o edifício e o entorno, água, energia, materiais, resíduos e cargas ambientais;
- ▶ Dimensão social – categorias qualidade do ambiente interno, segurança e gestão e qualidade dos serviços;
- ▶ Dimensão econômica – categoria custo.

4.1 INDICADORES ORIUNDOS DA LISTA 1 (SPR)

Edificar em áreas de difícil acesso e de interesse ambiental como a Antártica, se caracteriza não somente pela busca de atividades de mitigação ou eliminação dos impactos ambientais e busca pela conservação do ambiente como, também, deve ser levado em consideração que os condicionantes ambientais observados se caracterizam por condições absolutamente inóspitas para a execução de edificações com as desejáveis condições de habitabilidade e segurança. Deste modo, os elementos resultantes na Lista 1 – SPR – foram ponderados em função dos condicionantes e fatores limitantes, gerando eventualmente um ou mais indicadores resposta, conforme exemplificado no Quadro 16.

Quadro 16. Exemplo de Indicadores oriundos da estrutura analítica SPR

(Continua)

Estado	Pressão	Resposta
Ventos fortes	Acúmulo de neve na fachada por a edificação funcionar como bloqueio à passagem do vento	Adoção de técnica de elevação ou de construção da edificação abaixo do nível do solo/gelo Forma aerodinâmica
Baixo índice de umidade absoluta	Favorecimento para a deflagração e propagação do fogo	Seleção de materiais resistentes ao fogo Adoção de estratégias adequadas à fuga de emergência
Variações climáticas	Curto espaço de tempo para construção	Adoção de sistema modular ou pré-fabricado, ou outro de rápida execução

Quadro 16. Exemplo de Indicadores oriundos da estrutura analítica SPR

(Conclusão)

Estado	Pressão	Resposta
Distância do local de realização do projeto em relação ao seu local de implantação	Execução sem acompanhamento físico constante dos profissionais responsáveis pelo projeto e produção dos elementos construtivos	Utilização de materiais e sistemas de fácil execução Elaboração de manual de instalação, uso e manutenção das edificações
Usuários originários de outros continentes	Pressão psicológica referente à distância do ambiente familiar por longos períodos	Elaboração de ambientes de convívio e confraternização Adoção de elementos de decoração que remetam ao país de origem
Temperatura extremamente baixa	Alto consumo energético com sistemas de aquecimento	Aproveitamento do calor emanado dos equipamentos e dos ocupantes Utilização de sistema construtivo eficiente em relação à isolamento térmica Partido arquitetônico que potencialize a conservação do calor interno

Fonte: Elaborada a partir de Montarroyos e outros (2015)

A estrutura analítica SPR representa um ciclo de entendimento das pressões causadas pelos condicionantes na edificação e a reflexão das possibilidades de resolução. O processo de análise dos elementos de resposta da estrutura também contribuiu para o enriquecimento dos dados, uma vez que permite conjecturar sobre novas resoluções, técnicas ou materiais, mostrando-se como uma estrutura de possível adequabilidade temporal.

Ressalta-se que as respostas colocadas no quadro SPR, exposta em sua totalidade no Apêndice II, referem-se aos elementos de análise adequados à Antártica oriundos de um processo dinâmico, que se inicia com o entendimento dos fatores limitantes e/ou condicionantes que impactam na execução de edificações Antárticas.

Ao final, a Lista 1 de indicadores de sustentabilidade provenientes da estrutura analítica SPR contemplou 61 indicadores (Tabela 2). Estes foram agrupados e organizados de acordo com as dimensões e categorias da sustentabilidade.

Tabela 2. Quantitativo inicial de indicadores da Lista 1

Dimensão	Categoria	Quantidade de indicadores	
		Quantidade por categoria	Total
Ambiental	Relações entre o edifício e o entorno	8	39
	Água	6	
	Energia	5	
	Materiais	11	
	Resíduos	6	
	Emissões	3	
Social	Conforto	7	20
	Segurança	7	
	Gestão e qualidade dos serviços	6	
Econômica	Custo	2	2
Total de indicadores lista 1			61

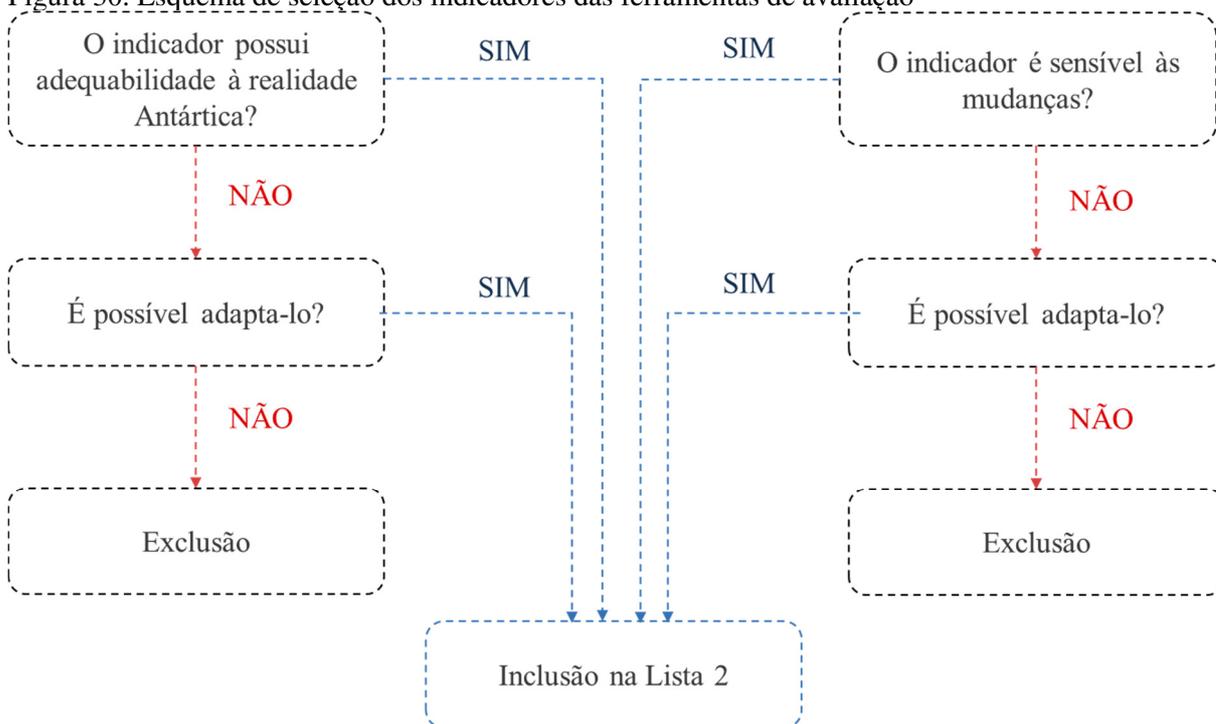
Fonte: Elaborada a partir de Montarroyos e outros (2015)

Os indicadores oriundos da estrutura SPR relacionados às questões ambientais se mostraram mais numerosos, como era o esperado, considerando se tratar de uma área de preservação ambiental. Ao analisar os itens constituintes das categorias, os indicadores referentes aos impactos inerentes aos materiais empregados, os aspectos relacionados às dificuldades logísticas e agressividade do meio ocasionaram um número expressivo de indicadores. Tendo em vista que os indicadores finais são as respostas às pressões causadas pelos condicionantes ambientais, o quadro organizacional permite afirmar que as pressões causadas nos materiais são os aspectos de maior pressão nos processos construtivos das edificações.

4.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA LISTA 2 (FERRAMENTAS)

O levantamento feito nas ferramentas de avaliação de sustentabilidade previamente selecionadas gerou 122 indicadores para a fase de projetos e projetos passíveis de aplicação para as condições Antárticas. Contudo para a inclusão dos indicadores na lista 2, foi realizado um recorte a partir dos pré-requisitos de adaptabilidade e sensibilidade às mudanças conforme explicitado na Figura 30. Nota-se que o esquema permitiu a adaptação dos indicadores utilizados em áreas urbanas para a realidade da Antártica. Os indicadores excluídos foram expostos no Apendice III.

Figura 30. Esquema de seleção dos indicadores das ferramentas de avaliação



Com o recorte a partir dos pré-requisitos citados o número de indicadores reduziu para 62. Ao inseri-los na estrutura organizacional, os indicadores se apresentaram conforme Tabela 3.

Tabela 3. Quantitativo de indicadores da Lista 2

Dimensão	Categoria	Quantidade de indicadores	
		Quantidade por categoria	Total
Ambiental	Relações entre o edifício e o entorno	3	36
	Água	3	
	Energia	5	
	Materiais	14	
	Resíduos	4	
	Emissões	7	
Social	Conforto	15	24
	Segurança	2	
	Gestão e qualidade dos serviços	7	
Econômica	Custo	2	2
Total de indicadores lista 2			62

Fonte: Elaborada a partir de Montarroyos e outros (2015)

Alguns dados divergiram dos resultados de maior destaque na Lista 1. Na Lista 2, a quantidade de indicadores relacionados ao conforto do usuário apresentou superior – aproximadamente o dobro – aos dados da Lista 1. Enquanto, as questões referentes às categorias “relações entre o edifício e o entorno”, “segurança” e “água”, apresentaram um número menor de indicadores.

Tal divergência vem ao encontro do pressuposto teórico que justifica o desenvolvimento dessa pesquisa, as ferramentas de avaliação são essencialmente voltadas para objetos inseridos no

contexto urbano densificado, com maior população, condicionantes ambientais menos agressivos, além de infraestrutura, recursos e sistemas disponíveis. De tal modo, por se tratar de outra realidade, já era esperado que os indicadores relacionados à sensibilidade ambiental, aos recursos hídricos e à segurança na Antártica não seriam plenamente representados pela Lista 2.

Portanto, o agrupamento dessas 2 listas, com adição dos indicadores representativos contidos em cada uma e a exclusão dos indicadores ambíguos, resultou em um conjunto de 91 indicadores (Tabela 4).

Tabela 4. Quantitativo final de indicadores oriundos do agrupamento das Listas 1 e 2

Dimensão	Categoria	Quantidade de indicadores	
		Quantidade por categoria	Total
Ambiental	Relações entre o edifício e o entorno	9	56
	Água	6	
	Energia	7	
	Materiais	20	
	Resíduos	7	
	Emissões	7	
Social	Conforto	17	33
	Segurança	8	
	Gestão e qualidade dos serviços	8	
Econômica	Custo	2	2
Total de indicadores lista 1 e 2			91

Fonte: Elaborada a partir de Montarroyos e outros (2015)

Ainda que o conjunto final de indicadores se caracterize pela ênfase ao aspecto ambiental da sustentabilidade no que se refere à seleção de materiais, na categoria conforto os indicadores também se destacaram, em particular, aqueles oriundos em sua maioria da Lista 2. Destaca-se que Antártica já contempla edificações construídas que abrigam pesquisadores por longos períodos, em condições climáticas extremas, onde é eminente a necessidade de preocupações inerentes aos aspectos de conforto e segurança do usuário.

4.3 ANÁLISE POR DIMENSÕES

Os quadros a seguir referem-se aos indicadores da lista final. Os indicadores foram agrupados segundo categorias e aspectos relevantes para a sustentabilidade do edifício, remetendo aos instrumentos de avaliação considerados nos procedimentos metodológicos.

4.3.1 Dimensão ambiental

A sustentabilidade na construção civil, tanto em centros urbanos quanto em áreas de proteção ambiental, visam abranger as dimensões não somente na área demarcada para execução da

edificação como também extrapolam o limite do terreno. Em áreas densificadas as intervenções no entorno são guiadas pelas políticas públicas de planejamento urbano; já em áreas de proteção ambiental, é compreensível que a sensibilidade do entorno conduzisse às decisões projetuais conforme analisado no Quadro 17.

Quadro 17. Indicadores da categoria “relações entre o edifício e o entorno”

Aspectos relevantes para a sustentabilidade do edifício	Indicadores	L 1	L 2
AMBIENTAL			
Relações entre o edifício e o entorno			
Pressão sonora dos equipamentos	Medidas de atenuação do nível de pressão sonora dos equipamentos	x	
Interferência do solo/gelo	Interferência da técnica construtiva na configuração natural do solo/gelo	x	
	Medidas para restaurar ou manter a funcionalidade original do ambiente natural	x	
	Nível de antropização (interferência do homem no meio ambiente) do local de implantação	x	
Harmonia com a paisagem	Harmonia do <i>design</i> com a paisagem		x
Desempenho da edificação em relação ao vento	Forma aerodinâmica	x	
Cultivo de espécies vegetais para consumo	Estanqueidade dos ambientes para controle de entrada/ saída dos materiais biológicos em relação ao exterior	x	
Risco de contaminação	Medidas para isolar áreas com potencial poluente	x	x
Presença de fauna e/ou flora	Interferência na fauna e/ou flora nas etapas de construção e operação	x	x

A categoria “relações entre o edifício e o entorno” na Antártica, envolveu indicadores especialmente relacionados à suscetibilidade do local com medidas que objetivam, em sua maioria, evitar interferência no solo e na biodiversidade como também incentivar a implantação da edificação em áreas de menor valor ecológico, ou áreas não-úrgens.

Nesta categoria, destaca-se que atualmente não é permitido o cultivo de espécies vegetais para consumo na Antártica, porém, considerando a tendência para a liberação de estufas controladas, esse aspecto foi proposto condicionado à sua aplicação somente a partir do efetivo consentimento dos representantes das Partes Consultivas do Tratado da Antártica.

As categorias seguintes referem-se aos aspectos inerentes ao consumo de recursos naturais e foram organizados a partir dos temas água, energia e materiais (Quadro 18).

Quadro 18. Indicadores das categorias relacionadas com consumo de recursos

(Continua)

Aspectos relevantes para a sustentabilidade do edifício	Indicadores	L	L
		1	2
Água			
Presença de água de consumo no entorno	Presença de água na forma líquida	x	
	Distância da construção em relação aos corpos hídricos	x	
Uso otimizado de água	Instalação de equipamentos economizadores	x	x
	Instalação de sistemas de identificação e prevenção de vazamentos e desperdícios	x	
Reuso de águas servidas	Utilização de sistemas de reutilização das águas cinzas	x	x
	Utilização de sistemas de reutilização das águas negras	x	x
Energia			
Fontes de energia	Sistemas de energia renovável como base energética para as edificações	x	x
Gastos energéticos	Consumo de energia anual estimada por ocupante no verão, kWh/m ²	x	
	Consumo de energia anual estimada por ocupante no inverno, kWh/m ²	x	
	Estimativa do gasto energético utilizado em equipamentos		x
Eficiência energética	Eficiência energética determinada pela envoltória		x
	Eficiência energética determinada pelo sistema de aquecimento	x	x
	Instalação de equipamentos economizadores de energia	x	x
Materiais			
Desempenho/ durabilidade dos materiais	Uso de materiais com longa vida útil e mínima necessidade de manutenção	x	x
	Uso de materiais resistentes ao fogo	x	x
	Medidas de proteção contra raios UV para materiais de uso externo	x	x
	Uso de materiais e sistemas resistentes às pressões do vento	x	
	Medidas de proteção anticorrosão para materiais de uso externo	x	x
Materiais e componentes reutilizados	Técnica construtiva que facilita a substituição de peças e a futura desmontagem, bem como com potencial de reutilização ou reciclagem dos elementos da edificação	x	
	Uso de embalagens de proteção para o transporte que permitam reutilização ou reciclagem	x	
	Adoção de materiais reutilizados ou reciclados de construções existentes		x
	Adoção de materiais renováveis ou recicláveis/reaproveitáveis		x

Quadro 18. Indicadores das categorias relacionadas com consumo de recursos

		(Conclusão)	
Aspectos relevantes para a sustentabilidade do edifício	Indicadores	L 1	L 2
Materiais de baixo impacto	Utilização de sistema modular, pré-fabricado, e/ou de rápida execução	x	
	Utilização de sistemas construtivos flexíveis e adaptáveis	x	
	Quantidade de água potável utilizada na fase de produção dos principais elementos construtivos da edificação		x
	Quantidade de água potável utilizada na fase de construção dos principais elementos construtivos da edificação		x
	Quantidade de água potável utilizada na fase de manutenção dos principais elementos construtivos da edificação		x
	Quantidade de energia utilizada na fase de produção dos principais elementos construtivos da edificação		x
	Quantidade de energia utilizada na fase de construção dos principais elementos construtivos da edificação		x
	Quantidade de energia utilizada na fase de manutenção dos principais elementos construtivos da edificação		x
	Quantidade de resíduos tóxicos gerados na fase de produção dos principais elementos construtivos da edificação		x
	Quantidade de resíduos tóxicos gerados na fase de construção dos principais elementos construtivos da edificação	x	x
	Quantidade de resíduos tóxicos gerados na fase de manutenção dos principais elementos construtivos da edificação	x	

Em relação às categorias água e energia, apesar de na Antártica, evidentemente, não haver sistemas de abastecimento público de água ou energia – a água é obtida através de corpos hídricos ou degelo e a energia através de geradores ou acumuladores – ressalta-se a mesma preocupação na Antártica e nos meios urbanos tradicionais em relação à otimização e eficiência dos sistemas com estratégias de minimização dos impactos resultantes do consumo.

Já os indicadores da categoria materiais apresentaram diferentes enfoques dos apresentados nas ferramentas de avaliação. Nota-se que esta categoria contribuiu com o maior número de indicadores da estrutura analítica SPR, conforme já destacado anteriormente. A divergência pode ser explicada ao analisar que grande parte dos indicadores tem o propósito de amenizar o efeito dos condicionantes ambientais Antárticos nas edificações. Dessa forma, a determinação de materiais mais sustentáveis não somente influencia no ambiente como também na durabilidade e desempenho da edificação.

Apesar de alguns indicadores da categoria materiais fornecerem estratégias que buscam minimizar a deposição de resíduos no ambiente, os indicadores propostos estão relacionados às cargas ambientais (Quadro 19), como de gestão de resíduos e emissões de poluentes. Esta

distinção deve-se às características específicas da Antártica onde a deposição de resíduos e as emissões de poluentes podem tomar grandes proporções e comprometer o equilíbrio ambiental. Observa-se que o Protocolo de Madri preconiza que todo lixo ou rejeito gerado na Antártica deve retornar ao país responsável pela edificação, sendo um aspecto a ser considerado desde a construção até a etapa de uso/operação e posterior descomissionamento ou desmonte (ALVAREZ, 1995), conforme estrutura SPR.

Quadro 19. Indicadores das categorias relacionadas às cargas ambientais

Aspectos relevantes para a sustentabilidade do edifício	Indicadores	L 1	L 2
Resíduos			
Geração de resíduos sólidos	Geração de resíduos sólidos não-orgânicos nas etapas de construção da edificação		X
	Geração de resíduos sólidos não-orgânicos na etapa de uso/operação da edificação	X	
	Geração de resíduos sólidos não-orgânicos na etapa de descomissionamento ou desmonte da edificação	X	
Geração de resíduos líquidos	Geração de resíduos líquidos nas etapas de uso/operação	X	
	Utilização de sistemas de tratamento de resíduos líquidos	X	X
Armazenamento e triagem de resíduos	Implantação de instalações para o armazenamento e triagem de resíduos sólidos	X	X
	Segurança para armazenamento e eliminação de resíduos perigosos	X	X
Emissões			
Emissões atmosféricas	Quantidade de materiais construtivos que reconhecidamente prejudicam a camada de ozono - ODP (kg CFC-11)		X
	Quantidade de materiais construtivos que potencializam o aquecimento global - GWP (kg CO ₂)	X	X
	Quantidade de materiais construtivos que potencializam a acidificação - AP (kg SO ₂)	X	X
	Quantidade de materiais construtivos que potencializam a oxidação fotoquímica - POCP (kg C ₂ H ₄)		X
	Quantidade de materiais construtivos que potencializam a eutrofização - EP (kg PO ₄)		X
Ações minimizadoras de emissões	Utilização de sistemas construtivos, materiais e equipamentos de baixa emissividade	X	X
	Medidas para assegurar que os procedimentos de manutenção gerem o mínimo de COV		X

4.3.2 Dimensão social

A dimensão social é caracterizada pela apresentação de medidas que visam melhorar as condições físicas, psicológicas, culturais dos indivíduos que frequentam a edificação.

Observa-se que a dimensão social também deveria envolver as questões relacionadas à responsabilidade social, principalmente no que se refere às empresas construtoras ou responsáveis pela operação/manutenção das edificações. No entanto, adverte-se que há grandes

discrepâncias nos conceitos adotados pelos países, optando-se assim pela abordagem indireta do tema nos indicadores das diversas categorias.

Como mencionado anteriormente, os indicadores da categoria conforto (Quadro 20) foram os mais numerosos. Ressalta-se que neste quadro houve maior contribuição da Lista 2 contemplando o dobro de indicadores em relação ao quantitativo da Lista 1. Os indicadores das ferramentas de avaliação abrangem as várias questões pertinentes à qualidade do ar e do conforto visual, térmico e acústico. Contudo, entre outras questões, a questão da relação edificação com os usuários em condição de isolamento, por longos períodos, é um aspecto que deve ser considerado e que não requer atenção em regiões urbanizadas.

Observa-se ainda na temática social que os pesquisadores antárticos, em sua maioria têm sua estadia prolongada devido à dificuldade de acesso ao continente, sendo então propostos, por exemplo, os indicadores “elaboração de ambientes de convívio e confraternização” e “uso de elementos de decoração que remetam ao país de origem” enquanto medidas mitigadoras que contribuem para reduzir os eventuais distúrbios psicológicos ocasionados pela distância do local de origem.

Quadro 20. Indicadores da categoria relacionada ao conforto do usuário

		(continua)	
Aspectos relevantes para a sustentabilidade do edifício	Indicadores	L	L
		1	2
SOCIAL			
Conforto			
Qualidade do ar interior	Quantidade de renovações do ar por unidade de tempo	x	x
	Utilização de sistemas de filtragem do ar interior	x	x
Conforto visual - iluminação natural	Porcentagem de compartimentos destinados à longa permanência com aproveitamento da luz natural		x
	Quantidade (lux) e distribuição da luz natural nos compartimentos destinados à ocupação humana		x
Conforto visual - iluminação artificial	Quantidade (lux) e distribuição da luz artificial nos compartimentos destinados à ocupação humana		x
Acesso às vistas	Adoção de elementos na edificação que permitam a integração visual do ambiente interno ao externo (paisagem)		x
	Privacidade visual das unidades habitacionais		x
Isolamento acústico	Transmissão sonora entre ambientes		x
	Medidas de atenuação dos ruídos oriundos de equipamentos para o interior dos ambientes sociais		x

Quadro 20. Indicadores da categoria relacionada ao conforto do usuário

Aspectos relevantes para a sustentabilidade do edifício	Indicadores	(Conclusão)	
		L 1	L 2
Tecnologias solares passivas	Partido arquitetônico que potencializa a conservação do calor interno	x	x
	Proposição de técnica construtiva e materiais que otimizem o isolamento térmico	x	
Conforto térmico	Utilização de sistemas de climatização de acordo com as características térmicas e necessidades atribuídas a cada ambiente	x	x
	Utilização de sistemas de climatização em conformidade com normas ou protocolo reconhecido		x
Relação edificação e usuários	Existência de ambientes adequados e que incentivem o convívio e a confraternização entre os usuários	x	x
	Uso de elementos de decoração que remetam à cultura do país de origem	x	
	Conformidade de áreas com dimensões mínimas aceitáveis para cada ambiente		x
	Distribuição dos ambientes, promovendo circulação eficiente e não conflitante		x

Considerando que o lançamento do partido arquitetônico é uma etapa importante para o alcance do conforto térmico com reduzido consumo energético em condições Antárticas, foi proposto um indicador específico visando valorizar as soluções que potencializem a conservação do calor interno e contribuam para a redução dos gastos energéticos.

As soluções adotadas para a ampliação do conforto com baixo consumo energético podem incorporar técnicas – como por exemplo, a inserção de espaços vazios entre a envoltória externa e os revestimentos internos – que também contemplem a redução da transmissão dos ruídos internos para o exterior bem como a diminuição da vibração das paredes e estruturas pela ação do vento, atenuando os danos materiais e os efeitos psicológicos junto aos usuários.

Já o vento forte em conjunto com o baixo índice de umidade absoluta são fatores relevantes no que diz respeito à segurança contra incêndios. Diferentemente do imaginado pela maioria das pessoas, o maior receio que os usuários e gestores tem em relação às edificações na Antárticas não se refere à proteção ao frio, e sim, ao fogo. As edificações na Antártica apresentam-se confinadas com ar seco e equipamentos e materiais de fácil combustão. A eventual ocorrência de um incêndio e a presença de fortes ventos podem ocasionar situações de risco, a exemplo do que ocorreu com a Estação Antártica Comandante Ferraz, em fevereiro de 2012 (ALVAREZ, 2014).

O incidente ocorrido na EACF contribuiu para a proposição das diretrizes projetuais elaboradas para o desenvolvimento do projeto das novas edificações da EACF visando minimizar os riscos de incêndio (INSTITUTO..., 2013). Observa-se que um incêndio da grandeza de como ocorreu na EACF, além dos danos emocionais e econômicos, gerou um forte impacto ambiental de proporções não imaginadas anteriormente, como a contaminação do solo, a geração de uma grande quantidade de resíduos perigosos e a profunda interferência na fauna local.

As análises realizadas após o incêndio contribuíram para a definição dos indicadores de segurança e risco ao fogo apresentados no Quadro 21. Os indicadores de segurança ao fogo evidenciaram a necessidade de medidas adicionais de treinamento dos usuários e responsáveis pela operação das edificações.

Quadro 21. Indicadores da categoria relacionada à segurança

Aspectos relevantes para a sustentabilidade do edifício	Indicadores	L 1	L 2
Segurança			
Estratégias de segurança	Implantação de saídas emergenciais próximo aos cômodos de longa permanência e de ambientes com concentração de pessoas	x	
	Adoção de medidas preventivas relacionadas à segurança pessoal e da edificação junto aos usuários		x
	Projeto arquitetônico que contemple o isolamento entre setores para o caso de incêndio	x	
	Treinamento obrigatório para usuários e gestores da edificação, tanto para ações de prevenção como de combate a acidentes	x	
Sinalização das rotas de segurança e trabalho	Utilização de sistema de iluminação no exterior do edifício para uso cotidiano e de segurança	x	
	Criação de rotas e trilhas de segurança e de trabalho no exterior e no interior, com sistema de iluminação de emergência	x	
Risco do usuário e da edificação	Tempo necessário para uma pessoa localizada no local mais remoto do edifício chegar ao um local seguro	x	x
	Existência de abrigos exclusivos para uso em situação de emergência em locais protegidos e afastados das edificações de uso cotidiano	x	

Um elemento de importância diferenciada na Antártica em relação aos núcleos urbanos refere-se à adequada sinalização nas rotas de segurança e de trabalho, especialmente considerando a ausência ou reduzida presença de luz natural no período de inverno.

A elaboração de edificações científicas na Antártica alicerçadas nas premissas da sustentabilidade pressupõe que, ainda na fase de projeto, seja planejado o desempenho da operação da edificação. Por meio dos indicadores propostos no Quadro 22, foram inseridas

questões relacionadas à controlabilidade dos sistemas, monitoramento e confecção de manuais de instalação uso e manutenção das edificações e equipamentos.

Quadro 22. Indicadores da categoria relacionada à gestão da edificação

Aspectos relevantes para a sustentabilidade do edifício	Indicadores	L 1	L 2
Gestão da edificação			
Planejamento do uso, operação e manutenção	Disponibilidade do projeto para uso/análise de operadores	x	
	Elaboração de manual de instalação, uso e manutenção (considerando a edificação e seus equipamentos)	x	x
Controlabilidade dos sistemas	Controlabilidade no consumo de água e energia		x
	Controlabilidade na temperatura interna dos ambientes	x	x
	Grau de controle sobre os sistemas principais que pode ser exercida pelos usuários	x	x
	Presença de sistema de controle informatizado de gestão do edifício		x
Flexibilidade	Capacidade estrutural de suportar futuras modificações/expansões	x	x
	Nível de dificuldade para alterar instalações ou equipamentos	x	x

No que tange ao aspecto flexibilidade ao longo da vida útil das edificações, é comum a necessidade de alterações na edificação seja pelo aumento/diminuição da quantidade de usuários, para atendimento às novas funções, ou para modernização de instalações e equipamentos. Fundamentados no conceito de sustentabilidade, os indicadores deste aspecto, tornam possível conjecturar, em fase de projeto, sobre medidas – nos partidos arquitetônicos, por exemplo – que contribuam para a realização de modificações futuras visando o mínimo de impacto no ambiente Antártico.

4.3.3 Dimensão econômica

Por fim, na dimensão econômica, nota-se que as decisões projetuais, a partir da escolha de materiais, sistemas e instalações influenciam diretamente no custo da edificação. Além disso, no decorrer de sua vida útil, ações nas etapas de uso, manutenção ou até mesmo descomissionamento ou desmonte, impactam diretamente no custo total. Em edificações Antárticas, assim como realizadas em edificações localizadas em áreas urbanas, o planejamento do custo da edificação desde o projeto ao desmonte, adquire especial importância uma vez que os indicadores relacionados podem estabelecer estratégias para otimização dos custos finais e economia dos recursos financeiros da edificação (Quadro 23).

Quadro 23. Indicadores da dimensão econômica

Aspectos relevantes para a sustentabilidade do edifício	Indicadores	L	L
		1	2
ECONÔMICA: Custo			
Custos da edificação	Custo dos sistemas construtivos, instalações e equipamentos para execução	x	x
	Custo previsto no Ciclo de Vida da edificação e sistemas	x	x

4.4 AVALIAÇÃO DOS INDICADORES PROPOSTOS

Considerando a necessidade tanto de avaliar se os indicadores propostos poderiam ser compreendidos pelos prováveis usuários bem como a ponderação de relevância de cada indicador foi realizada uma enquete, por meio de um formulário enviado através do sistema “*Googledrive*” aos pesquisadores antárticos previamente selecionados. Conforme anteriormente mencionado, a seleção dos respondentes foi feita considerando aqueles que efetivamente atuaram na Antártica e que, de alguma maneira, tiveram algum vínculo com as atividades relacionadas às pesquisas sobre edificações antárticas.

Para os 91 indicadores, os respondentes deveriam assinalar o nível de relevância entre 0 à 3 (irrelevante à muito relevante). Em caso de não entendimento do significado do indicador, foi proposto uma alternativa de “não compreendido”, bem como um campo aberto para contribuições e sugestões. As definições ou conceitos inerentes a cada indicador não foram registradas no formulário, sendo enviados somente a lista com os títulos dos indicadores organizados em categorias.

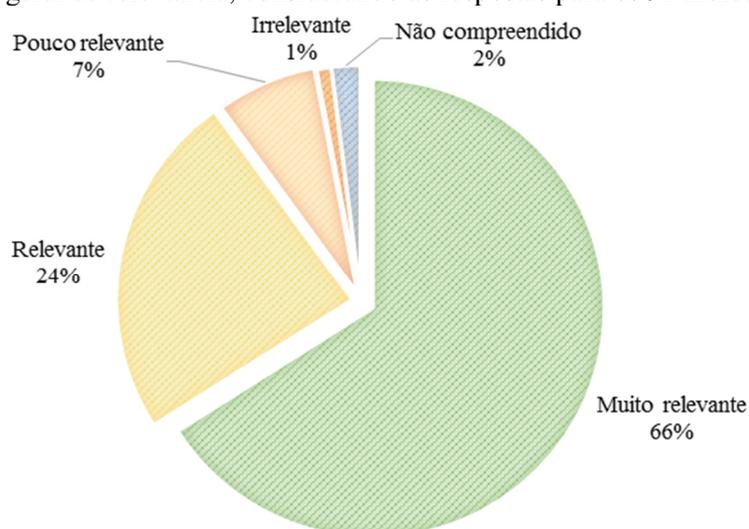
Inicialmente, pode-se concluir que as informações fornecidas, ou seja, somente a descrição sucinta do indicador, não são suficientes para o entendimento, tal conclusão deve-se tanto pela obtenção de classificação dos fatores de relevância muito diferenciados entre os respondentes como, também, pelas informações obtidas no campo de livre expressão. Assim, entende-se que para a avaliação efetiva é imprescindível a realização prévia de um recorte conceitual – com a definição, objetivos e métodos de avaliação de cada indicador – permitindo ao respondente a compreensão exata da abrangência do item. Diante da complexidade de cada indicador, somado à necessidade de conhecimento das especificidades do ambiente antártico, também foi possível concluir que para uma avaliação efetivamente válida, os indicadores propostos deveriam ser avaliados profissionais/pesquisadores especialistas em cada tema, sendo poucos os profissionais habilitados para avaliarem todos os itens.

O envio da pesquisa completa para todos os profissionais, sem distinção da formação acadêmica e especialidades, acarretou num questionário extenso e por alguns considerado cansativo. A

extensão do questionário pode ter sido o motivo do baixo número de respondentes e da carência de observações complementares. Menos da metade responderam à pesquisa (14 respondentes de um universo de 30) e a maioria dos que contribuíram se limitaram a responder apenas aos aspectos relacionados a avaliação de relevância. De tal modo, pode-se afirmar que o questionário e a amostra de respondentes se apresentaram insuficientes para determinar pesos e índices aos indicadores, pois para cerca de 21% dos indicadores as respostas não se apresentaram de forma homogênea ou determinante.

No entanto, a apreciação dos dados da pesquisa permitiu consolidar a lista final de indicadores, uma vez que 90% das 1288 respostas obtidas afirmaram que os indicadores da lista final são “relevantes” ou “muito relevantes” enquanto 8% das respostas foram consideradas pouco relevantes ou irrelevantes, conforme mais especificamente demonstrado no Gráfico 2.

Gráfico 2. Resultado geral de relevância, considerando as respostas para os 91 indicadores.



A partir da avaliação dos dados preliminares, buscou-se a identificação dos indicadores com alguma consistência nas respostas em relação à relevância bem como a identificação daqueles de difícil compreensão.

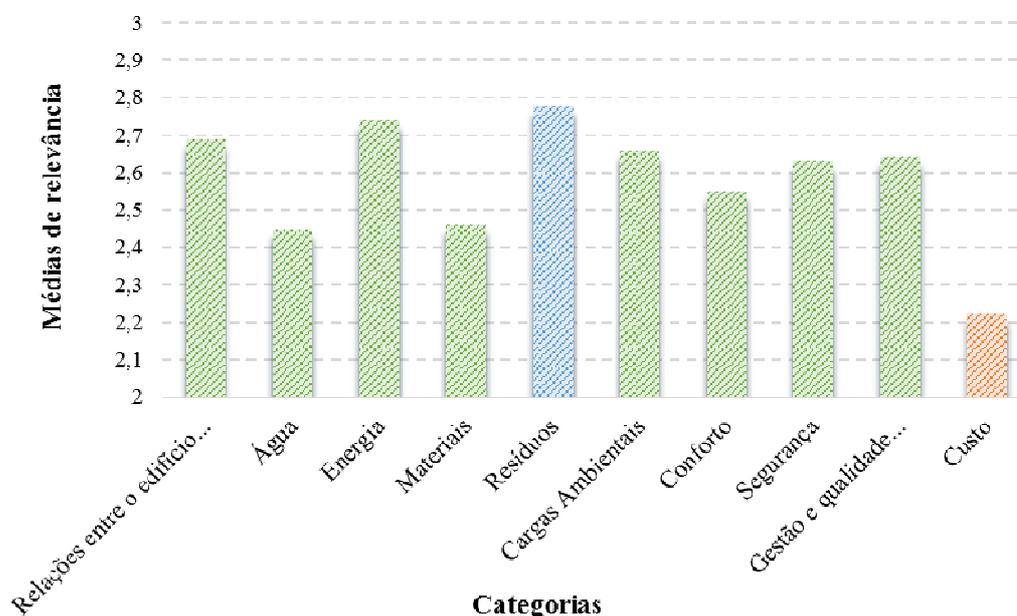
4.4.1 Indicadores de maior relevância

Um dos principais resultados obtidos na pesquisa junto aos pesquisadores foi a definição dos indicadores de maior relevância. Os indicadores “Geração de resíduos sólidos não-orgânicos na etapa de uso/operação” e “Segurança para armazenamento de resíduos perigosos”, categoria resíduos, tiveram unanimidade nas respostas classificadas como “muito relevante”. Com este resultado, pode-se afirmar que os pesquisadores consideraram a deposição dos resíduos provenientes da edificação, o fator de maior preocupação no alcance da sustentabilidade na Antártica.

Os indicadores que receberam 13 respostas “muito relevantes” foram: “Medidas para isolar áreas com potencial poluente”, também diretamente relacionado com a contaminação do ambiente Antártico; “Elaboração de manual de instalação, uso e manutenção (considerando a edificação e seus equipamentos)”; “Partido arquitetônico que potencializa a conservação do calor interno” e “Proposição de técnica construtiva e materiais que otimizem o isolamento térmico”, associados ao conforto térmico dos usuários e economia de energia dos sistemas de aquecimento.

Em relação às médias produzidas por categorias – soma da pontuação dividida pelo número de pesquisadores que compreenderam cada indicador –, como esperado, a categoria resíduos obteve maiores índices de relevância (média de 2,78) seguida das categorias Energia e Relações entre o edifício e o entorno (médias de 2,74 e 2,69 respectivamente), enquanto os menores índices foram registrados nas categorias custo (2,22) e água (2,45). O Gráfico 3 apresenta as médias das categorias, observando-se que todas as categorias obtiveram a média de pontuação considerada “relevante” (variação da pontuação entre 2,2 e 2,8).

Gráfico 3. Média de relevância dos indicadores categorias

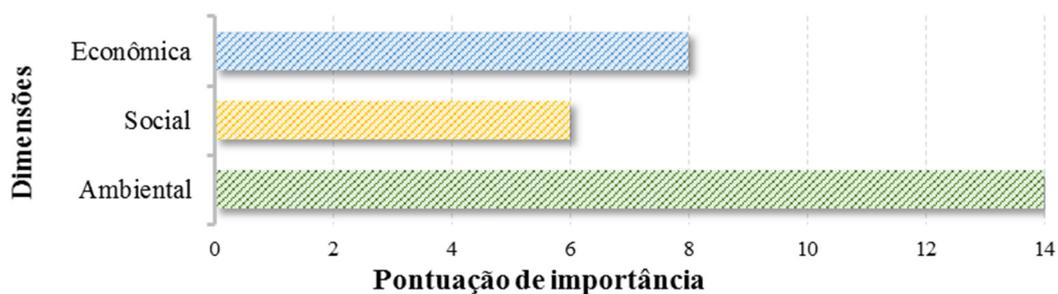


Em concordância com a avaliação por categoria, a avaliação por dimensão – Ambiental, Social e Econômico – apresentou maior média de relevância na dimensão Ambiental (média de 2,63), no entanto, com apenas 0,03 pontos de diferença em relação à dimensão Social (2,60). A dimensão Econômica obteve média de 2,22.

No início do questionário, foi perguntado aos pesquisadores “Qual a dimensão da sustentabilidade você considera mais importante para edificações inseridas na Antártica?”.

Neste item foram permitidas respostas contendo uma dimensão, respostas combinadas (Ambiental e Social, por exemplo), ou todas as dimensões. Assim como as pontuações citadas, a maioria dos pesquisadores responderam que consideram a dimensão Ambiental mais importante para edificações Antárticas (Gráfico 4). Contudo, a dimensão Econômica sobressaiu por 2 opiniões à dimensão Social.

Gráfico 4. Nível de importância atribuído à cada dimensão



Como a pergunta foi colocada no início do questionário, não foi possível saber se o respondente tinha a informação de que a questão social trata, especialmente, dos temas inerentes ao conforto. Em geral, houve a possibilidade de apontar similaridades entre as respostas, diante da concordância no tange à sensibilidade ambiental da Antártica e a importância de sua preservação.

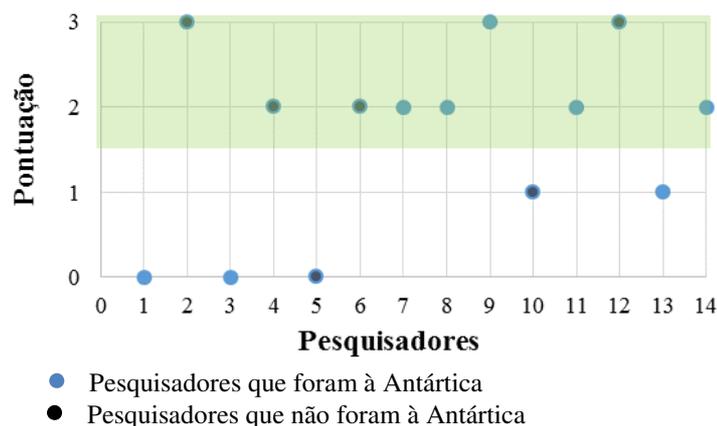
4.4.2 Indicadores de menor relevância

O maior índice de “irrelevância” foi registrado no indicador “Adoção de materiais reutilizados ou reciclados de construções existentes”. Com 21% de rejeição, a irrelevância do indicador foi justificada pelo comentário do pesquisador 10, no qual afirma que “Dependendo da tecnologia adotada pode valer a pena utilizar materiais não renováveis ou não recicláveis/reaproveitáveis”.

Acredita-se que o comentário foi pautado na evolução das tecnologias dos materiais e dos sistemas construtivos, quanto à redução da geração de resíduos durante a montagem além de melhorias na resistência e no desempenho dos materiais. Dessa forma, para adoção de materiais reutilizados ou reciclados de edificações, deve-se apurar se a tecnologia e os materiais podem ser reutilizados sem que haja perda de desempenho da edificação, bem como analisar se o processo de reutilização pode acarretar em interferências negativas no ambiente Antártico.

Apesar de obter uma porcentagem elevada de reprovação da relevância, optou-se pela permanência do indicador na lista final. Esta decisão foi pautada pela análise do Quadro 5, no qual é perceptível a ocorrência de divergências entre as respostas dos 14 pesquisadores.

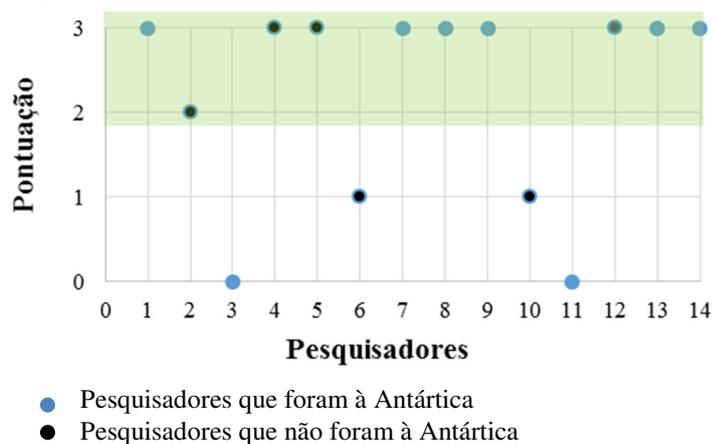
Gráfico 5. Adoção de materiais reutilizados ou reciclados de construções existentes



Ainda que o indicador tenha recebido 3 respostas “irrelevantes” (21% dos pesquisadores), no gráfico pode ser observado que o mesmo número de pesquisadores assinalou como “muito relevante”. E, analisando o valor de maior frequência, adverte-se que a maioria dos pesquisadores assinalaram o valor 2, ou seja, a maioria considera que o indicador é “relevante”. Por estes fatores, foi definida a continuação do indicador “Adoção de materiais reutilizados ou reciclados de construções existentes” na lista final com as ressalvas explicitadas acima.

O segundo indicador com maior índice de rejeição dos pesquisadores (14%) foi o indicador “Presença de água na forma líquida” (Gráfico 6).

Gráfico 6. Presença de água na forma líquida



Embora a Antártica concentre 61,7% da água doce do planeta, grande parte desse recurso se apresenta em estado sólido (RIBEIRO, 2008). Uma vez que para consumo das edificações antárticas é essencial que o recurso esteja em sua forma líquida, caso não haja disponibilidade ou presença de água nesta condição, o gelo deve passar por processos – captação, descongelamento, tratamento e distribuição – que normalmente envolvem a queima de combustíveis fósseis (SOARES et al., 2010). Conseqüentemente, a ausência de água na forma líquida, ou de lagos de degelo próximas às edificações, pode representar em necessidade de



maior investimento em sistemas de captação/descongelamento além de impactos ambientais pela liberação de poluentes durante o processo.

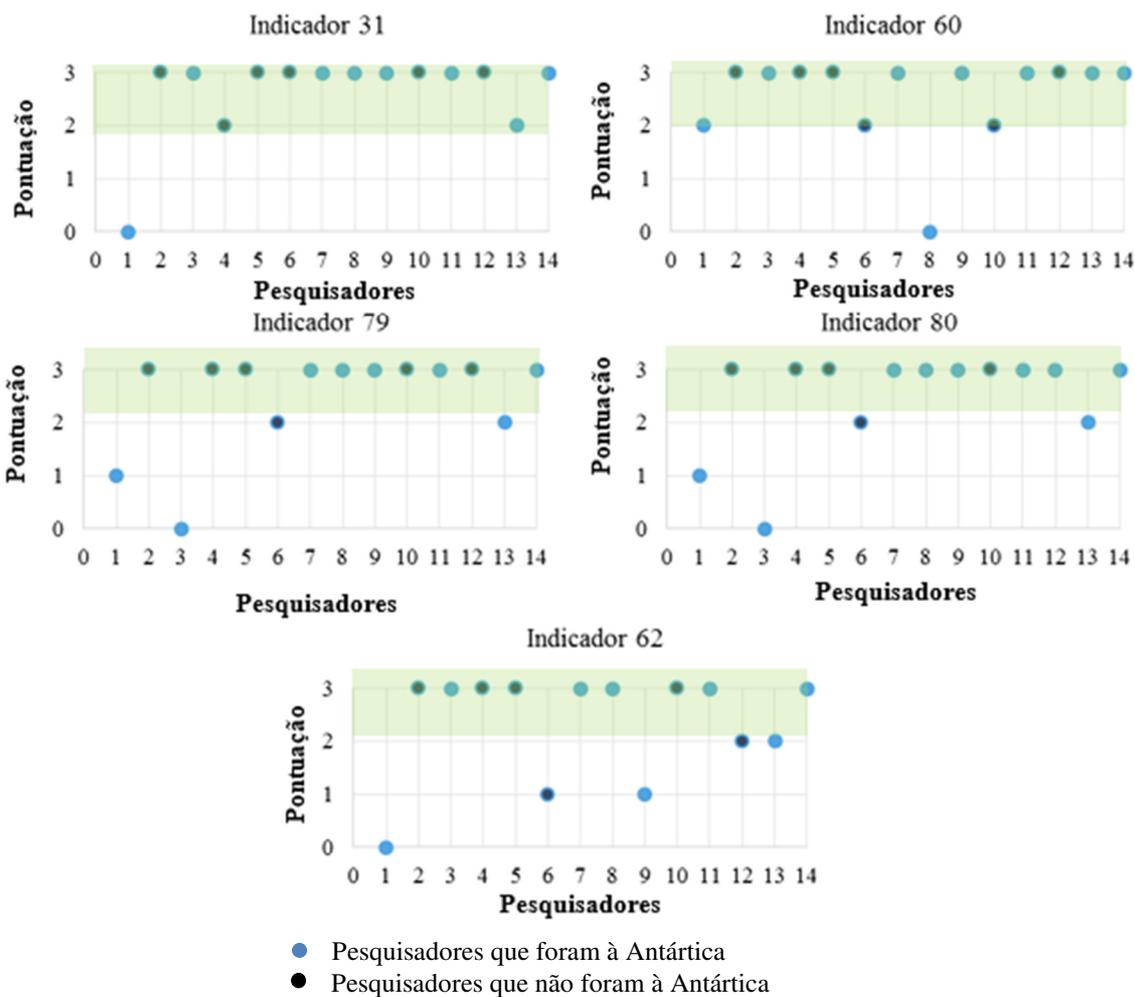
Portanto, acredita-se na avaliação deste indicador, pode ter ocorrido alguma incompreensão no sentido exato que se pretende para esse indicador, o que reforça a necessidade de explanação do embasamento conceitual que permeia cada um dos indicadores antes da efetiva avaliação de seus pesos.

Entre os indicadores que obtiveram apenas uma resposta “irrelevante” (correspondendo à 7% dos pesquisadores) estão:

- ▶ Utilização de sistemas de reutilização das águas negras (indicador 15);
- ▶ Medidas de proteção anticorrosão para elementos metálicos de uso externo (indicador 31);
- ▶ Percentagem de compartimentos destinados a longa permanência com aproveitamento da luz natural (indicador 60);
- ▶ Quantidade (lux) e distribuição da luz artificial nos compartimentos destinados à ocupação humana (indicador 62);
- ▶ Privacidade visual das unidades habitacionais (indicador 64);
- ▶ Utilização de sistema de iluminação no exterior do edifício para uso cotidiano e de segurança (indicador 79);
- ▶ Criação de rotas e trilhas de segurança e de trabalho no exterior e no interior, com sistema de iluminação de emergência (indicador 80).

Os indicadores citados foram distinguidos nos gráficos de dispersão 7, onde foi observado que “Medidas de proteção anticorrosão para elementos metálicos de uso externo” e “Percentagem de compartimentos destinados a longa permanência com aproveitamento da luz natural” obtiveram majoritariamente as pontuações 2 e 3, com exceção da resposta dada por um respondente. Enquanto “Utilização de sistema de iluminação no exterior do edifício para uso cotidiano e de segurança”, “Criação de rotas e trilhas de segurança e de trabalho no exterior e no interior, com sistema de iluminação de emergência” e “Quantidade (lux) e distribuição da luz artificial nos compartimentos destinados à ocupação humana” embora predominantemente com pontuações “relevantes” ou “muito relevantes” obtiveram 2 ou 3 respostas indicando como de menor relevância.

Gráfico 7. Indicadores com 7% de “irrelevância”

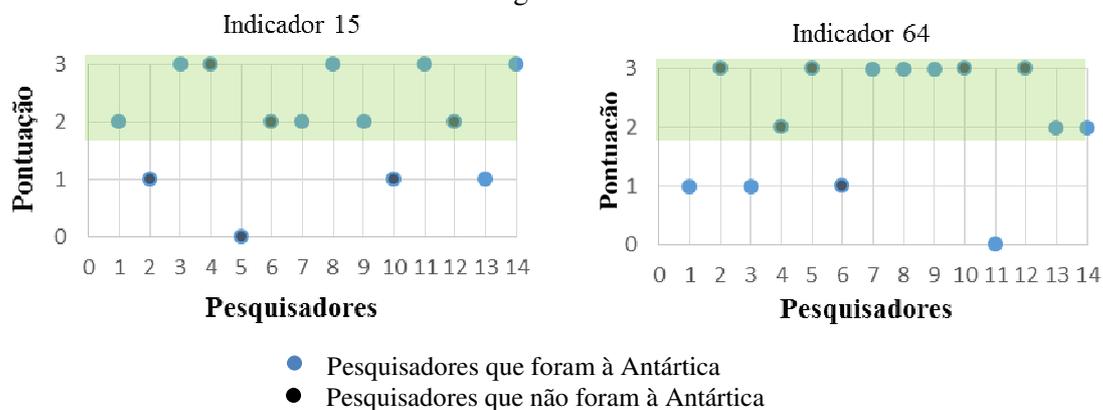


Sendo os três últimos indicadores citados diretamente relacionados com a iluminação artificial, acredita-se que os resultados negativos derivaram do pouco conhecimento, ou mesmo da não análise aprofundada do item por parte dos respondentes em relação à trajetória solar na Antártica, onde na Península Keller (latitude 61°S localidade de estudo da maioria dos respondentes), é caracterizada no verão – período de maior atividades das edificações antárticas – pela presença da iluminação natural por aproximadamente 19 horas ao longo do dia. Por outro lado, a quantidade de iluminação natural pode variar conforme as características do tipo de céu, não sendo a trajetória solar o único fator determinante para garantir o aproveitamento da luz natural (MAIOLI; ALVAREZ, 2013). Além disso, no dia mais curto do ano para as edificações na Ilha Rei George, por exemplo, são registradas cerca de 5 horas de sol ao longo do dia, tornando necessária a busca de qualidade da iluminação artificial especialmente para os ambientes internos das edificações antárticas.

Quanto aos indicadores 15 e 64 (“Utilização de sistemas de reutilização das águas negras” e “Privacidade visual das unidades habitacionais”), notou-se heterogeneidade nas respostas,

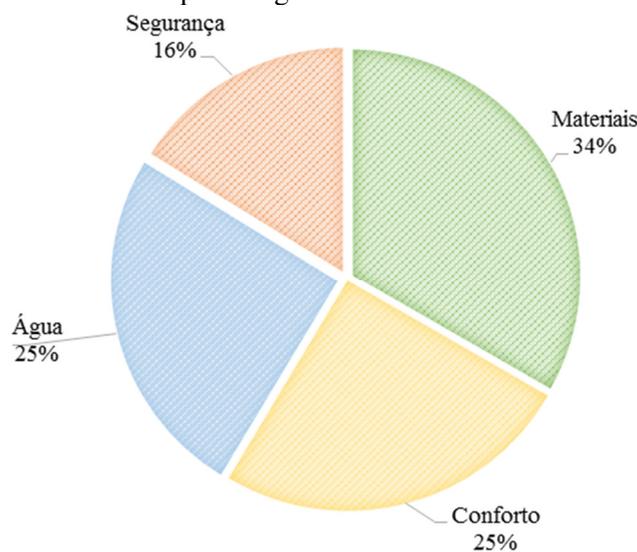
indicando discordância entre as respostas dos pesquisadores e possível necessidade de clareza ou esclarecimento do conceito que permeia os indicadores propostos (Gráfico 8).

Gráfico 8. Indicadores com amostras heterogêneas



Com relação às categorias – Segurança, Materiais, Água e Conforto –, os índices de irrelevância se apresentaram superiores na categoria materiais, concentrando 33% das respostas negativas, seguido da categoria conforto e água (25%) e da categoria segurança (16%), conforme Gráfico 9. No entanto, é perceptível no gráfico que as respostas foram, no geral, relativamente equilibradas não permitindo uma conclusão definitiva sobre o tema.

Gráfico 9. Índice de irrelevância por categorias



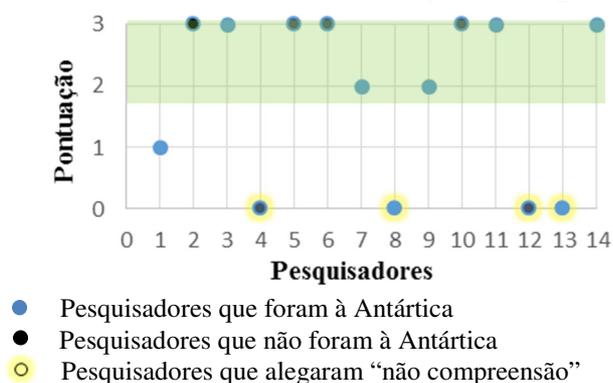
Para as categorias materiais e conforto, o resultado pode ter sido proporcional a quantidade de indicadores, vistos como categorias de maior representatividade na lista final. O índice da categoria Água se deve à disponibilidade do recurso no continente. E, para a categoria segurança – indicadores diretamente relacionados com procedimentos que prevenção de acidentes – possivelmente o índice de irrelevância apresentado deve-se ao conhecimento sobre as questões de segurança enfatizados tanto nos meios de comunicação em geral como, por exemplo, nos Treinamentos Pré-Antártico.

4.4.3 Indicadores não compreendidos

No que tange aos indicadores com o maior índice de não compreensão, destacou-se o indicador “Potencial de eutrofização - EP (kg PO₄)” com 29% de “não compreensão”. Como a pesquisa proposta foi constituída principalmente por pesquisadores relacionados ao ambiente construído, que trabalham ou trabalharam diretamente com a Antártica, acredita-se que foi o termo eutrofização – presente no título do indicador e incomum aos profissionais da construção civil – a causa da incompreensão.

O termo eutrofização refere-se à presença excessiva dos nutrientes fósforo e nitrogênio, sendo também associado ao processo causado por fatores naturais ou pelas atividades humanas. O processo de eutrofização pode ocasionar crescimento indesejado de plantas aquáticas, possível desequilíbrio do ecossistema e degradação da qualidade da água com alterações na composição (FIGUEIREDO et al., 2007). Sendo a Antártica uma área de interesse e de preservação ambiental, qualquer emissão e/ou lançamento de esgoto que potencialize a eutrofização pode alterar a dinâmica ambiental além de poder causar interferência nas pesquisas científicas. Desta maneira, observa-se que a maioria dos respondentes, que alegaram conhecimento do termo, assinalaram como “relevante” ou “muito relevante” tendo em vista a conservação do local (Gráfico 10).

Gráfico 10. Potencial de eutrofização - EP (kg PO₄)

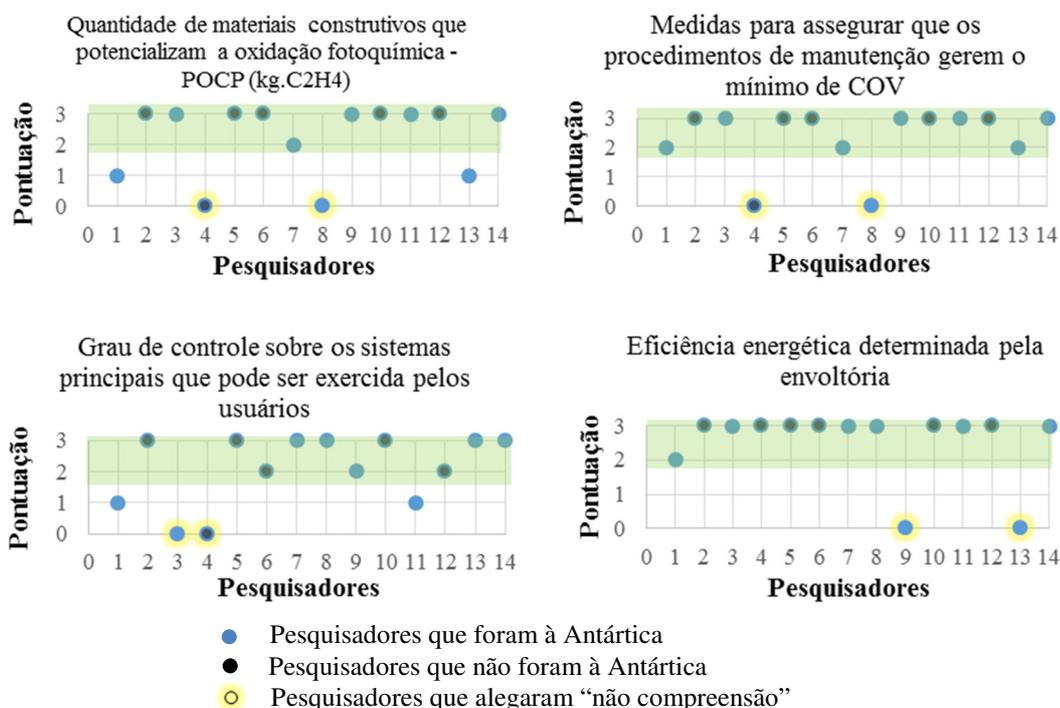


O índice de 29% de “não compreensão” evidenciou a necessidade de conceituação prévia dos indicadores, bem como a ponderação em relação à importância do indicador no contexto geral deve ser realizada somente por profissionais especializados e habilitados a interpretar o complexo processo de eutrofização no ambiente Antártico.

Do mesmo modo, outros indicadores também não foram completamente entendidos (Gráfico 11), alguns por conterem termos específicos, outros por não serem da especialidade dos pesquisadores. Em concordância com este fato, tem-se as respostas dos pesquisadores 4 e 8 –

arquiteto e engenheiro eletricista – que em pesquisa afirmaram a impossibilidade de avaliação de 4 indicadores da categoria “Emissões” por falta de conhecimento com a temática proposta. O pesquisador/arquiteto 3 que demonstrou incerteza sobre a temática gestão da edificação ao avaliar os indicadores “Grau de controle sobre os sistemas principais que pode ser exercida pelos usuários”, “Controlabilidade do consumo de água e energia” e “Controlabilidade da temperatura interna dos ambientes”; o pesquisador 12 que ao analisar o indicador “Estimativa do consumo energético utilizado em equipamentos” afirmou desconhecimento do método de avaliação do consumo energético; e os pesquisadores 9 e 13 – engenheiro sanitário e bacharel em logística – avaliaram o indicador “Eficiência energética determinada pela envoltória” como “não compreendidos” diante do desconhecimento do termo “envoltória”.

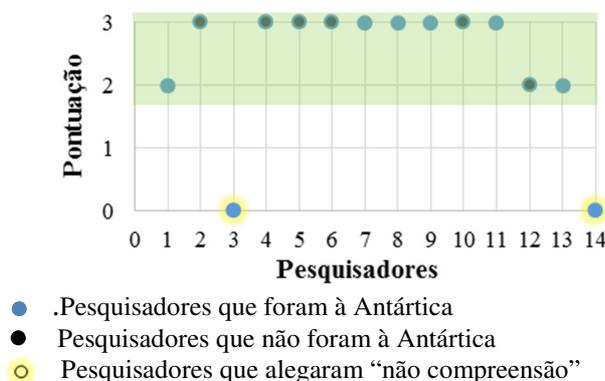
Gráfico 11. Indicadores com 14% de “não compreensão”



O indicador “Estanqueidade dos ambientes para controle de entrada/saída dos materiais biológicos em relação ao exterior” também foi classificado com 14% de “não compreensão”. Apesar de não ser aprovado pelo Tratado da Antártica o cultivo de plantas no interior das edificações, especialistas acreditam que esta prática poderá eventualmente ser permitida com ressalvas. Elaborado com base nesta possibilidade, o indicador objetiva a proteção do ambiente antártico através de medidas preventivas nas edificações que garantam a estanqueidade e controle dos materiais biológicos. Como o indicador se caracteriza por uma projeção para atividades futuras, 2 pesquisadores que alegaram ter ido à Antártica – e consequentemente, ter

adquirido o necessário conhecimento através do Treinamento Pré-Antártico – caracterizaram o indicador como não compreendido, conforme o Gráfico 12.

Gráfico 12. Estanqueidade dos ambientes para controle de entrada/saída dos materiais biológicos

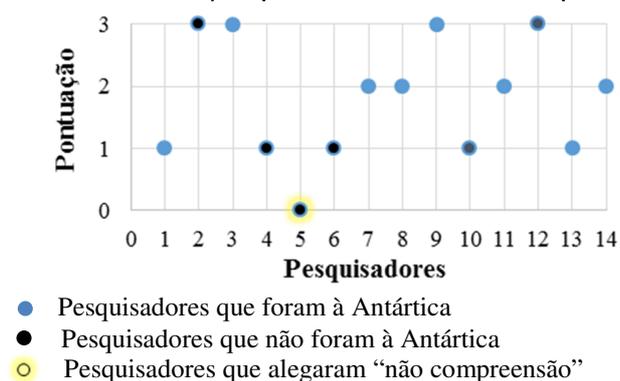


Já o indicador “Medidas de atenuação do nível de pressão sonora dos equipamentos”, na categoria “Relações entre o edifício e o entorno”, recebeu uma avaliação de não compreendido com a seguinte afirmação do pesquisador 12: “Acredito que a atenuação do nível de pressão sonora dos equipamentos para o ambiente interno seja mais relevante que para o ambiente externo, uma vez que o conforto dos usuários pode ser comprometido e o desconforto potencializado devido às condições extremas do meio, enquanto o ambiente externo é vasto e não sofre tanta interferência”.

Ainda que as medidas de atenuação do ruído no interior da edificação sejam importantes para o conforto dos usuários, o indicador “Medidas de atenuação do nível de pressão sonora dos equipamentos” adverte sobre as possíveis alterações na dinâmica e ecossistema do entorno, uma vez que o alto nível de pressão sonora pode modificar o comportamento das espécies locais, principalmente aves. Ainda não se tem o necessário conhecimento para avaliar se o ruído interfere tanto no processo de nidificação como de sucesso reprodutivo das aves.

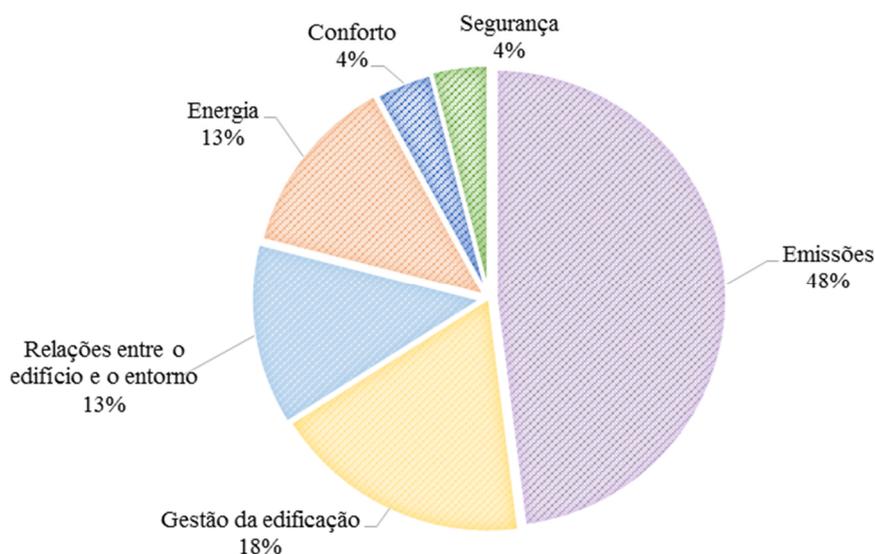
O último indicador, também classificado como “não compreendido” pelo pesquisador 12, foi o “Uso de elementos de decoração que remetam à cultura do país de origem” (Gráfico 13). Apesar de proposto para valorizar as iniciativas que visam amenizar a pressão psicológica dos pesquisadores em à distância do ambiente familiar por longos períodos, o indicador obteve maior frequência de “pouco relevante”.

Gráfico 13. Uso de elementos de decoração que remetam à cultura do país de origem



Por fim, as categorias que apresentaram maior porcentagem de indicadores incompreendidos foram Emissões – com quase metade da porcentagem geral – e Gestão da edificação, conforme demonstrado no Gráfico 14.

Gráfico 14. Porcentagem de indicadores “não compreendidos” por categorias



Diante dos resultados dos indicadores não compreendidos, foi então proposta a alteração do texto de alguns indicadores e, eventualmente, a modificação de conteúdo visando o efetivo entendimento pelos eventuais profissionais utilizadores dos indicadores.

4.4.4 Indicadores alterados e comentários adicionais

Uma vez que alguns pesquisadores relataram dificuldades de interpretação dos indicadores e sugeriram alterações, sejam textuais ou organizacionais, esta etapa de análise da pesquisa visou a realização dos ajustes que permitam a compreensão da lista final de indicadores e eventual utilização.



A primeira sugestão verificada, foi referente à normatização de climatização proposto no indicador “Utilização de sistemas de climatização em conformidade com normas ou protocolo reconhecido”, no qual o pesquisador 8 indaga que assim como as ferramentas de avaliação utilizadas em áreas urbanas não representam a realidade Antártica, é possível que as normas vigentes e protocolos de climatização também não contribuam para a definição do melhor cenário de climatização em edificações Antárticas. A sugestão inserida trata-se da formulação futura de um protocolo ou normas específicas de climatização Antártica para atendimento e uso deste indicador. Contudo, quando se trata de ambientes estáticos e controlados, a temperatura de conforto é semelhante para qualquer tipo de clima, mantendo-se, portanto, o nome do indicador.

Outra sugestão apontada pelo mesmo pesquisador foi a alteração dos indicadores “Existência de abrigos exclusivos para uso em situação de emergência em locais protegidos e afastados das edificações de uso cotidiano”, e dos indicadores da categoria de Gestão e qualidade dos serviços: “Elaboração de manual de instalação, uso e manutenção (considerando a edificação e seus equipamentos)” e; “Disponibilidade do projeto final para uso/análise de operadores e ocupantes”.

No primeiro ele afirma “Eu acredito que em vez de usarmos abrigos exclusivos para uso em situações de emergência, eles possam ser multiuso. Ou seja, ter também outro uso que obviamente não o impeça de ser utilizado/reconfigurado rapidamente como abrigo”. Economicamente é válida a sugestão, contudo, acredita-se que a funcionalidade do indicador está direcionada à existência de locais destinados à proteção do usuário em caso de riscos ou infortúnios, onde haverá espaço suficiente apenas para abrigar os suprimentos indispensáveis à sobrevivência humana. A fim de clarificar o indicador, este passou a ser “Existência de local seguro destinado exclusivamente à sobrevivência”.

A sugestão do pesquisador 6 foi a alteração no nome da categoria “Conforto”: “Sugiro a alteração de categoria dos indicadores. Seria mais prudente a utilização da categoria ‘Saúde Humana’ ao utilizar-se dos indicadores da qualidade do ar interno. Utilizar a qualidade do ar interno na categoria conforto estaria vinculada a uma melhoria e manutenção da temperatura interna”. Em concordância com a sugestão, observa-se que a categoria conforto na ferramenta de referência SBTool está nomeada como “Qualidade do ambiente interno”. Sendo a formulação da lista de indicadores a primeira etapa para a elaboração de uma ferramenta de avaliação de sustentabilidade para edificações Antárticas pautada na ferramenta de referencia



SBTool, verifica-se a necessidade de compatibilização com a alteração do nome da categoria conforto para “Qualidade do ambiente interno”.

Por fim, a versão final da lista proposta de indicadores de sustentabilidade para edificações na Antártica, com as correções citadas, foi estruturada em 3 dimensões, e subdividido em categorias, num total de 10.

5 LISTA FINAL DOS INDICADORES

Os indicadores e categorias passaram por alterações textuais objetivando a consolidação da lista final direcionados às edificações na Antártica. Assim, tem-se neste capítulo à apresentação dos indicadores organizados nas dimensões ambiental, social e econômica, e subdivididos nas categorias de interesse. Para cada categoria, são explicitados a síntese conceitual, os objetivos e os indicadores propostos.

5.1 DIMENSÃO AMBIENTAL

A dimensão ambiental aborda a integração sustentável do edifício com o meio ambiente visando a eliminação ou mitigação dos efeitos negativos. Nesta dimensão destaca-se o uso cauteloso dos recursos naturais, sugestão de medidas preventivas contra deposição de resíduos em locais inapropriados e proteção do solo, da água e da atmosfera no que se refere às emissões danosas e interferências humanas.

As categorias da dimensão ambiental são: Relações entre o edifício e o entorno, Água, Energia, Materiais, Resíduos, Emissões.

5.1.1 Relações entre o edifício e o entorno

A categoria “Relações entre o edifício e o entorno” atua especialmente nos possíveis impactos ocasionados pela inserção de edificações no ambiente Antártico. A Antártica tem sido vista como um laboratório ideal para a compreensão de processos naturais, muitos dos quais têm implicações globais (TIN et al. 2010). Atualmente, há poucas áreas no planeta que ainda não foram alteradas pelo homem, dessa forma, as áreas intocáveis, além de raras, são valiosas no meio científico (HUGHES et al., 2011).

As ações do ser humano na Antártica, ainda que importantes para a humanidade ou para sua sobrevivência no Continente, apresentam riscos ambientais (TIN et al., 2009). Desta maneira, deve haver uma ponderação entre os interesses que movem o homem à Antártica e os impactos que podem ser causados pela sua presença (BARGALI, 2005).

Objetivo

Direcionar à implantação de edificações cuja execução, uso ou manutenção não impacte, ou impacte minimamente, no solo, nos corpos hídricos, na atmosfera, na paisagem ou na biodiversidade antártica.

Indicadores

Relações entre o edifício e o entorno

1. Medidas de atenuação do nível de pressão sonora dos equipamentos
2. Interferência da técnica construtiva na configuração natural do solo/gelo
3. Medidas para restaurar ou manter a funcionalidade original do ambiente natural
4. Nível de antropização (interferência do homem no meio ambiente) do local de implantação
5. Harmonia do design com a paisagem
6. Forma aerodinâmica
7. Estanqueidade dos ambientes para controle de entrada/saída dos materiais biológicos em relação ao exterior
8. Medidas para isolar áreas com potencial poluente
9. Interferência na fauna e/ou flora nas etapas de construção e operação

5.1.2 Água

A água é o insumo básico para a sobrevivência humana. Por diversas oportunidades, esse recurso foi caracterizado como um bem finito (MANCUSO; SANTOS, 2003), vulnerável e fundamental para preservação da vida das espécies e da manutenção do meio ambiente (FERREIRA et al., 2008).

Na escala mundial, a água está em processo de escassez, estimando-se que nos próximos anos, será o recurso mais escasso e disputado do mundo. A insuficiência deste recurso impossibilita o desenvolvimento de regiões e interfere na qualidade do meio ambiente, na saúde e segurança de populações, na conservação da fauna e flora e nas atividades econômicas, sociais e culturais (BORSOI; TORRES, 2008).

Há a estimativa que apenas 2,5% da água do mundo esteja disponível para consumo, considerando que o restante encontra-se congelado nos polos ou em camadas profundas de difícil acesso (UNEP, 2015). Somente na Antártica estima-se que há a concentração de 61,7% da água doce do planeta, contudo grande parte do recurso está congelado (RIBEIRO, 2008).

Para se tornar apta ao consumo nas edificações Antárticas é necessário que a água se apresente em forma líquida, no caso de indisponibilidade de lagos de degelo por exemplo, a água sólida deve passar por processos, desde a captação à distribuição, que envolvem o consumo de energia e, eventualmente, a queima de combustíveis fósseis (SOARES et al., 2010). Nota-se que quanto maior a demanda por processos de descongelamento, maior será o consumo energético e, possivelmente, maior a quantidade de emissões na atmosfera. Deste modo, ainda que há abundância de água na Antártica, deve-se considerar a possível indisponibilidade na forma líquida e que o consumo excessivo deste recurso pode acarretar impactos indesejáveis.

Segundo Oliveira (1999), ações que envolvem a instalação de novas tecnologias de gerenciamento e racionamento, tem maior eficácia na redução no consumo do que mudanças comportamentais dos usuários da edificação. Desta maneira, a presente categoria visa garantir o melhor desempenho da utilização dos recursos hídricos Antárticos, incentivando a implantação de edificações próximas à corpos hídricos bem como a utilização de tecnologias de reaproveitamento e redução de desperdícios.

Objetivo

Contribuir para a qualidade no abastecimento de água nas edificações Antárticas, considerando soluções economizadoras do recurso natural e adotando medidas redutoras de emissões e desperdícios.

Indicadores

Água

1. Presença de água na forma líquida
2. Distância da construção em relação aos corpos hídricos
3. Instalação de equipamentos economizadores de água
4. Instalação de sistemas de identificação e prevenção de vazamentos e desperdícios
5. Utilização de sistemas de reutilização das águas cinzas
6. Utilização de sistemas de reutilização das águas negras

5.1.3 Energia

A energia é o recurso fundamental para realização das atividades humanas. Um dos fatores preocupante da relação entre o homem e o meio ambiente, trata-se do consumo, ainda intenso, de energia de fontes não renováveis (OLIVEIRA, 2009).

Dados apontam que cerca de 80% da energia mundial gerada provém de recursos naturais finitos e poluentes, mais especificadamente dos combustíveis fósseis (PINTO, 2009). A queima de combustíveis fósseis, acarreta na liberação de gases nocivos na atmosfera responsáveis pelo efeito estufa e aquecimento global. A substituição dos combustíveis fósseis pelo emprego de energias renováveis representa uma diminuição do impacto ambiental e conservação da composição atmosférica (TEIXEIRA, 2010).

Além da utilização de energias renováveis para suprir a demanda energética, faz-se necessária a otimização do consumo de energia (TEIXEIRA,2010). A eficiência energética trata das implementações de estratégias que proporcionem redução do consumo energético sem interferência nos padrões do conforto do usuário (LAMBERTS et al., 2014).

Na Antártica, a principal fonte de energia ainda é o combustível fóssil oriundo de outros continentes (COMNAP, 2007). Além do caráter danoso da utilização desta fonte energética numa área de proteção e de interesse ambiental, ressalta-se que a exploração local de energia associado às estratégias que buscam garantir a eficiência energética da edificação, evitariam gastos financeiros e emissões de poluentes com o transporte e logística do combustível.

Objetivo

Incentivar a utilização de energias com fontes renováveis e incentivar a redução do consumo energético, considerando a minimização dos impactos ambientais ocasionados pelo uso de combustíveis fósseis no ambiente Antártico.

Indicadores

Energia

1. Sistemas de energia renovável como base energética para as edificações
2. Consumo de energia anual estimada por ocupante no verão, kWh/m²
3. Consumo de energia anual estimada por ocupante no inverno, kWh/m²
4. Estimativa do consumo energético utilizado em equipamentos
5. Eficiência energética determinada pela envoltória
6. Eficiência energética determinada pelo sistema de aquecimento
7. Instalação de equipamentos economizadores de energia

5.1.4 Materiais

A evolução da seleção dos materiais construtivos no mundo abrangeu etapas desde a dependência de utilização dos materiais locais disponíveis à modulação/beneficiamento e transporte do material oriundo de outras localidades (MASCARÓ et al., 1978).

Antes do século XX, a natureza era considerada uma fonte inesgotável de recursos (MASCARÓ et al., 1978). Somente na década de 1970, houveram indagações sobre os limites de exploração dos recursos naturais. Nesta época, como premissa da sustentabilidade, havia a conscientização a respeito da finitude dos recursos e das consequências do consumo exacerbado para as próximas gerações (BISSOLI-DALVI, 2014).

De acordo com John, Oliveira e Agopyan (2006), no que se refere os materiais mais sustentáveis, a seleção correta de materiais em combinação com o detalhamento projetual adequado, resultam em mitigação dos impactos ambientais, melhorias sociais e viabilidade financeira. No contexto atípico da Antártica, para a seleção correta de materiais mais sustentáveis deve-se considerar rigorosamente os condicionantes ambientais específicos da região. Entre eles destacam-se a ausência de matéria prima local, baixo índice de umidade absoluta, os ventos fortes, as rápidas alterações climáticas, baixas temperaturas e o

comprometimento com a preservação do ambiente. As consequências que conduziram a formulação de alguns indicadores específicos para a Antártica estão expostas a seguir:

Quadro 24. Condicionantes ambientais antárticos e suas consequências

Condicionantes	Consequências
Ausência de matéria prima local	Indisponibilidade de materiais construtivos e maiores gastos com logística
Baixo índice de umidade absoluta	Favorecimento à propagação ao fogo
Ventos fortes	Impactos do vento na edificação (vibração da estrutura e acúmulo de neve na fachada)
Rápidas alterações climáticas	Curto espaço de tempo para construção
Baixas temperaturas	Desconforto térmico
Preservação do ambiente	Interferência no solo e sensibilidade à deposição de resíduos

Objetivando auxiliar na seleção de materiais mais sustentáveis para edificações antárticas, na presente categoria foram propostos indicadores que consideram a sensibilidade ambiental do local, e direcionam o projetista a compreender que a seleção de materiais em concordância com os condicionantes típicos da região, influenciam diretamente o conforto e segurança do ocupante além da integridade da edificação.

Objetivos

Contribuir para a seleção de materiais mais sustentáveis para as edificações antárticas considerando o contexto atípico do ambiente.

Indicadores

Materiais

1. Uso de materiais com longa vida útil e mínima necessidade de manutenção
2. Técnica construtiva que facilita a substituição de peças e a futura desmontagem, bem como com potencial de reutilização ou reciclagem dos elementos da edificação
3. Adoção de materiais renováveis ou recicláveis/reaproveitáveis
4. Uso de embalagens de proteção para o transporte que permitam reutilização ou reciclagem
5. Uso de materiais resistentes ao fogo
6. Medidas de proteção contra raios UV para materiais de uso externo
7. Uso de materiais e sistemas resistentes às pressões do vento
8. Medidas de proteção anticorrosão para elementos metálicos de uso externo
9. Adoção de materiais reutilizados ou reciclados de construções existentes
10. Utilização de sistema modular, pré-fabricado, e/ou de rápida execução
11. Utilização de sistemas construtivos flexíveis e adaptáveis
12. Quantidade de água potável utilizada na fase de produção dos principais elementos construtivos da edificação
13. Quantidade de água potável utilizada na fase de construção dos principais elementos construtivos da edificação
14. Quantidade de água potável utilizada na fase de manutenção dos principais elementos construtivos da edificação
15. Quantidade de energia utilizada na fase de produção dos principais elementos construtivos da edificação
16. Quantidade de energia utilizada na fase de construção dos principais elementos construtivos da edificação
17. Quantidade de energia utilizada na fase de manutenção dos principais elementos construtivos da edificação
18. Quantidade de resíduos tóxicos gerados na fase de produção dos principais elementos construtivos da edificação
19. Quantidade de resíduos tóxicos gerados na fase de construção dos principais elementos construtivos da edificação
20. Quantidade de resíduos tóxicos gerados na fase de manutenção dos principais elementos construtivos da edificação

5.1.5 Resíduos

Os resíduos sólidos são parte da consequência da instalação do homem no meio urbano. O aumento populacional, a acelerada ocupação urbana em combinação com o consumo de produtos de menor durabilidade, acarretaram no aumento do volume e diversificação dos insumos (DALMAS, 2008).

Além dos resíduos gerados pelo homem em suas atividades habituais, a construção civil é responsável por 67% do volume total de resíduos sólidos urbanos. Ao longo da vida útil da edificação, desde a produção de materiais à demolição, há descarte de resíduos (JOHN, 2000).

A deposição e armazenamento dos resíduos urbanos em locais inapropriados, provocou transtornos à humanidade, tais como o surgimento de epidemias, proliferação de vetores de doenças e poluição no solo e nos corpos hídricos (DALMAS, 2008).

As primeiras preocupações sobre os impactos negativos das atividades humanas no ambiente Antártico e ecossistemas foram expressas pelo Tratado da Antártica. Contudo somente no Protocolo de Madri é que ocorreu uma tentativa de controlar e gerenciar os resíduos na Antártica (COMNAP, 2006).

No Anexo III do Protocolo de Madri, consta a obrigação de eliminação ou redução dos resíduos produzidos, de maneira a minimizar os possíveis impactos ambientais na Antártica. Para isso, recomenda o armazenamento, eliminação, reciclagem ou remoção em toda área do Tratado, considerando essencialmente um planejamento das atividades e eventual redução de produção dos resíduos (ATS, 2015).

Em concordância com o Protocolo, a categoria resíduos apresenta indicadores que visam o gerenciamento correto dos resíduos sólidos na Antártica – desde as etapas iniciais de execução ao desmonte – considerando segurança no armazenamento e manuseio numa área de fragilidade ambiental.

Objetivo

Contribuir para a redução dos resíduos produzidos na Antártica, bem como fornecer subsídios para o gerenciamento, armazenamento, transporte e eliminação.

Indicadores

Resíduos

1. Geração de resíduos sólidos não-orgânicos nas etapas de construção
2. Geração de resíduos sólidos não-orgânicos na etapa de uso/operação
3. Geração de resíduos sólidos não-orgânicos na etapa de descomissionamento ou desmonte
4. Geração de resíduos líquidos nas etapas de uso/operação
5. Utilização de sistemas de tratamento de resíduos líquidos
6. Implantação de instalações para o armazenamento e triagem de resíduos sólidos
7. Segurança para armazenamento de resíduos perigosos

5.1.6 Emissões

A construção civil é apontada como o setor que origina grande volume de emissão de poluentes no mundo. A alteração dos materiais para utilização no ambiente construído, bem como transporte para longas distancias provocam cargas ambientais (JOHN et al., 2014). Ao longo do ciclo de vida da edificação, os materiais e sistemas construtivos emitem particulados,

compostos orgânicos voláteis, gases que provocam efeito estufa, entre outras substâncias danosas (OLIVEIRA, 2009).

Além das emissões diretas provocada por queima de combustíveis, por exemplo, há envios não perceptíveis de substâncias nocivas ao ser humano que influenciam diretamente na saúde dos ocupantes das edificações (GODISH, 2000).

A avaliação do ciclo de vida da edificação poderia quantificar as potenciais emissões liberadas desde a execução ao desmonte (BRAGANÇA; MATEUS, 2011). Contudo, entende-se que ainda há dificuldades de quantificação e mensuração dos impactos das emissões por parte dos profissionais (ALVAREZ; SOUZA, 2012).

Deste modo, para a presente categoria, optou-se pela elaboração de indicadores que buscam, de forma simplificada, avaliar se os materiais, sistemas e componentes constituintes das edificações antárticas tem potencial para emissão de substâncias nocivas ao usuário e ambiente.

Objetivo

Reduzir a utilização de materiais que potencializem emissões de compostos nocivos, bem como assegurar que os processos gerem o mínimo de substâncias poluentes.

Indicadores

Emissões

1. Potencial de destruição da camada de ozono - ODP (kg CFC-11)
2. Potencial de aquecimento global - GWP (kg CO₂)
3. Potencial de acidificação - AP (kg SO₂)
4. Potencial de oxidação fotoquímica - POCP (kg.C₂H₄)
5. Potencial de eutrofização - EP (kg PO₄)
6. Utilização de sistemas construtivos, materiais e equipamentos de baixa emissividade
7. Medidas para assegurar que os procedimentos de manutenção gerem o mínimo de COV

5.2 DIMENSÃO SOCIAL

A sustentabilidade exposta na dimensão social é caracterizada pelas soluções que respondem às necessidades físicas, psicológicas, culturais dos indivíduos que frequentam a edificação. Neste segmento, foram expostas questões referentes ao conforto do usuário, segurança na operação e uso da edificação bem como a capacidade de gerenciamento e controle dos sistemas internos.

As categorias que compõe a dimensão social são: Qualidade do Ambiente Interno, Segurança, Gestão e qualidade dos serviços

5.2.1 Qualidade do Ambiente Interno

A evolução dos conceitos de arquitetura direcionou a humanidade às preocupações inerentes ao ambiente interno e externo ao edifício. No que tange a qualidade do ambiente interno, as questões relacionadas ao conforto do usuário – térmico, acústico, visual, antropométrico e olfativo – tem sido progressivamente valorizada, objetivando a garantia do bem-estar do usuário no decorrer de suas atividades e com redução do gasto energético (CARMO; PRADO, 1999).

O calor, frio, baixa umidade, ruídos, odores entre outras condições desfavoráveis às atividades humanas, conduzem a insatisfação do usuário em relação ao ambiente construído. Para a produtividade dos ocupantes, a edificação deve funcionar como um catalizador do ambiente externo, amenizando as percepções de desconforto estabelecidas pelo clima local (CORREIA, 2010).

Apesar da edificação funcionar como uma proteção contra o ambiente externo hostil, o ambiente interno estabelecido por enclausuramento pode não ser um ambiente adequado. Em busca dos padrões ideais de conforto, a construção civil tem permitido introduzir deliberadamente uma variedade de contaminantes que influenciam na qualidade de vida e saúde dos ocupantes (GODISH, 2000), ampliando assim a necessidade de uso tecnologias de renovação do ar interior.

No que se refere as edificações antárticas, além das situações citadas, o caráter extremo dos condicionantes ambientais potencializam as situações de conforto (ou desconforto) dos usuários. Possivelmente, as condições de conforto térmico ganham maior destaque, contudo, ressalta-se também a importância do conforto psicológico. O confinamento por longos períodos aliado à possível sensação de insegurança e as condições extremas do meio, originam ao usuário estresse psicológico associado às alterações de temperamento (ALVAREZ, 1995; PALINKAS et al., 2014).

Desta maneira, a presente categoria originou indicadores que consideram a proteção dos pesquisadores, militares e visitantes das edificações Antárticas contra o ambiente externo agressivo, garantindo que, mesmo em situações de enclausuramento longe de seu país de origem, possam manter sua qualidade física e psicológica.

Objetivo

Estabelecer diretrizes que contribuam para melhoria das situações de conforto térmico, acústico, visual e psicológico dos usuários das edificações antárticas.

Indicadores

Qualidade do ambiente interno

1. Quantidade de renovações do ar por unidade de tempo
2. Utilização de sistemas de filtragem do ar interior
3. Percentagem de compartimentos destinados a longa permanência com aproveitamento da luz natural
4. Quantidade (lux) e distribuição da luz natural nos compartimentos destinados à ocupação humana
5. Quantidade (lux) e distribuição da luz artificial nos compartimentos destinados à ocupação humana
6. Adoção de elementos na edificação que permitam a integração visual do ambiente interno ao externo (paisagem)
7. Privacidade visual das unidades habitacionais
8. Transmissão sonora entre ambientes
9. Medidas de atenuação dos ruídos oriundos de equipamentos para o interior dos ambientes sociais
10. Partido arquitetônico que potencializa a conservação do calor interno
11. Proposição de técnica construtiva e materiais que otimizem o isolamento térmico
12. Utilização de sistemas de climatização de acordo com as características térmicas e necessidades atribuídas a cada ambiente
13. Utilização de sistemas de climatização em conformidade com normas ou protocolo específico
14. Existência de ambientes adequados e que incentivem o convívio e a confraternização entre os usuários
15. Uso de elementos de decoração que remetam à cultura do país de origem
16. Distribuição dos ambientes, promovendo circulação eficiente e não conflitante
17. Conformidade de áreas com dimensões mínimas aceitáveis para cada ambiente

5.2.2 Segurança

A categoria segurança é composta por indicadores específicos do Continente. A atipicidade do ambiente Antártico, caracterizado por condicionantes extremos, faz com que os indicadores relacionados à segurança em centros urbanos densificados não representem a realidade desta área hostil.

A Antártica é um dos locais do mundo que necessitam de treinamentos de conduta para atividades ou até mesmo para visitação. O Treinamento Pré-Antártico (IAU, 2015), Código Antártico de Serviço de Comportamento Pessoal (AUSTRALIAN..., 2015), Guia do Participante do Programa Antártico (U.S.ANTARCTIC..., 2014), entre outras instruções mundiais de conduta, visam familiarizar o visitante sobre o ambiente Antártico e seus regulamentos.

Em geral, os treinamentos Antárticos elucidam ao participante da expedição os aspectos do Sistema Antártico (Protocolo e Tratado), a utilização dos transportes, avaliação e percepção de riscos pessoais e da equipe, procedimentos de segurança, uso de equipamentos, noções de primeiros socorros, tipos de vestimentas e informações sobre orientação e navegação (IAU, 2015, AUSTRALIAN..., 2015, U.S.ANTARCTIC..., 2014).

Além possíveis dos riscos em atividades externas, ocasionados pelas constantes variações climáticas, tempestades e fortes ventos, há preocupações no que se refere à segurança no ambiente interno (ALVAREZ, 1995). A exemplo tem-se a combinação entre os baixos índices de umidade absoluta e os fortes ventos, que favorecem a propagação ao fogo, necessitando de medidas de prevenção contra incêndios e procedimentos de fuga imediata.

Assim, as medidas de segurança na Antártica são essenciais para a avaliação de sustentabilidade do ambiente construído, e principalmente, para garantia da integridade física dos usuários da edificação.

Objetivo

Apresentar estratégias que visam possibilitar a integridade física do usuário e da edificação em caso de situações de riscos.

Indicadores

Segurança

1. Implantação de saídas emergenciais próximo aos cômodos de longa permanência e de ambientes com concentração de pessoas
2. Adoção de medidas preventivas relacionadas à segurança pessoal e da edificação junto aos usuários
3. Projeto arquitetônico que contemple o isolamento entre setores para o caso de incêndio
4. Treinamento obrigatório para usuários e gestores da edificação, tanto para ações de prevenção como de combate a acidentes
5. Utilização de sistema de iluminação no exterior do edifício para uso cotidiano e de segurança
6. Criação de rotas e trilhas de segurança e de trabalho no exterior e no interior, com sistema de iluminação de emergência
7. Tempo necessário para uma pessoa localizada no local mais remoto do edifício chegar a um local seguro
8. Existência de local seguro destinado exclusivamente à sobrevivência

5.2.3 Gestão e qualidade dos serviços

As edificações no mundo desenvolvido tendem a se apresentarem mais fechadas ao ambiente externo e mais automatizadas. Os sistemas internos computadorizados, são fundamentais para

redução dos gastos de insumos da edificação (CARMO; PRADO, 1999), além de assegurarem algumas questões referentes ao conforto e segurança dos ocupantes.

No caso das edificações antárticas, além da gestão de sistemas computadorizados ser desejável para a garantia de cumprimento dos padrões de conforto térmico e redução do consumo de recursos, a qualidade dos serviços são fundamentais para a sustentabilidade das edificações uma vez que podem facilitar ou agilizar os processos de manutenção, reparo ou ampliação das edificações, proporcionando maior segurança dos operadores e menor impacto ambiental.

Tendo em vista que os processos construtivos devem ser realizados em curto período de tempo, principalmente em função das constantes alterações das condições climáticas; com mínima geração de resíduos e eventualmente, executado por pessoas pouco qualificadas aos trabalhos na região (ALVAREZ, 1995), alguns indicadores da presente categoria sugerem soluções que visam facilitar a concretização de alterações na edificação, minimizando os possíveis impactos no ambiente e riscos de acidentes da equipe executora, além do efetivo conhecimento dos sistemas constituintes da edificação.

Objetivo

Permitir a controlabilidade dos sistemas constituintes da edificação; promover o conhecimento dos operadores sobre as questões inerentes ao funcionamento da edificação e incentivar a utilização de soluções flexíveis e de baixo impacto.

Indicadores

Gestão e qualidade dos serviços

1. Disponibilidade do projeto final para uso/análise de operadores e ocupantes
2. Elaboração de manual de instalação, uso e manutenção (considerando a edificação e seus equipamentos)
3. Controlabilidade do consumo de água e energia
4. Controlabilidade da temperatura interna dos ambientes
5. Grau de controle sobre os sistemas principais que pode ser exercida pelos usuários
6. Presença de sistema de controle informatizado de gestão do edifício
7. Capacidade estrutural de suportar futuras modificações/ expansões
8. Nível de dificuldade para alterar instalações ou equipamentos

5.3 DIMENSÃO ECONÔMICA

A dimensão econômica é assinalada pelas soluções que tornam financeiramente viáveis a implantação e permanência da edificação. Para tanto, nessa etapa são discutidos os gastos iniciais e ao longo do ciclo de vida da edificação.

A única categoria constituinte da dimensão econômica é o Custo.

5.3.1 Custo

A Antártica não tem comercialização ou um sistema monetário estabelecido. Os investimentos para execução e manutenção das estações científicas são oriundos de iniciativas governamentais e institucionais. Desta maneira, o valor disponível para viabilizar as atividades da Antártica é variável e dependente dos interesses de cada país (ALVAREZ, 1995).

Tendo em vista que o aporte financeiro de alguns governos e instituições são por vezes os principais condicionantes para a elaboração de edificações na Antártica, a presente categoria considera desde a etapa de planejamento e avaliação prévia do custo inicial até a etapa de operação e manutenção ao longo do ciclo de vida das edificações.

Objetivo

Considerar a viabilidade financeira do empreendimento a partir da avaliação do custo dos sistemas, materiais e equipamentos, ao longo do ciclo de vida da edificação.

Indicadores

Custo

1. Custo dos sistemas construtivos, instalações e equipamentos para execução
2. Custo previsto no Ciclo de Vida da edificação e dos sistemas

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que o objetivo principal do trabalho foi cumprido, embora a validação dos indicadores pelos pesquisadores não tenha desempenhada a função prevista. Observa-se, ainda, que os 91 indicadores resultantes podem parecer um número excessivo, quando comparado com o número de indicadores usualmente utilizado nas ferramentas comerciais de avaliação da sustentabilidade, as quais se destinam a fazer avaliações rápidas de projetos mais ou menos tipificados em áreas urbanas densificadas. No entanto, considerando as especificidades da Antártica e o interesse mundial na forma como deve ocorrer a presença humana, é inquestionável que a quantidade de indicadores deva ser superior às adotadas para os meios urbanos convencionais.

Em relação às respostas as perguntas da dissertação têm-se:

► **De que forma os condicionantes, fatores limitantes e potencialidades influenciam no processo de construção de edificações mais sustentáveis na Antártica?**

Para obtenção de construções mais sustentáveis é necessário atender ao máximo os fatores que influenciam no conforto dos usuários, no desempenho e viabilidade da edificação, na preservação do meio natural e na harmonia no entorno. Nos centros urbanos densificados, a análise dos condicionantes ambientais é indispensável para a realização de edificações pautadas nas premissas da sustentabilidade.

Na Antártica não seria diferente. Contudo, no Continente os condicionantes ambientais se caracterizam por situações extremas que colocam em risco a sobrevivência do homem e a integridade da edificação. Por influência dos condicionantes ambientais, fatores limitantes e potencialidades da Antártica, é inquestionável a necessidade de maior abrangência aos temas específicos da sustentabilidade no Continente – como a segurança dos ocupantes e da edificação – além da adição de indicadores específicos para seleção de materiais, logística, relação do edifício com o entorno protegido, entre outros.

Portanto, os fatores específicos do Continente influenciaram diretamente na obtenção de indicadores de sustentabilidade, e conseqüentemente, podem servir como diretrizes projetuais no processo de construção de edificações mais sustentáveis na Antártica.

► **Como formular um conjunto de indicadores de sustentabilidade específicos para uma das áreas mais inóspitas do planeta?**



No que concerne à metodologia adotada, pode-se afirmar que a obtenção dos indicadores a partir da estrutura analítica adaptada SPR (Lista 1) e dos indicadores propostos pelas principais ferramentas de avaliação de sustentabilidade (Lista 2) mostrou-se adequada, gerando informações e diretrizes fundamentais para que as novas construções na Antártica possam ser projetadas com base nos conceitos sustentáveis, inerentes ao lugar.

No decorrer da etapa de respostas dos pesquisadores, foi detectada a deficiência de retornos, visto que apenas 14 pesquisadores, do total de 30, responderam à pesquisa. Acredita-se que o formulário contendo 96 perguntas foi amplo e cansativo, recomendando às próximas pesquisas, o envio dos indicadores específicos de acordo com a área de conhecimento do respondente. São raros os profissionais que possuem o necessário conhecimento abrangente, especialmente quando o recorte territorial é a Antártica.

Durante o processo de avaliação dos indicadores ocorreram situações não previstas, no qual foi possível verificar a carência de conhecimento geral sobre a Antártica por parte dos pesquisadores. Alguns contribuintes da pesquisa detinham conhecimentos específicos, respondiam com propriedade questões de determinada categoria da sustentabilidade, e por vezes não compreendiam as outras. Diante do número de respondentes, a ausência de respostas sobre algum tema dificultou a validação dos indicadores.

É importante salientar que o espaço que o tema antártico ocupa nas diversas formas de mídia transforma o local num excelente replicador de ideias. Assim, os indicadores adotados podem servir de subsídios para o desenvolvimento de políticas públicas internacionais, nacionais ou mesmo locais.

Neste sentido, destaca-se que os estudos foram direcionados para a condição ambiental e geográfica verificada na Antártica, com a obtenção dos indicadores a partir da adaptação de estruturas analíticas reconhecidas, observando a necessidade de flexibilidade da proposta visando a replicabilidade da metodologia em outras situações semelhantes.

Portanto, como contribuição para o meio científico, tem-se a metodologia flexível que permite ser adaptada para outros locais – tais como ilhas oceânicas, áreas de proteção ambiental, áreas inóspitas, entre outras áreas atípicas – a partir da substituição e análise dos condicionantes, e seleção dos indicadores mais representativos das ferramentas de avaliação.

Como contribuição ainda tem-se que a efetiva aplicabilidade do conjunto de indicadores de sustentabilidade para edificações podem colaborar diretamente para:

- 
- ▶ Possível diminuição dos impactos ambientais provocados pela construção civil numa área de proteção ambiental;
 - ▶ Provável diminuição do consumo de recursos naturais, dos resíduos e das cargas ambientais;
 - ▶ Aumento da segurança dos usuários na edificação e no entorno;
 - ▶ Melhoria das condições de conforto térmico, acústico, visual, olfativo e psicológico dos ocupantes;
 - ▶ Possíveis avanços no gerenciamento e controle dos sistemas e componentes da edificação;
e
 - ▶ Potencial viabilidade financeira de execução das obras e sistemas.

Como sugestão de continuidade da proposta, destaca-se a necessidade de elaboração da conceituação e proposição de parâmetros de referência para todos indicadores, definição dos métodos de ponderação, proposição de pesos de relevância, efetiva avaliação das edificações Antárticas, bem como a formulação de uma ferramenta de sustentabilidade específica para as edificações no Continente.

Por fim, durante o desenvolvimento da pesquisa, trabalhou-se com a superação de desafios que envolveram a definição de estratégias para edificações sustentáveis em uma das áreas mais inóspitas do mundo, esperando-se que o presente trabalho possa contribuir para a preservação da área e a continuidade das pesquisas científicas no ultimo continente.

7 REFERÊNCIAS

ALVAREZ, C. E. de. **Arquitetura na Antártica: ênfase nas edificações brasileiras em madeira**. 1995. Dissertação. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU/USP), São Paulo, 1995.

_____. **Edificações na Antártica**. In: Alfredo Nastari. (Org.). Antártica, 2048: Mudanças Climáticas e Equilíbrio Global. 1ed. São Paulo: Marina Books, 2014, v., p. 98-113.

_____. **Metodologia para construção em áreas de difícil acesso e de interesse ambiental: aplicabilidade na Antártica e nas ilhas oceânicas**. 2003. Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura) – Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

ALVAREZ, C. E. de; CASAGRANDE, B.; SOARES, G. R. **Resultados alcançados com a implementação do plano diretor da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF)**. In: Encontro Nacional, 4 e o Encontro Latino Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2. Campo Grande: 2007

ALVAREZ, C. E. de; VARGAS. P. S. P. Os documentos de informação da RAPAL e o avanço tecnológico. In: XXIV RAPAL - Reunión Anual de Administradores Antárticos Latinoamericanos, 2013, La Serena. **Documento de Trabalho**, 2013. p.1 – 5.

ALVAREZ, C. E. de; VARGAS. P. S. P.; VIDIGAL, E. J. As novas edificações brasileiras na Antártica: do concurso de projeto ao estágio atual. In: XXIV RAPAL - Reunión Anual de Administradores Antárticos Latinoamericanos, 2013, La Serena. **Documento de Información**, 2013. p.1 – 12.

ALVAREZ, C.E. de; SOUZA, A. D. S. (coord.) **ASUS: Avaliação de sustentabilidade**. 2011. Disponível em: < <http://www.lppufes.org/asus/ferramenta.php#>>. Acesso em: 12 abr. 2014.

ALWAER, H.; CLEMENTS-CROOME, D.J. Key performance indicators (KPIs) and priority setting in using the multi-attribute approach for assessing sustainable intelligent buildings. **Building and Environment** v. 45, n. 4, p. 799–807, 2010. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S036013230900225X>>. Acesso em: 20 abr. 2014.

ALYAMI, S.; REZGUI, Y. Sustainable building assessment tool development approach. **Sustainable Cities and Society**, 5, p. 52-62. 2012.

AQUINO, F. E. **A Antártica e o clima no Rio Grande do Sul**. Antártica, 2048: Mudanças Climáticas e Equilíbrio Global. 1ª Edição. São Paulo: Marina Books, 2014.

AUSTRALIAN ANTARCTIC DIVISION. Antarctic service code of personal behaviour. 2014. Disponível em:

http://www.antarctica.gov.au/data/assets/pdf_file/0019/23536/ml_382104210069444_code_20of20personal20behaviour20151002.pdf> Acesso em: 25 set. 2015.

AUSTRALIAN ANTARCTIC DIVISION. Weather. Disponível em: <<http://www.antarctica.gov.au/about-antarctica/environment/weather>>. Acesso em: 19 ago. 2015.

ALFRED WEGENER INSTITUTE NEUMAYER STATION (AWINS). 2014. Disponível em: <<https://www.awi.de/en/expedition/stations/neumayer-station-iii.html>> Acesso em: Acesso em: 25 set. 2015.

BARATELLA, P. **Análise do desenvolvimento de indicadores para avaliação de sustentabilidade de edifícios brasileiros**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

BARGALI, R. **Antarctic Ecosystems**. Environmental Contamination, Climate Change, and Human Impact. Ed: Springer: Germany, 2005.

BARTELMUS, P. Towards a framework for indicators of sustainable development. **DESIPA Working Paper Series**, n. 7, 1994.

BISSOLI-DALVI, M. **ISMAS: A sustentabilidade como premissa para a seleção de materiais**. 2014. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Pós-Graduação da Universidade del Bío-bío. Chile, 2014.

BORSOI, Z. Ferrão, TORRES, S. (2008) Política de Recursos Hídricos no Brasil. 2008. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/revista/rev806.pdf>>. Acesso em 10 outubro 2015.

BRAGANÇA L.; MATEUS, R. **Sustentabilidade de soluções construtivas**. Congresso sobre Construção Sustentável, Portugal, 2006.

BREEAM. **Building Research Establishment Environmental Assessment Method**. BRE Environmental & Sustainability Standart. [S.I.]: Global. 2009.

BRITISH ANTARTIC SURVEY. **Halley VI Key Facts**. Disponível em: <http://www.antarctica.ac.uk/press/images/press/2057/halley_vi_launch_key_facts.pdf>. Acesso em: 22 out. 2014.

BROUGHTON, Hugh G. K. **Halley VI Antarctic Research Station**. Disponível em: <<http://www.hbarchitects.co.uk/projects.php?project-list=extreme&id=0>>. Acesso em: 22 out. 2014.

BUGONI, L. **Aves marinhas: população, migração e ameaças.** Antártica, 2048: Mudanças Climáticas e Equilíbrio Global. 1ª Edição. São Paulo: Marina Books, 2014.

CANAL DO PANAMÁ. **Panama Canal Expansion.** Disponível em: <https://www.pancanal.com/>. Acesso em: 22 out. 2014.

CARMO, A.T.; PRADO R.T.A. **Qualidade do ar interno.** Texto técnico. Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 1999.

CARVALHO, B. **Ecologia e Arquitetura: Ecoarquitetura: onde e como vive o homem.** Rio de Janeiro: Ed. Globo, 1984.

CASBEE. **Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency.** Assessment Tool. Disponível em: <<http://www.ibec.or.jp/CASBEE>>. Acesso em: 28 Jul. 2014.

COOL ANTARCTICA. Antarctica - Pictures, Facts and Travel. Disponível em: <<http://www.coolantarctica.com/>> . Acesso em: 10 out. 2015.

COMMISSION FOR THE CONSERVATION OF ANTARCTIC MARINE LIVING RESOURCES (CCAMLR). Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources. Disponível em: < <https://www.ccamlr.org/> > . Acesso em: 19 set. 2015.

CHILD, Jack. **Antarctica and South American Geopolitics.** New York: Greenwood Press, 1988.

CHRONICLES FROM CONCORDIA. **Advanced photography in freezing conditions.** Disponível em: <<http://blogs.esa.int/concordia/2014/02/25/advanced-photography-in-freezing-conditions/>>. Acesso em: 08 set. 2015.

CIB. International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CRISP). Construction related sustainability indicators: setting targets and monitoring performance in the built environment. **CIB Working Commission W82 “Future Studies in Construction”.** 1999. Disponível em <<http://cic.vtt.fi> >. Acesso em: 10 abr. 2014.

CIB. International Council for Research and Innovation in Building and Construction; United Nations Programme, International European Environment Agency - EEA. EEA Core set of indicators - Guide. **Technical Report.** Luxembourg: 2003.

COLE, R. J.; LARSSON, N. **Building challenge 2002: GBTool user manual.** 2002. Disponível em:< http://www.iisbe.org/down/gbc2005/GBC2k2/GBC2k2_Manual_A4.pdf>. Acesso em: 28 maio 2014.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental.** Rio de Janeiro: Revan, 2003.



CORREIA, L. A. **Conforto ambiental e suas relações subjetivas: análise ambiental integrada na habitação de interesse social.** Dissertação (mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília, 2010.

COUNCIL OF MANAGERS OF NATIONAL ANTARCTIC PROGRAMS (COMNAP). Best Practice for Energy Management. **Guidance and Recommendations.** XXX Antarctic Treaty Consultive Meeting. Nova delhi, 2007.

COUNCIL OF MANAGERS OF NATIONAL ANTARCTIC PROGRAMS (COMNAP). Waste Management in Antarctica. **Workshop Proceedings.** Australia, 2006.

CABLE NEWS NETWORK (CNN). **Antarctica hits 63 degrees, believed to be a record.** Disponível em: <http://edition.cnn.com/2015/04/01/travel/feat-antarctica-highest-temperature-ever-recorded/>. Acesso em: 14 out. 2015.

DALMAS, F. Geoprocessamento aplicado à gestão de resíduos sólidos. Programa de pós graduação de recursos minerais e meio ambiente. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo. 2008.

DESA. UNITED NATIONS DIVISION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT/ DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS. Indicators of sustainable Development: Framework and methodologies. **Background Paper**, n. 3. DESA/DSD/2001/3. 2001.

DESA. UNITED NATIONS DIVISION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT/ DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS. Indicators of sustainable Development: Framework and methodologies. DESA/DSD/2007. **Background Paper** 3. ed. 2007.

DING, G. K. C. Sustainable construction: The role of environmental assessment tools. **Journal of Environmental Management.** v. 86, n. 3, p. 451–464, fev. 2008.

D'OLIVEIRA. **As perspectivas do turismo Antártico.** Antártica, 2048: Mudanças Climáticas e Equilíbrio Global. 1ª Edição. São Paulo: Marina Books, 2014.

EC. EUROPEAN COMMISSION. Study on indicators of sustainable development. **Working Paper**, Italia, 2004

ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY CENTRE – UNEP-ITEC (Eds.). Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries: a discussion document. **BOUTEK Report no.** Bou/E0204. Pretoria: CIB/UNEP-IETC. 2002.

ESTADÃO. **Reportagem especial: Ciência brasileira ressurgiu na Antártida, 2 anos após incêndio.** Texto disponibilizado em Fev. 2014. Disponível em: <<http://ciencia.estadao.com.br/blogs/herton-escobar/ciencia-brasileira-ressurgiu-na-antartida/>>. Acesso em: 17 out. 2015.

FERREIRA, M.I.P.; SILVA, J.A.F.; WERNECK, B.R. Marcos conceituais para gestão de recursos hídricos. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 2 n. 2. Rio de Janeiro, 2008.

FIGUEIREDO, M. C. B.; TEIXEIRA, A. S.; ARAUJO, L. F. P.; ROSA, M. F. PAULINO, W. D.; MOTA, S.; ARAUJO, J. C. **Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização**. Artigo técnico, vol.12, nº 4, 2007, p. 399-409.

FIKSEL. J.; EASON. T.; FREDERICKSON. H. **A Framework for Sustainability Indicators at EPA**. 2010.

FORSBERG, A.; VON MALMBORG, F. Tools for environmental assessment of the built environment. **Building and Environment**, 39(2), p. 223–228. 2004.

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI - FCAV. **Referencial técnico de certificação "Edifícios do setor de serviços - Processo AQUA"**: Escritórios e Edifícios escolares. São Paulo: FCAV, 2014.

GAISMA. **Amundsen-scott permanente station of the United States**. Disponível em: <http://www.gaisma.com/en/location/amundsen-scott--permanent-station-of-the_us.html>. Acesso em: 19 ago. 2015.

GONZALEZ, V. G.; KINKELIN, R. W. **Antarctic krill: a case study on the ecosystem implications of fishing**. Antarctic and Southern Ocean Coalition. Puerto Madryn, 2005.

GODISH, T. **Indoor environmental quality**. Lewis Publishers. Florida, US. 2000.

GONÇALVES, J. C. S.; DUARTE, D. H. S. **Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino**. Ambiente Construído, v. 6, n. 4, p. 51-81. 2006.

HUGHES, K.A.; FRETWELL, P., ERA J.; HOLMES, K.; FLEMING, A. **Untouched Antarctica: mapping a finite and diminishing environmental resource**. Antarctic Science 23(6), p. 537–548. 2011.

IAATO. **International Association of Antarctica Tour Operators**. Disponível em: <<http://iaato.org/frequently-asked-questions>>. Acesso em: 15 set. 2014.

IAATO. **International Association of Antarctica Tour Operators**. Estatística do Turismo. Disponível em: <<http://iaato.org/tourism-statistics>>. Acesso em: 15 set. 2014.

INSTITUTO ANTARTICO URUGUAYO (IAU). **Treinamento Pre-Antártico**. Disponível em: <http://www.iau.gub.uy/rapal2009/docs-rapal2009/DI-rapal2009/DI-07_Brasil_%20entrenamiento_preantartico.pdf> Acesso em: 20 set., 2015

INSTITUTO DOS ARQUITETOS DO BRASIL. **Termo de Referência:** ANEXO 1 do concurso da estação antártica Comandante Ferraz. Disponível em: <http://concursoestacaoantartica.iab.org.br/bases/TERMO_DE_REFERENCIA_EACF.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2012.

INTERNATIONAL POLAR FOUNDATION. **Sustainable development in the Polar regions: Princess Elisabeth station, Antarctica.** Disponível em: <http://www.educapoles.org/assets/uploads/teaching_dossiers_files/dp_cze_06_en.pdf>. Acesso em: 22 out. 2014.

ISO 21929. International Organization for Standardization. ISO/ TC 59/ SC 17. **ISO 21929-1 - Sustainability in building construction — Sustainability indicators —Part 1: Framework for the development of indicators and a core set of indicators for buildings:** Geneva. 2011

ISO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION **ISO/ TC 59/ SC 17 - Sustainability in building construction – Sustainability indicators.** Geneva, 2007.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (IUCN). **A strategy for Antarctic conservation.** Cambridge: The Burkington press, 1991.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** 2000. 113 f. Tese (Doutorado Livre docência) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

JOHN, V. M; OLIVEIRA, D. P. de; AGOPYAN, V. **Crítérios de sustentabilidade para seleção de materiais e componentes: uma perspectiva de países em desenvolvimento.** Departamento de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2006. Disponível em: <http://pcc2540.pcc.usp.br/Material%202006/VMJOHN_AGOPYAN_OLIVEIRA_05_v4_TRADU__O.pdf> Acesso em: 10 out. 2015.

JOHN, V. M.; SATO, N.M. N.; AGOPYAN, V.; SJÖSTRÖM, C. **Durabilidade e Sustentabilidade: Desafios para a Construção Civil Brasileira.** Centre for Built Environment, University of Gävle, 80176, Gävle, Sweden. 2014. Disponível em: <http://www.researchgate.net/profile/V_Agopyan/publication/266907499_Durabilidade_e_Sustentabilidade_Desafios_para_a_Construo_Civil_Brasileira/links/544fe7730cf201441e935213.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2015.

KIBERT, C. J. **Sustainable construction: Green building design and delivery.** New York: John Wiley & Sons Inc, 2005.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura.** 3ª Edição. São Paulo: PW, 2014.

LAMBERTS, R.; TRIANA, M. A.; FOSSATI, M.; BATISTA, J. O. **Sustentabilidade nas edificações: contexto internacional e algumas referências brasileiras na área**. Disponível em:

<http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/documents/sustentabilidade_nas_edificacoes_contexto_internacional_e_algumas_referencias_brasileiras_na_areasustentabilidade_nas_edificacoes_contexto_internacional_e_algumas_referencias_brasileiras_na_area.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2011.

MACHADO, M. C. S.; BRITO, T. (Coords.). **Antártica: ensino fundamental e ensino médio**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.

MAIOLI, R. N. ; ALVAREZ, C. E. de . **Análise da utilização de prateleiras de luz em Vitória-ES (Brasil)**. Habitat Sustentable, v. 3, p. 37-46, 2013.

MANCUSO, P.C.S. & SANTOS, H.F. **Reuso de água**. São Paulo: Manole, 2003.

MATEUS, R. F. M. S. **Avaliação da sustentabilidade da construção: propostas para o desenvolvimento de edifícios mais sustentáveis**. Tese (Tecnologia da Arquitetura) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Minho. 2009.

MEGA, V; PEDERSEN. J. Urban Sustainability Indicators. **European Foudation for the Improvement of Living and Working Conditions**. Luxemburgo, 1998.

MENDES, C. R. B. **Fitoplâncton, zooplânctone krill: as bases da vida**. Antártica, 2048: Mudanças Climáticas e Equilíbrio Global. 1ªEdição. São Paulo: Marina Books, 2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Antártica bem comum da humanidade**. Brasília: Ministério do meio ambiente, 2009.

MONTARROYOS, D. C. G. ; BISSOLI-DALVI, M. ; ALVAREZ, C. E. de ; BRAGANCA, L. . **Procedimentos para a definição de indicadores de sustentabilidade para construções na Antártica**. In: Euro-ELECS 2015 -Latin American and European conference on sustainable buildings and communities, 2015, Guimarães. Connecting People and Ideas. Proceedings of EURO ELECS 2015. Lisbon: Printed by Multicomp, 2015. v. 3. p. 1695-1704.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **Landsat 8 Satellite Pinpoints Coldest Spots on Earth**. Texto disponibilizado em 9 de dezembro de 2013. Disponível em: <<https://www.nasa.gov/content/goddard/nasa-usgs-landsat-8-satellite-pinpoints-coldest-spots-on-earth/#.Vh6eHC5Viko>>. Acesso em: 14 out. 2015.

NITSCHKE, A. **Bharati** - The Indian Research Station at Larsemann Hills Antarctica. Disponível em:<<https://www.comnap.aq/Publications/Comnap%20Publications/COMNAP%20Symposium%202010%20ProceedingsA5.pdf>>. Acesso em 22 out. 2014.

OLIVEIRA, C.N. **O paradigma da sustentabilidade na seleção de materiais e componentes para edificações.** Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina. 2009.

OLIVEIRA, L. H. de. **Metodologia para implantação de programa de uso racional da água em edifícios.** Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. OECD Core set of indicators for environmental performance reviews. A synthesis report by the Group on the State of the Environment. **Environment Monographs**, n.83. 1993.

_____. **OECD environmental indicators: Development, measurement and use.** 2003. Disponível em: <<http://www.oecd.org>> Acesso em: 13 out. 2013.

PALINKAS, L. A.; JOHNSON, J. C.; BOSTER, J. S.; RAKUSA-SUSZCZEWSKI, S.; KLOPOV, V. P.; XUE, Q. F. **Cross-cultural differences in psychosocial adaptation to isolated and confined environments.** Aviation Space and Environmental Medicine, 75(11),973-980.

PEREIRA, E. B., KIRCHOFF, V. M. J. H. **O INPE na Antártica.** São José dos Campos, SP: Transtec Editorial, 1992.

PEREIRA, C. M. P.; COLEPICOLO, P; SOUZA, P. O. Antitumor activity of extracts from antarctic macroalgae. Saarbrücken: LAMBERT Academic Publishing, 2010.

PALO Jr., Haroldo. **Antártida, expedições brasileiras.** Rio de Janeiro: Cor/Ação Editora Ltda., 1989.
PINTO, C. F. **Em busca de uma arquitetura Sustentável: O uso de fontes alternativas de energia.** Dissertação de Mestrado. Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo. 2009.

PROANTAR. **Programa Antártico Brasileiro.** Disponível em: <<https://www.mar.mil.br/secirm/proantar.html>> Acesso em: 01 jul. 2014.

PROANTAR. **Tratado da Antártica.** Brasília: Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do mar, 2001.

QUIROGA, R. **Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas.** Publicación de las Naciones Unidas. Santiago de Chile, 2001.

RIBEIRO, W.C. **Geografia política da água.** Coleção cidadania e meio ambiente. São Paulo: Annablume, 2008.

RICARDO, M.; BRAGANÇA, L. **Sustainability assessment and rating of buildings: Developing the methodology SBToolPT-H,** Building and Environment, n. 10, v. 46. p. 1962-1971. 2011.

SANTOS, L. E. F. **Territorialismo x Internacionalismo: o future do Tratado Antártico. Antártica**, 2048: Mudanças Climáticas e Equilíbrio Global. 1ªEdição. São Paulo: Marina Books, 2014.

SCIENTIFIC COMMITTEE ON ANTARCTIC RESEARCH (SCAR). **Antarctic Climate Change and the Environment**. Scott Polar Research Institute. Cambridge, 2009.

SCIENTIFIC COMMITTEE ON ANTARCTIC RESEARCH (SCAR). **Antarctic Science and Policy Advice in a Changing World**. Strategic Plan 2011-2016. Reino Unido, 2015.

SCIENTIFIC COMMITTEE ON ANTARCTIC RESEARCH (SCAR). **Main Antarctic Facilities operated by National Antarctic Programs in the Antarctic Treaty Area (South of 60° latitude South)**. 2014 report. Disponível em: <<http://www.scar.org/>>. Acesso em: 10 jul. 2015

SECRETARIAT OF ANTARCTICA TREATY (ATS). **Guidelines for Environmental impact assessment in Antarctica**. Disponível em: <http://www.ats.aq/documents/recatt/Att266_e.pdf>. Acesso em: 08 Ago. 2015.

SEGNESTAM, L. Indicators of Environment and Sustainable. **The World Bank Environment Department**. The International Bank for Reconstruction and Development. Washington, 2002.

SHAH, R. **Assessment of Sustainability Indicators**. Prague, 2004.

SHAW J. D.; TERAUDS A.; RIDDLE M. J.; POSSINGHAM H. P.; CHOWN S. L. **Antarctica's Protected Areas are inadequate, unrepresentative, and at risk**. PLOS Biology. 2014, vol. 12, n. 6.

SILVA, V. G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo: 2003. 210p.

SILVA, V.G. Avaliação do desempenho ambiental de edifícios. **Revista Qualidade na Construção**. São Paulo: n.25, 2000. 14-22.

SIMÕES, J. C. **Uma política científica para a Antártica**. Antártica, 2048: Mudanças Climáticas e Equilíbrio Global. 1ªEdição. São Paulo: Marina Books, 2014.

SIMÕES, J. C. **Crônicas do gelo: o registro das mudanças climáticas na Antártica**. Antártica, 2048: Mudanças Climáticas e Equilíbrio Global. 1ªEdição. São Paulo: Marina Books, 2014.

SOARES, G. R.; ALVAREZ, C. E.; GONÇALVES, R. F. Programa de conservação de água na estação antártica Comandante Ferraz: etapa de caracterização. In: XXI RAPAL - Reunión Anual de Administradores Antárticos Latinoamericanos, 2010, Ecuador. **Documento de Trabalho**, 2010. p.1 – 6.

SOUTH POLE. **Antarctic Specially Managed Area No. 5:** Amundsen-Scott South Pole Station, South Pole. Disponível em: <<http://www.southpole.aq/environment/climate.html>> Acesso em: 25 Ago. 2015.

SOUZA, A. D. S. **Ferramenta ASUS:** Proposta preliminar para avaliação da sustentabilidade de edifícios brasileiros a partir da base conceitual da SBTool. 2008. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.

TEIXEIRA, P. M. M. **Monitorização da Implementação das Directivas Comunitárias sobre a Utilização de Fontes Renováveis de Energia em Portugal.** Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Portugal, 2010.

TIN T.; FLEMING Z.L.; HUGHES K.A.; AINLEY D.G.; CONVEY P.; MORENO C.A.; PFEIFFER S; SCOTT j.; SNAPE, I. **Impacts of local human activities on the Antarctic environment.** Antarctic Science 21 (1), p. 3–33. Reino Unido. 2009.

TIN, T.; SOVACOOOL B. K.; BLAKE D.; MAGILL P.; NAGGAR S.; LIDSTROM, S; ISHIZAWA, K., BERTE J. **Energy efficiency and renewable energy under extreme conditions:** Case studies from Antarctica. Renewable Energy 35. p. 1715–1723. 2010.

TOMÉ, M. S. ; ALVAREZ, C. E. de ; VARGAS, P. S. P. **Um hotel na Antártica: o turismo como instrumento para a preservação ambiental.** In: Euro-ELECS 2015 -Latin American and European conference on sustainable buildings and communities, 2015, Guimarães. Connecting People and Ideas ? Proceedings of EURO ELECS 2015. Lisbon: Printed by Multicomp, 2015. v. 1. p. 267-276.

UNSD. UNITED NATION DIVISION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **Sustainable Development Indicators:** Proposals for the Way Forward. Ottawa, 2005.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT – UNCED. **Earth Summit Agenda 21.** Rio de Janeiro. jun.1992. Rio de Janeiro. Brasília: Senado Federal, 1996. 585 f. (Versão em português: Agenda 21 – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1992).

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP. Resource Efficiency. Disponível em:<http://www.unep.org/resourceefficiency/>. Acesso em: 10 out. 2015.

UNITED STATES ANTARCTIC PROGRAM. U.S. **Antarctic Program Participant Guide,** 2014-2016. 2014. Disponível em: <<http://www.usap.gov/USAPgov/travelAndDeployment/documents/ParticipantGuide-Chapter6.pdf>> Acesso em: 30 Ago. 2015.



US Green Building Council (USGBC). **LEED v4 User Guide**. Disponível em: <<http://www.usgbc.org/resources/leed-v4-user-guide>>. Acesso em: 28 mai. 2014.

VAN LIPZIG N. P. M.; TURNER J.; COLWELL S. R.; VAN DEN BROEKE M. R. **Short communication the near-surface wind field over the Antarctic continent**. International Journal of Climatology n.24, p 1973–1982. 2004.

VARGAS, P. S. ; ALVAREZ, C. E. de; FUKAI, F. M.; ACCARINO, L. S.; OLIVEIRA, M. R.; SALVADOR, R. M. **As novas estações antárticas e a busca pela otimização dos sistemas construtivos e maior eficiência energética**. In: Encontro Nacional, 7. e Encontro Latinoamericano de Edificações e Comunidades Sustentáveis, 5. Curitiba: ANTAC, 2013.

WALDETÁRIO, K. Z.; ALVAREZ, C. E. de. 2010. **Diretrizes para aplicação dos conceitos de sustentabilidade na reabilitação de edifícios em centros urbanos para fins de habitação popular: análise do Programa Morar no Centro – Vitória (ES)**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., Canela: ANTAC; UFRGS, 2010.

WHITE, K. J. Tourism and the Antarctic economy. Tourism Research **Anais**, Vol. 21, No. 2, p. 245-268. 1994.

WORLD COMISSION ON ENVIROMENTAL AND DEVELOPMENT (WCED). **Our common future**. Oxford: Oxford University Press, 1987.

APÊNDICE I

Questionário com os dados básicos e as informações profissionais

Idade	Sexo	Área de atuação	Quantas vezes foi à Antártica?	Quanto tempo permaneceu?	Qual a dimensão da sustentabilidade você considera mais importante para edificações inseridas na Antártica?
53	Feminino	Planejamento, construção e pesquisas relacionadas às edificações antárticas	entre 20 e 30 vezes	entre 1 e 60 dias	Ambiental
56	Masculino	Construção Sustentável	Nenhuma vez		Ambiental
36	Feminino	Professor	1 vez		Todas
24	Masculino	Arquiteta	Nenhuma vez		Econômica e Ambiental
40	Masculino	arquitetura e urbanismo	Nenhuma vez		Todas
23	Masculino	Arquiteto, bolsista de iniciação científica na área de sustentabilidade dos materiais.	Nenhuma vez		Ambiental
55	Masculino	engenharia civil e sanitária	De 2 a 5 vezes		Ambiental e Social
31	Masculino	Engenharia Elétrica	1 vez		Todas
33	Feminino	engenharia sanitaria e ambiental	1 vez		Econômica e Ambiental
27	Masculino	Arquitetura	Nenhuma vez		Econômica e Ambiental
59 anos	Feminino	Engenharia Elétrica/Energia	De 2 a 5 vezes		Ambiental e Social
23	Feminino	Arquitetura	Nenhuma vez		Econômica e Ambiental
42	Feminino	Logística.	Mais de 5 vezes		Todas
50	Masculino	Arquitetura e Urbanismo	De 2 a 5 vezes		Ambiental

Questionário sobre os índices de relevância dos indicadores

Os indicadores não compreendidos foram representados pelo símbolo ●.

Indicador	Pesq. 1	Pesq. 2	Pesq. 3	Pesq. 4	Pesq. 5	Pesq. 6	Pesq. 7	Pesq. 8	Pesq. 9	Pesq. 10	Pesq. 11	Pesq. 12	Pesq. 13	Pesq. 14
Indicador 1: Medidas de atenuação do nível de pressão sonora dos equipamentos	3	3	1	3	3	2	3	2	3	2	3	●	2	3
Indicador 2: Interferência da técnica construtiva na configuração natural do solo/gelo	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3
Indicador 3: Medidas para restaurar ou manter a funcionalidade original do ambiente natural	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3
Observações complementares	Pesquisador 10: Acredito que a atenuação do nível de pressão sonora dos equipamentos para o ambiente interno seja mais relevante que para o ambiente externo, uma vez que o conforto dos usuários pode ser comprometido e o desconforto potencializado devido às condições extremas do meio, enquanto o ambiente externo é vasto e não sofre tanta interferência.													
Indicador 4: Nível de antropização (interferência do homem no meio ambiente) do local de implantação	2	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3
Indicador 5: Harmonia do design com a paisagem	2	3	2	2	3	2	3	2	3	2	2	1	2	3
Indicador 6: Forma aerodinâmica	2	3	2	3	3	2	3	3	2	2	3	3	2	3
Observações complementares	Pesquisador 10: "Harmonia do design com a paisagem" e "Forma aerodinâmica" são relevantes do ponto de vista estético, funcional e arquitetônico, mas podem não ser necessariamente essenciais para se atingir um maior grau de sustentabilidade.													
Indicador 7: Estanqueidade dos ambientes para controle de entrada/saída dos materiais biológicos em relação ao exterior	2	3	●	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	●
Indicador 8: Medidas para isolar áreas com potencial poluente	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Indicador 9: Interferência na fauna e/ou flora nas etapas de construção e operação	3	3	3	3	3	2	2	3	2	3	3	3	3	3
Indicador 1: Presença de água na forma líquida	3	2	0	3	3	1	3	3	3	1	0	3	3	3
Indicador 2: Distância da construção em relação aos corpos hídricos	2	2	3	2	3	2	3	3	2	1	3	3	2	3
Indicador 3: Instalação de equipamentos economizadores de água	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2

Indicador	Pesq. 1	Pesq. 2	Pesq. 3	Pesq. 4	Pesq. 5	Pesq. 6	Pesq. 7	Pesq. 8	Pesq. 9	Pesq. 10	Pesq. 11	Pesq. 12	Pesq. 13	Pesq. 14
Indicador 4: Instalação de sistemas de identificação e prevenção de vazamentos e desperdícios	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
Indicador 5: Utilização de sistemas de reutilização das águas cinzas	3	1	3	3	3	2	3	3	2	1	3	2	3	3
Indicador 6: Utilização de sistemas de reutilização das águas negras	2	1	3	3	0	2	2	3	2	1	3	2	1	3
Observações complementares	Pesquisador 10: Evitar o gasto desnecessário de água é extremamente relevante, mas reutilizar este recurso na Antártica, onde o mesmo é abundante, talvez não seja tão relevante quanto.													
Indicador 1: Sistemas de energia renovável como base energética para as edificações	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3
Indicador 2: Consumo de energia anual estimada por ocupante no verão, kWh/m ²	2	3	3	2	3	2	2	3	2	3	3	3	1	3
Indicador 3: Consumo de energia anual estimada por ocupante no inverno, kWh/m ²	2	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	1	3
Indicador 4: Estimativa do consumo energético utilizado em equipamentos	2	3	3	2	●	2	3	3	3	3	3	3	2	3
Observações complementares	Pesquisador 8: Com o histórico do SGTC previsto para a Estação conseguiremos identificar onde, quando e como a energia estará sendo utilizada. A base de dados criada vai nos permitir todos esses indicadores e muito mais. Sugiro que o indicador kWh/m ² seja calculado também por tipos de ambientes/uso e por horário, não apenas uma média verão/inverno. Assim, permitirá o entendimento mais abrangente da dinâmica da Estação.													
Indicador 5: Eficiência energética determinada pela envoltória	2	3	3	3	3	3	3	3	●	3	3	3	●	3
Indicador 6: Eficiência energética determinada pelo sistema de aquecimento	2	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3
Indicador 7: Instalação de equipamentos economizadores de energia	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3
Observações complementares	Pesquisador 8: Estou considerando que o dimensionamento eficiente e eficaz dos sistemas de geração e distribuição de energia, estão englobados em "Eficiência energética". Estou considerando que o sistema de gerenciamento de geração/consumo de energia com seus respectivos sensores, estão englobados em "Instalação de equipamentos economizadores de energia".													
Indicador 1: Uso de materiais com longa vida útil e mínima necessidade de manutenção	1	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3

Indicador	Pesq. 1	Pesq. 2	Pesq. 3	Pesq. 4	Pesq. 5	Pesq. 6	Pesq. 7	Pesq. 8	Pesq. 9	Pesq. 10	Pesq. 11	Pesq. 12	Pesq. 13	Pesq. 14
Indicador 2: Técnica construtiva que facilita a substituição de peças e a futura desmontagem, bem como com potencial de reutilização ou reciclagem dos elementos da edificação	1	3	2	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3
Indicador 3: Adoção de materiais renováveis ou recicláveis/reaproveitáveis	1	3	1	3	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3
Observações complementares	Pesquisador 10: Dependendo da tecnologia adotada pode valer a pena utilizar materiais não renováveis ou não reaproveitáveis.													
Indicador 4: Uso de embalagens de proteção para o transporte que permitam reutilização ou reciclagem	2	3	1	2	3	2	3	3	3	3	2	3	2	3
Indicador 5: Uso de materiais resistentes ao fogo	3	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	2	3
Indicador 6: Medidas de proteção contra raios UV para materiais de uso externo	2	3	3	2	3	2	3	2	2	3	3	2	1	3
Indicador 7: Uso de materiais e sistemas resistentes às pressões do vento	2	3	3	2	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3
Indicador 8: Uso de materiais resistentes à vibração	2	3	3	3	3	3	2	2	3	3	2	3	1	3
Indicador 9: Medidas de proteção anticorrosão para elementos metálicos de uso externo	0	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3
Indicador 10: Adoção de materiais reutilizados ou reciclados de construções existentes	0	3	0	2	0	2	2	2	3	1	2	3	1	2
Indicador 11: Utilização de sistema modular, pré-fabricado, e/ou de rápida execução	1	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	3	2	3
Observações complementares	Pesquisador 10: Os materiais reutilizados ou reciclados podem ser provenientes de fontes diferentes de construções existentes sem que haja diferença na redução do impacto gerado.													
Indicador 12: Utilização de sistemas construtivos flexíveis e adaptáveis	1	3	2	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3
Indicador 13: Quantidade de água potável utilizada na fase de produção dos principais elementos construtivos da edificação	1	1	3	3	3	1	2	1	1	2	3	2	1	1

Indicador	Pesq. 1	Pesq. 2	Pesq. 3	Pesq. 4	Pesq. 5	Pesq. 6	Pesq. 7	Pesq. 8	Pesq. 9	Pesq. 10	Pesq. 11	Pesq. 12	Pesq. 13	Pesq. 14
Indicador 14: Quantidade de água potável utilizada na fase de construção dos principais elementos construtivos da edificação	2	1	3	2	3	1	2	3	2	2	3	3	2	1
Observações complementares	Pesquisador 10: Dependendo do retorno que o material vai dar, pode valer a pena gastar mais recurso para seu uso.													
Indicador 15: Quantidade de água potável utilizada na fase de manutenção dos principais elementos construtivos da edificação	1	2	3	3	3	2	2	3	3	2	3	3	2	3
Indicador 16: Quantidade de energia utilizada na fase de produção dos principais elementos construtivos da edificação	1	3	3	3	3	2	2	1	1	2	3	2	1	1
Indicador 17: Quantidade de energia utilizada na fase de construção dos principais elementos construtivos da edificação	2	3	3	2	3	2	2	2	2	2	3	3	2	1
Observações complementares	Pesquisador 10: Dependendo do retorno que o material vai dar, pode valer a pena gastar mais recurso para seu uso.													
Indicador 19: Quantidade de resíduos tóxicos gerados na fase de produção dos principais elementos construtivos da edificação	1	3	3	2	3	2	2	2	3	2	3	3	1	2
Indicador 20: Quantidade de resíduos tóxicos gerados na fase de construção dos principais elementos construtivos da edificação	2	3	3	3	3	2	2	3	3	2	3	3	3	3
Indicador 21: Quantidade de resíduos tóxicos gerados na fase de manutenção dos principais elementos construtivos da edificação	2	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3
Observações complementares	Pesquisador 10: Dependendo do retorno que o material vai dar, pode ser aceitável uma maior quantidade de resíduos.													
Indicador 1: Geração de resíduos sólidos não-orgânicos nas etapas de construção	1	3	3	2	3	3	3	1	1	2	3	3	2	3
Indicador 2: Geração de resíduos sólidos não-orgânicos na etapa de uso/operação	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Indicador	Pesq. 1	Pesq. 2	Pesq. 3	Pesq. 4	Pesq. 5	Pesq. 6	Pesq. 7	Pesq. 8	Pesq. 9	Pesq. 10	Pesq. 11	Pesq. 12	Pesq. 13	Pesq. 14
Indicador 3: Geração de resíduos sólidos não-orgânicos na etapa de descomissionamento ou desmonte	1	3	3	2	3	3	3	2	2	2	3	3	2	3
Observações complementares	Pesquisador 6: "Geração de resíduos sólidos não-orgânicos nas etapas de construção": Considerando que parte da construção é realizada fora do loco (Antártica), seria prudente especificar que a etapa citada é a etapa de construção "in loco" ou "da edificação".													
Indicador 4: Geração de resíduos líquidos nas etapas de uso/operação	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3
Indicador 5: Utilização de sistemas de tratamento de resíduos líquidos	3	2	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3
Indicador 6: Implantação de instalações para o armazenamento e triagem de resíduos sólidos	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3
Indicador 7: Segurança para armazenamento de resíduos perigosos	●	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Indicador 1: Quantidade de materiais construtivos que reconhecidamente prejudicam a camada de ozono - ODP (kg CFC-11)	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	●	3
Indicador 2: Quantidade de materiais construtivos que potencializam o aquecimento global - GWP (kg CO2)	1	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	2	3
Indicador 3: Quantidade de materiais construtivos que potencializam a acidificação - AP (kg SO2)	1	3	3	●	3	3	2	3	2	3	3	3	1	3
Indicador 4: Quantidade de materiais construtivos que potencializam a oxidação fotoquímica - POCP (kg.C2H4)	1	3	3	●	3	3	2	●	3	3	3	3	1	3
Indicador 5: Quantidade de materiais construtivos que potencializam a eutrofização - EP (kg PO4)	1	3	3	●	3	3	2	●	2	3	3	●	●	3
Indicador 6: Utilização de sistemas construtivos, materiais e equipamentos de baixa emissividade	2	3	3	3	3	3	2	●	3	3	3	3	1	3
Indicador 7: Medidas para assegurar que os procedimentos de manutenção gerem o mínimo de COV	2	3	3	●	3	3	2	●	3	3	3	3	2	3

Indicador	Pesq. 1	Pesq. 2	Pesq. 3	Pesq. 4	Pesq. 5	Pesq. 6	Pesq. 7	Pesq. 8	Pesq. 9	Pesq. 10	Pesq. 11	Pesq. 12	Pesq. 13	Pesq. 14
Indicador 1: Quantidade de renovações do ar por unidade de tempo	2	3	3	3	3	3	3	2	1	2	3	2	3	2
Indicador 2: Utilização de sistemas de filtragem do ar interior	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	2	3	2
Indicador 3: Percentagem de compartimentos destinados a longa permanência com aproveitamento da luz natural	2	3	3	3	3	2	3	●	3	2	3	3	3	3
Observações complementares	Pesquisador 6: Sugiro a alteração de categoria dos indicadores. Seria mais prudente a utilização da categoria "Saúde Humana" ao utilizar-se dos indicadores da qualidade do ar interno. Utilizar a qualidade do ar interno na categoria conforto estaria vinculada a uma melhoria e manutenção da temperatura interna.													
Indicador 4: Quantidade (lux) e distribuição da luz natural nos compartimentos destinados à ocupação humana	1	3	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	2	3
Indicador 5: Quantidade (lux) e distribuição da luz artificial nos compartimentos destinados à ocupação humana	0	3	3	3	3	1	3	3	1	3	3	2	2	3
Indicador 6: Adoção de elementos na edificação que permitam a integração visual do ambiente interno ao externo (paisagem)	1	3	3	3	3	1	2	2	3	2	2	3	2	3
Indicador 7: Privacidade visual das unidades habitacionais	1	3	1	2	3	1	3	3	3	3	●	3	2	2
Indicador 8: Transmissão sonora entre ambientes	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3
Indicador 9: Medidas de atenuação dos ruídos oriundos de equipamentos para o interior dos ambientes sociais	1	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3
Indicador 10: Partido arquitetônico que potencializa a conservação do calor interno	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Indicador 11: Proposição de técnica construtiva e materiais que otimizem o isolamento térmico	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Indicador	Pesq. 1	Pesq. 2	Pesq. 3	Pesq. 4	Pesq. 5	Pesq. 6	Pesq. 7	Pesq. 8	Pesq. 9	Pesq. 10	Pesq. 11	Pesq. 12	Pesq. 13	Pesq. 14
Indicador 12: Utilização de sistemas de climatização de acordo com as características térmicas e necessidades atribuídas a cada ambiente	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3
Indicador 13: Utilização de sistemas de climatização em conformidade com normas ou protocolo reconhecido	2	3	3	3	3	2	3	2	3	2	3	3	1	3
Indicador 14: Existência de ambientes adequados e que incentivem o convívio e a confraternização entre os usuários	2	3	3	2	3	1	3	3	3	3	2	3	3	2
Indicador 15: Uso de elementos de decoração que remetam à cultura do país de origem	1	3	3	1	●	1	2	2	3	1	2	3	1	2
Observações complementares	Pesquisador 8: Referente ao indicador "Utilização de sistemas de climatização em conformidade com normas ou protocolo reconhecido", nem sempre o que está normatizado vai atender a estação/condições extremas. Talvez devamos avaliar normas existentes e propor novas para edificações antárticas/extremas.													
Indicador 16: Conformidade de áreas com dimensões mínimas aceitáveis para cada ambiente	1	3	2	2	3	1	3	3	3	3	2	3	2	3
Indicador 17: Distribuição dos ambientes, promovendo circulação eficiente e não conflitante	1	3	3	2	3	1	3	2	3	3	2	3	2	3
Observações complementares														
Indicador 1: Implantação de saídas emergenciais próximo aos cômodos de longa permanência e de ambientes com concentração de pessoas	1	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3
Indicador 2: Adoção de medidas preventivas relacionadas à segurança pessoal e da edificação junto aos usuários	1	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3
Indicador 3: Projeto arquitetônico que contemple o isolamento entre setores para o caso de incêndio	1	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3

Indicador	Pesq. 1	Pesq. 2	Pesq. 3	Pesq. 4	Pesq. 5	Pesq. 6	Pesq. 7	Pesq. 8	Pesq. 9	Pesq. 10	Pesq. 11	Pesq. 12	Pesq. 13	Pesq. 14
Indicador 4: Treinamento obrigatório para usuários e gestores da edificação, tanto para ações de prevenção como de combate a acidentes	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3
Indicador 5: Utilização de sistema de iluminação no exterior do edifício para uso cotidiano e de segurança	1	3	0	3	2	2	3	2	3	3	2	3	1	3
Indicador 6: Criação de rotas e trilhas de segurança e de trabalho no exterior e no interior, com sistema de iluminação de emergência	1	3	0	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3
Indicador 7: Tempo necessário para uma pessoa localizada no local mais remoto do edifício chegar a um local seguro	1	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3
Indicador 8: Existência de abrigos exclusivos para uso em situação de emergência em locais protegidos e afastados das edificações de uso cotidiano	●	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	2	3
Observações complementares	Pesquisador 8: Eu acredito que em vez de usarmos abrigos exclusivos para uso em situações de emergência, eles possam ser multi uso. Ou seja, ter também outro uso que obviamente não o impeça de ser utilizado/reconfigurado rapidamente como abrigo.													
Indicador 1: Disponibilidade do projeto final para uso/análise de operadores e ocupantes	1	3	3	3	3	2	3	2	3	3	2	2	3	2
Indicador 2: Elaboração de manual de instalação, uso e manutenção (considerando a edificação e seus equipamentos)	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Indicador 3: Controlabilidade do consumo de água e energia	2	3	●	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3
Indicador 4: Controlabilidade da temperatura interna dos ambientes	2	3	●	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3
Observações complementares	Pesquisador 8: Quanto ao indicador 2, sugiro a produção de vídeos instrucionais e animações/modelos interativos para dinamizar o aprendizado/passagem de serviço e minimizar dúvidas. O operador poderá ter um celular/tablet no dia a dia e não obrigatoriamente aquela papelada. A versão impressa ficaria guardada a maior parte do tempo.													

Indicador	Pesq. 1	Pesq. 2	Pesq. 3	Pesq. 4	Pesq. 5	Pesq. 6	Pesq. 7	Pesq. 8	Pesq. 9	Pesq. 10	Pesq. 11	Pesq. 12	Pesq. 13	Pesq. 14
Indicador 5: Grau de controle sobre os sistemas principais que pode ser exercida pelos usuários	1	3	•	•	3	2	3	3	2	3	1	2	3	3
Indicador 6: Presença de sistema de controle informatizado de gestão do edifício	2	3	3	2	3	2	3	3	3	2	3	2	2	3
Indicador 7: Capacidade estrutural de suportar futuras modificações/ expansões	3	3	3	2	2	3	2	3	3	3	3	3	2	2
Indicador 8: Nível de dificuldade para alterar instalações ou equipamentos	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	2	2
Observações complementares	Pesquisador 8: Indicador "Grau de controle sobre os sistemas principais que pode ser exercida pelos usuários": Muito importante pois pode comprometer a segurança e o bom funcionamento dos sistemas. Já sobre o Indicador 7 e 8, é muito importante avaliar. Dependendo da edificação talvez seja melhor substituí-la no futuro (por inteira ou apenas partes de instalações e equipamentos). No futuro podem existir tecnologias muito melhores ou até incompatíveis.													
Indicador 1: Custo dos sistemas construtivos, instalações e equipamentos para execução	1	3	2	2	2	2	2	3	1	2	2	2	3	2
Indicador 2: Custo previsto no Ciclo de Vida da edificação	2	3	3	2	3	2	2	3	2	2	2	3	3	2
Observações complementares	Pesquisador 8: Muito importante, tanto para a gestão da planta (energia e equipamentos) quanto para o planejamento de futuras edificações em ambientes extremos. Pesquisador 10: Apesar do custo ser relevante, o retorno é mais relevante que o custo.													

APÊNDICE II

Estrutura *State- Pressure-Response*.

<i>State</i>	<i>Pressure</i>	<i>Response</i>
Temperaturas extremamente baixas	Alto consumo energético com sistemas de aquecimento	Partido arquitetônico que potencializa a conservação do calor interno Proposição de técnica construtiva e materiais que otimizem o isolamento térmico
	Possibilidade de desconforto térmico do usuário	Utilização de sistemas de climatização de acordo com as características térmicas e necessidades atribuídas a cada ambiente Controlabilidade da temperatura interna dos ambientes
	Enclausuramento de ambientes diante da baixa temperatura	Quantidade de renovações do ar por unidade de tempo Utilização de sistemas de filtragem do ar interior
Baixo índice de umidade absoluta em combinação com os fortes ventos	Favorecimento para a deflagração e propagação do fogo	Uso de materiais resistentes ao fogo Projeto arquitetônico que contemple o isolamento entre setores para o caso de incêndio
		Implantação de saídas emergenciais próximo aos cômodos de longa permanência e de ambientes com concentração de pessoas
Longos períodos de ausência de sol	Baixa visibilidade dos usuários na área externa à edificação	Utilização de sistema de iluminação no exterior do edifício para uso cotidiano e de segurança Criação de rotas e trilhas de segurança e de trabalho no exterior e no interior, com sistema de iluminação de emergência
		Forma aerodinâmica
Ventos fortes	Acúmulo de neve na fachada por a edificação funcionar como bloqueio à passagem do vento	

	Impacto ocasionado pelo vento na edificação	Uso de materiais e sistemas resistentes às pressões do vento Uso de materiais resistentes à vibração
Energias oriundas de combustíveis fósseis	Aumento da quantidade de emissões de substâncias nocivas pelo consumo de combustíveis fósseis	Sistemas de energia renovável como base energética para as edificações Consumo de energia anual estimada por ocupante no verão, kWh/m ² Consumo de energia anual estimada por ocupante no inverno, kWh/m ² Eficiência energética determinada pelo sistema de aquecimento Instalação de equipamentos economizadores de energia
Fauna e flora sensíveis às intervenções humanas	Fragilidade da fauna e flora à pressão sonora e interferência em seu habitat	Medidas de atenuação do nível de pressão sonora dos equipamentos Interferência na fauna e/ou flora nas etapas de construção e operação
Alto índice de radiação	Interferência no desempenho do material	Medidas de proteção contra raios UV para materiais de uso externo
Ausência de matéria prima local e de equipamentos especiais	Dependência de sistemas logísticos Possível falta de manutenção e equipamentos necessários para a realização de manutenção, ampliação ou reparo das edificações	Uso de materiais com longa vida útil e mínima necessidade de manutenção Técnica construtiva que facilita a substituição de peças e a futura desmontagem, bem como com potencial de reutilização ou reciclagem dos elementos da edificação Capacidade estrutural de suportar futuras modificações/ expansões Nível de dificuldade para alterar instalações ou equipamentos
Rápidas alterações climáticas	Curto espaço de tempo para construção	Utilização de sistema modular, pré-fabricado, e/ou de rápida execução

Ausência de mão de obra qualificada em combinação com as rápidas alterações climáticas	Possível desconhecimento dos usuários quanto ao funcionamento dos sistemas da edificação em situações que necessitam rápida montagem	Utilização de sistemas construtivos flexíveis e adaptáveis
Ausência de mão de obra qualificada	Possível desconhecimento dos usuários quanto ao funcionamento dos sistemas da edificação	Elaboração de manual de instalação, uso e manutenção (considerando a edificação e seus equipamentos)
Distância geográfica dos demais continentes	Execução e operação sem acompanhamento físico constante dos profissionais responsáveis pelo projeto e produção dos elementos construtivos	Grau de controle sobre os sistemas principais que pode ser exercida pelos usuários Disponibilidade do projeto final para uso/análise de operadores e ocupantes
Local ambientalmente protegido	Alteração do homem no meio ambiente Antártico	Interferência da técnica construtiva na configuração natural do solo/gelo
		Medidas para restaurar ou manter a funcionalidade original do ambiente natural
		Nível de antropização (interferência do homem no meio ambiente) do local de implantação
		Estanqueidade dos ambientes para controle de entrada/saída dos materiais biológicos em relação ao exterior
		Medidas para isolar áreas com potencial poluente
	Sensibilidade ambiental à deposição de resíduos	Quantidade de resíduos tóxicos gerados na fase de construção dos principais elementos construtivos da edificação
		Quantidade de resíduos tóxicos gerados na fase de manutenção dos principais elementos construtivos da edificação

		Geração de resíduos sólidos não-orgânicos na etapa de uso/operação da edificação
		Geração de resíduos sólidos não-orgânicos na etapa de descomissionamento ou desmonte da edificação
		Geração de resíduos líquidos nas etapas de uso/operação
		Utilização de sistemas de tratamento de resíduos líquidos
		Implantação de instalações para o armazenamento e triagem de resíduos sólidos
		Uso de embalagens de proteção para o transporte que permitam reutilização ou reciclagem
	Sensibilidade às emissões de substâncias nocivas	Quantidade de materiais construtivos que potencializam o aquecimento global - GWP (kg CO ₂)
		Quantidade de materiais construtivos que potencializam a acidificação - AP (kg SO ₂)
		Utilização de sistemas construtivos, materiais e equipamentos de baixa emissividade
População originária de outros continentes	Pressão psicológica referente à distância do ambiente familiar por longo período	Adoção de elementos na edificação que permitam a integração visual do ambiente interno ao externo (paisagem)
		Existência de ambientes adequados e que incentivem o convívio e a confraternização entre os usuários
		Uso de elementos de decoração que remetam à cultura do país de origem

Agressividade do meio	Possível degradação do material	Medidas de proteção anticorrosão para elementos metálicos de uso externo
	Possível vulnerabilidade dos usuários da edificação	Treinamento obrigatório para usuários e gestores da edificação, tanto para ações de prevenção como de combate a acidentes Existência de abrigos exclusivos para uso em situação de emergência em locais protegidos e afastados das edificações de uso cotidiano
Edificações realizados com base nos recursos financeiros dos países e instituições envolvidas	Indisponibilidade financeira de alguns países ou instituições	Custo dos sistemas construtivos, instalações e equipamentos para execução
		Custo previsto no Ciclo de Vida da edificação
Água em estado sólido e baixo índice de precipitação	Possível indisponibilidade de água na forma líquida, água da chuva, lagos de degelo próximos às edificações	Presença de água na forma líquida
		Distância da construção em relação aos corpos hídricos
	Alto consumo ou racionamento ocasionados por desperdícios ou pela má utilização dos recursos	Instalação de equipamentos economizadores de água
		Instalação de sistemas de identificação e prevenção de vazamentos e desperdícios
	Utilização de sistemas de reutilização das águas cinzas	
	Utilização de sistemas de reutilização das águas negras	

APÊNDICE III

Lista dos indicadores oriundos das ferramentas de avaliação que não foram utilizados na presente pesquisa.

- 1 Vulnerabilidade a inundação
- 2 Proximidade do sítio ao transporte público
- 3 Relação com usos do entorno
- 4 Incentivo ao transporte não autorizado
- 5 Compensações para polos geradores de tráfego
- 6 Provisão de espaços verdes
- 7 Uso de plantas nativas ou adaptadas
- 8 Eficiência energética do sistema de ar condicionado
- 9 Uso de materiais produzidos na região
- 10 Conforto térmico proporcionado pelo sistema de ar condicionado
- 11 Controlabilidade dos sistemas de ar condicionado
- 12 Uso de ar condicionado de baixo impacto ambiental
- 13 Coleta seletiva de resíduos sólidos na obra
- 14 Poluição luminosa noturna
- 15 Acessibilidade universal
- 16 Utilidade social da função do edifício
- 17 Criação de zonas intermediárias ligando a edificação ao entorno
- 18 Criação de elementos que tornem agradável a passagem do transeunte
- 19 Abrangência da cobertura vegetal
- 20 Compatibilidade com a configuração urbana
- 21 Maximização do uso do terreno (densidade)
- 22 Criação de áreas de conectividade com a comunidade
- 23 Provisão de espaços para transporte alternativo (ex. bicicletários)
- 24 Planejamento com maior porcentagem de áreas abertas
- 25 Planejamento de sistemas de captação de água da chuva (Quantidade)
- 26 Planejamento de sistemas de captação de água da chuva (Qualidade)
- 27 Medidas de redução do efeito ilha de calor (construção)
- 28 Medidas de redução do efeito ilha de calor (cobertura)
- 29 Medidas que limitam ou eliminam o uso de água potável para irrigação
- 30 Construção compatível com a prioridade regional
- 31 Recuperação de áreas alagadas
- 32 Reflorestamento de áreas próximas ao terreno

- 
- 33 Fornecimento de sombras por árvores
 - 34 Uso da vegetação para diminuir a temperatura em ambiente externo
 - 35 Redução d necessidade de irrigação a partir do uso de plantas nativas ou resistentes
 - 36 Elaboração de áreas de convívio infantil
 - 37 Impacto da orientação da edificação na ventilação natural do entorno
 - 38 Conectividade com as rodovias
 - 39 Resíduos radioativos resultantes da fase de operação
 - 40 Impacto na luz natural das edificações vizinhas
 - 41 Impacto dos usuários das edificações na vizinhança
 - 42 Nível de concentração de fungos no ar interno
 - 43 Atenuação do ruído externo
 - 44 Risco dos ocupantes de incidentes com inundação
 - 45 Risco dos ocupantes de incidentes com terremoto
 - 46 Risco dos ocupantes de incidentes com dispositivos explosivos
 - 47 Risco dos ocupantes de incidentes envolvendo substancias químicas
 - 48 Eficiencia volumétrica
 - 49 Impacto visual do design da edificação no desenho urbano (vias)
 - 50 Manutenção do valor patrimonial de edifícios reutilizados
 - 51 Impacto da edificação nos corredores de vento
 - 52 Percentual de utilização e desenvolvimento do terreno
 - 53 Risco de investimentos no projeto
 - 54 Acessibilidade do valor de aluguel das unidades residenciais
 - 55 Controle de acesso às redes coletivas de distribuição
 - 56 Acesso da vizinhança ao sol
 - 57 Acesso da vizinhança às vistas
 - 58 Acesso da vizinhança à saúde
 - 59 Redução dos incomodos causados por elementos do canteiro de obras