

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

IAGO CAMOZZATO SCHERER

**ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA ESTAÇÃO CIENTÍFICA CRIOSFERA 1,
CONSTRUÍDA NA ANTÁRTICA**

PATO BRANCO

2023

IAGO CAMOZZATO SCHERER

**ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA ESTAÇÃO CIENTÍFICA CRIOSFERA 1,
CONSTRUÍDA NA ANTÁRTICA**

**CONSTRUCTIONS ASPECTS OF THE CRIOSFERA 1 SCIENTIFIC
ESTATION, BUILD IN ANTARTIC**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Prof. Dra. Paola Regina Dalcanal.

PATO BRANCO

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

IAGO CAMOZZATO SCHERER

**ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA ESTAÇÃO CIENTÍFICA CRIOSFERA 1,
CONSTRUÍDA NA ANTÁRTICA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 22/junho/2023

Paôla Regina Dalcanal
Doutorado em Engenharia Civil
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Volmir Sabbi
Doutorado em Educação
Universidade Estadual de Maringá

Elizângela Marcelo Siliprandi
Doutorado em Engenharia de Produção
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

PATO BRANCO

2023

Dedico esse trabalho aos cientistas e pesquisadores, que ele possa ser útil e ajudar os próximos projetos e pesquisas.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, começo meus agradecimentos com a instituição de ensino Universidade Tecnológica Federal do Paraná, ao Campus de Pato Branco e ao governo federal por possibilitar não só a mim, mas também a milhões de alunos no Brasil ensino superior com qualidade e gratuitamente.

Dentro da universidade, agradecer a todos os professores do Departamento de Engenharia Civil pelo esforço, esmero e dedicação nas suas funções de professores. Um corpo docente que se destaca entre os cursos pela sua qualidade, eficiência e principalmente pela conexão e compreensão para com os alunos. Um exemplo a ser seguido dentro do Campus e também em outras instituições de ensino.

Especificamente a minha orientadora Prof. Dra. Paôla Regina Dalcanal que aceitou meu pedido completamente fora do planeta Terra e embarcou comigo nessa jornada cheia de reviravoltas e sempre esteve ali disposta a orientar e buscar soluções e ideias para seguir em frente com o trabalho.

Uma menção mais que honrosa ao Marcelo Sampaio, pesquisador do INPE e engenheiro participante da expedição de implantação do módulo Criosfera1 pela disposição extrema em cooperar com o meu trabalho fornecendo muitas informações, dados, relatos e materiais que compuseram grande parte desse.

Por fim, mas não menos importante, aos meus próximos. Minha mãe, meu pai pelo apoio e incentivo ao estudo, meu avô e minha avó por também sempre estarem dispostos a me ajudar e a incentivar meus estudos e meus amigos que se fizeram presente durante a graduação e a trajetória acadêmica e além disso, também nos momentos de descontração para mitigar os pesos da vida.

“não permaneça sempre na estrada principal, indo apenas onde os outros já foram seguindo um atrás do outro como um rebanho de ovelhas. Ocasionalmente, deixe a trilha já traçada e mergulhe na floresta. Cada vez que você fizer isso, certamente encontrará algo que nunca viu antes.”

(BELL; ALEXAMDER GRAHAM, 1914).

RESUMO

O continente Antártico se sobressai não só como um detentor de recursos naturais incalculáveis, mas também como um grande laboratório comum ao mundo. Em mente dessas características, os países tem interesse em manter presença no continente e o Brasil é um desses países e ainda com papel de liderança. Por isso, esse trabalho de conclusão de curso almeja levantar várias questões pertinentes voltadas para a engenharia civil quando se pensa em planejar edificações (módulos de pesquisa científica) em solo antártico. Fazendo um levantamento bibliográfico em volta dos temas pertinentes para galgar esse objetivo, pesquisas de conquistas já alcançadas até aqui e relatos pessoais de um integrante da expedição Criosfera1 o trabalho conseguiu reunir os parâmetros mais pertinentes e evidenciar um panorama amplo das condições que o continente antártico impõe para essa edificação. Concluindo que para lançar-se em um projeto desses é preciso estar disposto a condições ímpares de trabalho. Lidar com uma equipe multidisciplinar, questões de logística extremas e cruciais, condições de transportes únicos, um planejamento impecável para que não ocorram imprevistos no final e muita coragem são pré-requisitos básicos exigidos.

Palavras-chave: Antártica. Módulo científico. Criosfera1. Parâmetros de projeto.

ABSTRACT

The Antarctic continent highlights its-self not only for being a holder of incalculable natural resources, but also as a great laboratory common to the world. In mind of this characteristics, countries have interests in maintain presence on the continent and Brazil is one of these countries and still has a leading role. That's why this final paper seeks bring up several pertinent questions focused for civil engineering when planning edification (scientific research modules) on Antarctic land. Doing bibliographic researches around pertinent themes to active this goal, looking for material on achievements already achieved and personal reports of one integral member of Criosfera1 expedition the final paper managed to gather some more relevant standards and point a wide panorama of the conditions that the Antarctic continent imposes for this construction. Concluding that in order to embark on such a project, one must be willing to work in unique conditions. Dealing with a multidisciplinary team, extreme and crucial logistical issues, unique transport conditions, impeccable planning so that unforeseen events do not occur in the end and a lot of courage are basic prerequisites required.

Keywords: Antarctic. Scientific module. Criosfera1. Project parameters.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figure 1- Capitão James Cook	1
Figure 2- Principais topônimos antárticos.....	2
Figure 3 - Representações do Continente Antártico em relação a: A) América do Sul, B) Brasil.....	24
Figure 4 - Instalação dos painéis solares.....	27
Figure 5 - Instalação das turbinas eólicas	28
Figure 6 - Sistema de baterias para armazenamento da energia produzida.....	29
Figure 7 - Trajeto de Rio de Janeiro até São José Dos Campos	30
Figure 8 - Trajeto de São José Dos Campos até Porto Alegre	30
Figure 9 - Trajeto de Porto Alegre até Punta Arenas	31
Figure 10 - paralelos da Antártica.....	32
Figure 11 - Avião Ilyushin IL - 76 TD	33
Figure 12 - Reboque usado para chegar até o paralelo 84	34
Figure 13 - Container Dry Box 20 pés.....	35
Figure 14 - Sistemas de pés de apoio do módulo criosfera 1	36
Figure 15 - Peça do teto do módulo criosfera1	37
Figure 16 - Vista norte do modelo Criosfera1	39
Figure 17 - Zoom em um parafuso Olhal do módulo Criosfera1	40
Figure 18 - Disposição dos quatro parafusos Olhal no módulo Criosfera1.....	40
Figure 19 - Deslocamentos verticais (mm).....	42
Figure 20 - Diagrama de esforços axiais e momentos fletores de um contêiner.	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Trajetória percorrida pelo módulo Criosfera1 dentro do Brasil até a posição final, autoria própria, 2023.	32
Tabela 2 - Relação de empresas e seus respectivos produtos de aços patináveis disponíveis no mercado brasileiro (Adaptado de CBCA,2016).....	38
Tabela 3 - Levantamento de cargas.....	41
Tabela 4 - Deslocamentos em relação as combinações e empilhamentos.....	42
Tabela 5 - esforços solicitantes e deslocamentos nos elementos de barra de um contêiner, adaptado de FRANÇA JUNIR 2017.	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALE	Antarctic Logistic & Expeditions
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INCT da CRIOSFERA	Instituto Nacional de Ciência e tecnologia da Criosfera
PRONATAR	Programa Antártico Brasileiro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	OBJETIVOS	4
1.1.1	Objetivo Geral.....	4
1.1.2	Objetivos Específicos	4
1.2	Justificativa	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1	Definição de colonização	7
2.2	Necessidades humanas	7
2.3	Ambientes hostis	9
2.4	Projeto arquitetônico	9
2.5	Análise estrutural	11
2.5.1	Histórico	11
2.5.2	Ações	12
<u>2.5.2.1</u>	<u>Ações permanentes</u>	<u>13</u>
<u>2.5.2.2</u>	<u>Ações acidentais</u>	<u>13</u>
<u>2.5.2.3</u>	<u>Ações ambientais</u>	<u>13</u>
2.5.3	Esforços internos.....	14
<u>2.5.3.1</u>	<u>Equilíbrio</u>	<u>15</u>
<u>2.5.3.2</u>	<u>Apoios</u>	<u>15</u>
<u>2.5.3.3</u>	<u>Determinação da estrutura</u>	<u>16</u>
2.5.4	Estruturas indeterminadas.....	17
<u>2.5.4.1</u>	<u>Método da flexibilidade</u>	<u>17</u>
<u>2.5.4.2</u>	<u>Método da distribuição de momentos</u>	<u>18</u>
2.6	Logística	19
2.7	Energias Sustentáveis	20
3	METODOLOGIA	23
4	PROJETANDO E CONTRUINDO NA ANTÁRTICA	24
4.1	O CONTINENTE	24
4.2	GESTÃO DE RESÍDUOS E GERAÇÃO DE ENERGIA	25
4.3	LOGÍSTICA DE TRANSPORTE	29

4.4	PARÂMETROS DE PROJETO DO MÓDULO CIENTÍFICA CRIOSFERA	
1	32
4.5	MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO E REVESTIMENTO DO MÓDULO DE	
	PESQUISA.....	36
4.6	PARÂMETROS PARA ANÁLISE ESTRUTURAL DO MÓDULO DE	
	PESQUISA.....	38
4.6.1	DESCRIÇÃO DE UMA ANÁLISE ESTRUTURAL DE CONTEINERS	41
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
	REFERÊNCIAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

Desde o surgimento do que viriam a ser os descendentes do homem moderno até a atual situação da humanidade, uma característica motriz do nosso comportamento sempre se sobressai às demais: a curiosidade em descobrir os limites do universo.

Sejam os gregos explorando o mar mediterrâneo, os vikings buscando terras com melhores condições, os exploradores portugueses e espanhóis explorando o mundo e, até mesmo, os astronautas dando os primeiros passos em direção ao espaço. Todos esses acontecimentos tiveram também como base a curiosidade em descobrir o que está além.

Foi esse sentimento que levou o capitão britânico James Cook (figura 1) a passar três anos (1772 a 1775) em busca de um continente ao sul que acreditavam existir para “equilibrar” a terra no Hemisfério Norte. Denominada de *Terra Australis Incognita* ('terra desconhecida do Sul'), o atual continente Antártico pareceu impossível de ser alcançado fazendo com que o capitão desistisse da busca, apesar de que, sem saber, ficou apenas a 128 quilômetros do continente, segundo matéria da National Geographic (2020): Quem realmente descobriu a Antártida? Depende para quem você pergunta.

Figure 1- Capitão James Cook



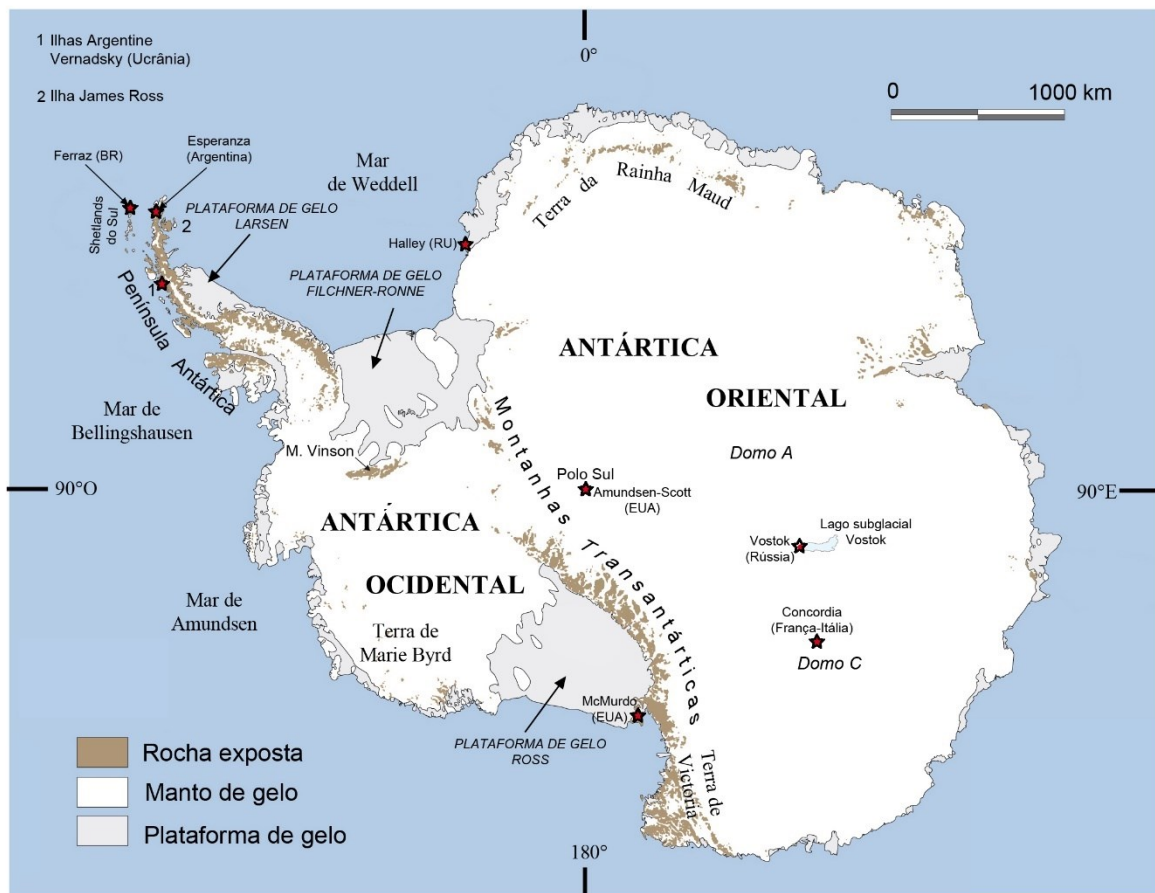
Fonte: National Geographic, 2020

Ainda segundo matéria da National Geographic (2020): Quem realmente descobriu a Antártida? Depende para quem você pergunta, anos depois, em 1819, incentivados por rivalidades internacionais e pelo possível lucro comercial de peles de

foca, bem como pela competição global por território, Rússia, Inglaterra e Estados Unidos foram em direção a Antártica.

Então, o Capitão Fabian von Bellingshausen, a comando da Rússia, navegou mais ao sul que Cook e, em 1820, avistou gelo sólido que, provavelmente, era uma plataforma de gelo anexada ao continente, e que agora é conhecida como Terra da Rainha Maud, ilustrada na figura 2.

Figure 2- Principais topônimos antárticos



Fonte: INCT da Crisofera, 2023

Bellingshausen não estava sozinho, pois, três dias depois, o oficial da Marinha britânica Edward Bransfield avistou a ponta da Península Antártica. Os norte-americanos também não estavam longe, o caçador de focas e explorador John Davis foi a primeira pessoa a pisar em terras antárticas em 1821, finalizando a matéria da National Geographic (2020): Quem realmente descobriu a Antártida? Depende para quem você pergunta.

Essas explorações, que foram até 1883 e após, de 1932 a 1933, são classificadas como primeiro e segundo Ano Polar. Então, em 1950, o então denominado Conselho Internacional de Uniões Científicas, hoje Conselho internacional para Ciência – International Council for Science (ICSU), discutiu a realização de um terceiro ano polar (MINISTÉRIO DA DEFESA - MARINHA DO BRASIL, 2022).

O Ano Geofísico Internacional (AGI) como ficou conhecido como o terceiro ano polar e durou de julho 1957 a dezembro de 1958. Porém, após seu fim os países atuantes não desativaram suas estações demonstrando o interesse na região (MINISTÉRIO DA DEFESA - MARINHA DO BRASIL, 2022).

Em face dos acontecimentos, em 1958 foi realizada a convenção dos Estados Unidos em que as nações envolvidas participaram da Conferência de Washington para discutir o futuro do continente (MINISTÉRIO DA DEFESA - MARINHA DO BRASIL, 2022).

O resultado foi que os doze países participantes assinaram em 1º de dezembro de 1959 o Tratado da Antártica, que entrou em vigor em 23 de junho de 1961 e hoje conta com 55 países membros, sendo 29 membros consultivos. O Brasil aderiu ao tratado em 1975 e em setembro de 1983 tornou-se membro consultivo (MINISTÉRIO DA DEFESA - MARINHA DO BRASIL, 2022).

Com 29 países detentores de bases científicas na Antártica, o continente se mostra mais que importante para estudos científicos. Devido às condições do local, é um fundamental laboratório para estudos que necessitem de temperaturas extremamente negativas, estudo do gelo e da neve, dos animais que ali vivem, efeitos da temperatura no corpo humano, assim como estudos astronômicos especiais.

Também, o continente é responsável por influenciar fortemente o clima do mundo e em especial da América do Sul. Outro ponto de estudo fundamental (PRONATAR, 2022).

Considerando a importância desse espaço territorial, o Brasil mantém desde 1982, por meio do Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR), atividades de pesquisa na Antártica. Seja na Estação Antártica Comandante Ferraz, seja a bordo de navios, nos refúgios, no módulo Criosfera 1 -objeto desta pesquisa- em acampamentos instalados em sítios de difícil acesso (PRONATAR, 2022).

Essa presença estabelecida e/ou futuras manutenções ou expansões dependem da disponibilidade de uma estrutura para tornar possível a pesquisa das

ciências, vide exemplo da Estação Antártica Comandante Ferraz. E, para tal, a presença de um Engenheiro Civil se torna indispensável.

No âmbito acadêmico, o presente trabalho busca esclarecer fatores decisivos na tomada de decisão para o projeto e execução de obras no continente antártico, mais especificamente da estação científica Criosfera1. Esse trabalho foi feito por meio de pesquisa sobre o que foi realizado através do material divulgado e, também, através da entrevista com um dos engenheiros responsáveis pela iniciativa de tirar o módulo do papel e também participar da expedição de implantação desse. Esse trabalho está dividido em: revisão bibliográfica, em que se fez um levantamento a cerca dos tópicos que foram abordados no trabalho; metodologia, que descreve como o trabalho foi desenvolvido; o corpo do trabalho onde toda a pesquisa foi detalhada, dados levantados, parâmetros definidos e; por fim, as considerações finais, que contém uma reflexão sobre o que foi levando, o que é interessante, pontos de melhoria e possíveis trabalhos futuros.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Descrever os aspectos construtivos da estação científica CRIOSFERA 1, construída na Antártica, e suas necessidades em termos de projeto, logística, execução e manutenção.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Discriminar o ambiente Antártico;
- Descrever a forma de coleta, armazenamento e destinação de resíduos na Antártica;
- Comentar sobre alguns parâmetros de projetos relativos à estação de pesquisa Criosfera1, como: dimensões, soluções relativas ao transporte, acúmulo de neve, geração de energia, uso e manutenção do módulo;

- Descrever os materiais utilizados para construção e acabamentos da Criosfera 1;

1.2 Justificativa

Apesar de, originalmente, o interesse no continente Antártico ter-se iniciado com intuítos exploratórios, hoje em dia a visão sobre ele é diferente. Segundo o Ministério da Defesa – Marinha do Brasil (2022) a Antártica é o principal regulador térmico do Planeta, controlador das circulações atmosféricas e oceânicas e grande influenciador do clima e das condições de vida na Terra. Esses aspectos mostram a importância científica sobre o funcionamento do continente e a sua relevância para todo o planeta.

Não só isso, politicamente falando, o continente é detentor da maior reserva de gelo (90%) e água doce (70%) do planeta, além de possuir recursos minerais e energéticos incalculáveis. Também fornece condições de treinamento, convivência e operações ímpares, já que é conhecido como o continente dos superlativos: o mais alto, o mais ventoso, o mais frio, o mais seco e o mais inóspito (MINISTÉRIO DA DEFESA - MARINHA DO BRASIL, 2022).

Cientificamente falando, estão preservadas nas camadas de gelo do continente informações pretéritas sobre alterações ambientais, mudanças climáticas e o impacto humano que ocorreram no Hemisfério Sul e na América do Sul. A elevação do nível do mar, que está diretamente ligada ao continente e, pôr fim, a microbiologia antártica com um enorme potencial para descoberta de produtos e processos que possam contribuir para o desenvolvimento da medicina e áreas afins, são também motivos decisivos para se voltar ao estudo e operação em solo antártico (PRONATAR, 2022).

Somando-se a tudo isso, existe o fato do desafio a possibilidade de crescimento e/ou desenvolvimento em se arriscar a explorar um ambiente hostil, como a Antártica. Que, além das características próprias de sua geografia, devido ao seu isolamento, realizar uma atividade de projeto, execução e operação de edificações traz uma gama de problemas a serem superados.

Interferir nesses locais cuja exuberância do ambiente natural é um dos condicionantes de projeto, associado às dificuldades logísticas para a operacionalização e posterior uso das edificações requer,

necessariamente, um esforço de equipe e uma coordenação que mantenha como elemento norteador o caráter global da problemática. (ALVAREZ, 2003, p. 6).

Diante disso, relembro alguns dos deveres do engenheiro civil segundo o Confea (2023), tem-se no Artigo 9º, parte V que dita os deveres da profissão ante ao meio:

- orientar o exercício das atividades profissionais pelos preceitos do desenvolvimento sustentável;
- atender, quando da elaboração de projetos, execução de obras ou criação de novos produtos, aos princípios e recomendações de conservação de energia e de minimização dos impactos ambientais;
- considerar em todos os planos, projetos e serviços as diretrizes e disposições concernentes à preservação e ao desenvolvimento dos patrimônios sociocultural e ambiental.

Sendo assim, objetivar dentro do âmbito da engenharia civil, manter-se íntegro aos seus deveres profissionais ao executar uma construção na Antártica eleva o nível de desafio para muito além do cotidiano.

E isso, por sua vez, apesar de todos os obstáculos apresentados para o desenvolvimento do trabalho, também agrega experiência ao profissional, no entendimento das soluções adotadas em um projeto não convencional. E também ao acadêmico na busca de desenvolver novas soluções.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Definição de colonização

Quando ocorre o deslocamento de uma população para uma nova região, seja por que motivo for: econômico, político, social, cultural, etc., com o intuito de estabelecer assentamento definitivo ou temporário, tem-se o fenômeno de migração (SILVEROL; GOIS, 2020).

Ainda, as migrações ocorrem devido a necessidades de sobrevivência. Como por exemplo busca de alimentos, proteção, fugas, mudanças climáticas ou catástrofes naturais (SILVEROL; GOIS, 2020).

Porém, para Silverol e Gois (2020), desde os séculos XIV e XV, devido à era das grandes descobertas, os padrões migratórios mudaram. Nos séculos seguintes, os continentes americano, africano e parte do continente asiático foram acometidos por correntes migratórias com o intuito de conquistar, explorar e colonizar essas regiões.

Na perspectiva mais geral – a das relações entre os homens e a paisagem, que é o ângulo de observação dos geógrafos -, a colonização se apresenta como uma modalidade das migrações humanas, como uma forma evoluída de elaboração do ecúmeno. (SORRE, 1955, pp. 125-ss apud NOVAIS, 1969, p. 25).¹

Então, Novais (2005) conclui que os deslocamentos populacionais se definem na humanização da paisagem terrestre, expansão da área de habitação humana e envolve sempre povoamento e valorização de novas regiões.

2.2 Necessidades humanas

O ser humano, apontou Maslow (1943), apresenta uma hierarquia de necessidades que precisam ser atendidas para que esse possa se motivar a viver. Na base da pirâmide estão as necessidades fisiológicas.

¹ SORRE, Maximilien. **Les Migrations des peuples. 1955.**

Maslow (1943) relata que, quando as necessidades fisiológicas não são atendidas, como a fome por exemplo, todas as outras necessidades são deixadas em segundo plano e então o indivíduo tem seu total foco em suprir a necessidade fisiológica.

Então, as necessidades fisiológicas como ar, comida, bebida, abrigo, roupas, aquecimento, sono e sexo são requisitos para a sobrevivência humana. Se não satisfazer essas necessidades o corpo não funcionara corretamente (MCLEOD, 2022).

Subindo nessa pirâmide, Maslow (1943) elenca um segundo conjunto de necessidades para quando as fisiológicas forem supridas: as necessidades de segurança.

McLeado (2022) acrescenta que as pessoas querem viver em ordem, previsibilidade e controle. Isso pode ser atingido pela família e sociedade (como por exemplo polícia, escolas, negócios e tratamentos médicos), segurança emocional e financeira, leis, viver sem medo, estabilidade social, bem estar, etc.

Mais alto ainda, surgem as necessidades de amor – agora suprido fisiologicamente e seguro o indivíduo sentirá um anseio por relações afetivas, seja um amigo, um(a) companheiro(a) ou crianças. (MASLOW, 1943), até para se sentir pertencente. Uma vez que o pertencimento se refere a um sentimento humano de necessidade de relacionamentos interpessoais, afiliações, conectividade e ser parte de um grupo (MCLEOD, 2022).

O próximo degrau de necessidades para Maslow (1943) são as de estimas. A grande maioria das pessoas tem uma necessidade ou desejo de serem reconhecidas, valorizadas pelos outros e por elas mesmas.

Finalmente, o desejo de autorrealização em que Maslow (1943) define como sendo a necessidade de atingir o limite da sua capacidade. Chegar em um patamar de excelência em que ele se encontre no limite do seu conhecimento e se depare com novas possibilidades de desenvolvimento pessoal.

2.3 Ambientes hostis

Para Tiago Stein et al. (2018), meio ambiente é definido como a integração entre elementos naturais, físicos, populacionais, culturais e artificiais criados pelo homem.

Agora, a palavra 'hostil', segundo o dicionário da Oxford Languages (2023), traz o significado de algo que se opõe, adversário, desfavorável.

Juntado as duas definições, temos que um ambiente hostil é aquele cujas características naturais, físicas, populacionais, culturais e ou artificiais, individualmente ou em conjunto, operam de maneira contrária ou desfavorável a algo ou alguém.

2.4 Projeto arquitetônico

A origem do verbo projetar é a palavra latina *proiectus*, que é a união do prefixo *pro* (à frente) com *iactus* (particípio passado do verbo *iacere*, jogar). Esse "jogar à frente" chegou até nós com o sentido de planejar algo. Logo, o projeto arquitetônico corresponde ao planejamento da arquitetura. (SANTOS et al., 2021, p. 12).

O projeto arquitetônico representa, previamente, a forma do edifício que se deve construir. Para tal, deve ser elaborado levando em considerações as condições do terreno, as necessidades do cliente, condições legais e demais características relevantes para esse caso (CORNETET; PIRES, 2016).

Continuando, Cornetet e Pires (2016) afirmam que para executar o levantamento de dados de arquitetura é preciso considerar as características do terreno que você irá intervir como: orientação solar, topografia, ventos predominantes, entorno, etc. Bem como conhecer as necessidades do cliente no que diz respeito a edificação. Uso, público-alvo, dinâmica dos espaços entre outros irá definir o programa de necessidades.

Na sequência, Santos et al. (2021) dizem que, quando um cliente quer fazer um projeto, ele já tem alguma ideia do que pretende, ou seja, o programa de necessidades dele. Uma casa, uma edificação, uma sala comercial. Também já pode ser mais detalhada como um piso, três, quartos ensolarados, piscina etc.

Cruzando o levantamento de dados com o programa de necessidades é possível testar alternativas volumétricas que satisfaçam exigências legais e as do cliente (CORNETET; PIRES, 2016).

Seguindo o processo, o estudo preliminar é onde você irá utilizar todo o levantamento anterior como embasamento para tomar decisões projetuais de um partido ou conceito arquitetônico, consultando colaboradores das demais disciplinas, para alinhar necessidades específicas definidas por eles (CONTET; PIRES, 2016).

Mano et al. (2018) diz que a funcionalidade é entrelaçada com o propósito da edificação. A funcionalidade dentro da arquitetura está ligada ao fato de que a arquitetura ajude no uso da edificação fazendo com que o propósito dessa seja alcançado com praticidade e eficiência.

Então, o anteprojeto de arquitetura ou de pré – execução é aquele em que serão produzidas informações técnicas relativas à edificação, ambientes externos e internos, todos os seus elementos e componentes construtivos relevantes.

Após a elaboração do anteprojeto é preciso adequá-lo as legislações pertinentes além de normas técnicas que regem a construção (CORNETET E PIRES, 2016).

Por fim, tem-se o projeto para execução de arquitetura. Esse projeto serve para assegurar que todas as intenções de arquitetura e demais disciplinas estejam documentadas para que não haja deficiência de informações que prejudiquem o projeto.

Dentro da etapa de um projeto que visa resolver os problemas encontrados em ambientes hostis, Alvares (2023) elenca uma série de fatores que devem ser levantados visando a concepção desse. Sendo eles:

- Fatores físicos: clima, solo, infraestrutura disponível em terra, terremotos e alagamentos, rochas pontiagudas com raras áreas planas e violência dos mares no entorno;
- Fatores logísticos: meios de transporte, recursos financeiros disponíveis, mão de obra para a confecção e montagem, reduzido tempo para as atividades e dificuldade para o abastecimento e manutenção;
- Fatores ambientais: inserção na paisagem, consumo de energia e água potável, materiais construtivos básicos, impacto ambiental, resíduos líquidos e resíduos sólidos;

- Fatores psicológicos: público alvo e sensação de confinamento e insegurança.

2.5 Análise estrutural

2.5.1 Histórico

A história da análise estrutural, apesar de seu progresso mais notável estar contido nos últimos 175 anos, vem sendo desenvolvida ao longo de milênios. Desde os antigos egípcios construindo pirâmides a 3.000 anos a.C., aos gregos desenvolvendo o que hoje conhecemos como matemática, passando pelos romanos com suas estruturas em arcos semicirculares até os séculos II e III a.C. Destaca-se, também, a contribuição matemáticos desconhecidos hindus, que criaram o que hoje chamamos de sistema hexadecimal, que foi absorvido pelos árabes e, então, incorporado na cultura Europeia para que, finalmente, por volta do século XIX se desenvolvesse a área da ciência da mecânica (ou resistência) dos materiais para culminar no desenvolvimento das análises estruturais (MCCORMAC, 2019).

Leet, Uang e Gilbert (2009) dizem que um engenheiro ou arquiteto, no exercício da profissão, sempre estará envolvido em projetos. Sejam eles prédios, pontes ou outras estruturas o profissional terá a obrigação de tomar decisões técnicas sobre o sistema estrutural que atendera essa estrutura.

Acrescenta ainda que, essas decisões devem englobar a forma mais eficiente, econômica e atraente além de atender critérios de segurança e ainda atender não só as solicitações finais como também as solicitações da sua execução (LEET; UANG; GILBERT, 2009).

Já McCormac (2019) define o projeto estrutural como sendo a concepção e dimensionamento da estrutura como um todo e também suas partes de maneira que essa possa suportar todas as cargas a que está submetida, de maneira satisfatória.

Detalhando ainda mais o projeto estrutural, McCormac (2019) caracteriza um leiaute geral, configurações alternativas que possam ser mais viáveis, carregamentos, análise preliminar, soluções possíveis, seleção de uma solução e análise do projeto final.

“Á análise estrutural é a previsão do desempenho de uma dada estrutura sob cargas prescritas e/ou outros efeitos externos, como os movimentos dos apoios e as mudanças de temperatura [...]” (KASSIMALI, 2015, p.3).

Kassimali (2015) ainda dita que, apesar de existirem códigos de orientação para os projetistas se fazerem valer de valores e condições de projetos esses valores usualmente são mínimos. Cabendo ao profissional determinar características únicas da região. Se a região é muito hostil e apresenta condições de ventos muito severas ou grande variação de temperatura, esses parâmetros não podem ser deixados de serem avaliados minuciosamente para o projeto em questão.

Leet, Uang e Gilbert (2009) acrescentam ainda que, essas características endêmicas como condições do solo, sobrecargas, pressões do vento, cargas de neve, gelo e terremotos são de extremo interesse quando se está projetando.

E como em um local bastante hostil, essas características são geralmente acrescidas. O que traz valores maiores e por consequência estruturas mais robustas e soluções estruturais, às vezes, requintadas no mesmo nível de dificuldade que o ambiente propõe.

2.5.2 Ações

“[...] a estimativa exata do valor e da natureza das cargas que as estruturas terão que suportar durante suas vidas é provavelmente a tarefa mais importante do projetista.” (MCCORMAC, 2019, p. 12).

Com o objetivo de construir estruturas seguras e econômicas no intuito de proteger o público de construções de baixa qualidade existem os códigos de construção e de projeto que especificam e padronizam os principais detalhes da análise, projeto e construção de prédios, equipamentos e pontes (LEET; UANG; GILBERT, 2009).

Dentre as ações atuantes, Kassimali (2015) classifica-as em três classes: as que solicitam a estrutura durante toda sua vida útil chamadas de ações permanentes (1); as cargas que se movimentam ou móveis, que atuam na estrutura por um período de tempo e depois não atuam mais, chamadas de ações acidentais (2) e por fim as ações causadas pelo meio ambiente, tais como vento, neve, terremotos, chamadas de ações ambientais (3).

2.5.2.1 Ações permanentes

Leet, Uang e Gilbert (2009) elencam as cargas variáveis como o peso próprio da estrutura em si, pisos, tetos, lajes, vigas. Também se soma a essa parcela do carregamento as cargas oriundas de instalações complementares como tubulações fixadas na estrutura, paredes e outros equipamentos pertinentes como máquinas de laboratório.

Ainda, o carregamento permanente deve ser determinado com base nos projetos arquitetônicos, mecânicos, elétricos para que o engenheiro estrutural, McCormac (2019) aponta, possa determinar os tamanhos dos elementos estruturais para que esses possam atender tanto às solicitações como ao leiaute idealizado.

“As cargas permanentes são cargas gravitacionais de magnitude constante e posições fixas que atuam permanentemente na estrutura.” (KASSIMALI, 2015, p. 26).

2.5.2.2 Ações acidentais

São cargas decorrentes do uso da estrutura que atuam em posições diferentes dessa no decorrer do tempo, geralmente se agrega as cargas acidentais as cargas ambientais. Porém, o tratamento estatístico dessas são diferentes (KASSIMALI, 2015).

Elas podem variar o módulo e posição ao longo do tempo devido a ocupação, uso e manutenção da edificação (MCCORMAC, 2019).

Na atualidade, como descrevem Leet, Uang e Gilbert (2009), os códigos de construção baseiam-se no padrão ASCE, que relaciona a abrangência das cargas de projeto com o real desempenho das edificações.

2.5.2.3 Ações ambientais

Quando ocorre a precipitação e na superfície do elemento analisado ela empoça, esse empoçamento deforma o elemento, causando uma depressão que, por sua vez, acumula mais água que, por sua vez, aumenta a depressão e assim sucessivamente até que se alcance o equilíbrio ou o elemento venha a colapsar (MCCORMAC, 2019).

Já o vento, como observado em furações, pode vir a exercer uma força intensa na estrutura. Já que esses ventos têm capacidade de quebrar galhos de árvores, destelhar casas e quebrar janelas (LEET; UANG; GILBERT, 2009).

Essas cargas podem variar conforme a localização geográfica da estrutura, entornos e a própria aerodinâmica do edifício em si como relata Kassimali (2015).

Analisando as intemperies do globo, McCormac (2019) salienta que em regiões de frio intenso, o acúmulo de neve e gelo são relevantes. Essa carga extra, para uma polegada de altura é equivalente a 23,9 Pa, mas em baixas altitudes podem ser maior devido a maior densidade da neve.

Essas cargas devem ser obtidas com base na localidade do projeto que geralmente é fornecida em normas e códigos de construções locais (KASSIMALI, 2015).

Até mesmo o próprio solo em que a estrutura está apoiada pode solicitá-la. Leet, Uang e Gilbert (2009) exemplificam que quando a movimentação das placas tectônicas ocasiona no edifício uma oscilação fazendo com que os descolamentos no topo do edifício cheguem a valores máximos tensionando os sistemas de contraventamento.

Durante um tremor de terra, como a fundação da estrutura se desloca com o solo, a porção acima do solo da estrutura, devido à inércia de sua massa, resiste ao movimento, fazendo assim a estrutura vibrar na direção horizontal (KASSIMALI, 2015, p.39).

Estruturas que armazenam água ou estruturas costeiras e ainda submersas devem ser projetadas para suportar a pressão hidrostática (KASSIMALI, 2015).

Por fim, Kassimali (2015) descreve que estruturas estaticamente indeterminadas podem sofrer tensões decorrentes de mudanças de temperaturas, retrações dos materiais, erros de montagem e recalques diferenciais.

2.5.3 Esforços internos

De modo geral, as estruturas devem ser capazes de aguentar todas as ações que a estão submetidas (peso próprio, sobrecargas, ações ambientais etc.) sem se deformar, deslocar excessivamente ou ruir (LEET; UANG; GILBERT, 2009).

Kassimali (2015) define que modelo de análise é uma representação simplificada ou ideal de uma estrutura real para o propósito de análise. Com isso,

espera-se que o modelo represente mais fielmente possível a estrutura real, enquanto descarta a maioria dos detalhes que se acredita não ter relevância no estudo.

E para McCormac (2019), para descobrir quais forças devem existir internamente para que o corpo permaneça em equilíbrio é preciso estudar um diagrama de corpo livre.

2.5.3.1 Equilíbrio

Um sistema de forças planares atuando em uma estrutura rígida sempre pode ser reduzido a duas resultantes:

1. uma força linear R passando pelo centro de gravidade da estrutura, em que R é igual à soma vetorial das forças lineares.
2. Um momento M em relação ao centro de gravidade. O momento M é avaliado pela soma dos momentos de todas as forças e conjugado atuando na estrutura com relação a um eixo pelo centro de gravidade e perpendicular ao plano da estrutura (LEET; UANG; GILBERT, 2009, p. 88).

“Pela segunda lei de Newton, a aceleração linear do centro de gravidade e as acelerações angulares do corpo sobre o centro de gravidade são relativas às forças R e M [...]” (LEET; UANG; GILBERT, 2009, p. 88).

Por fim, Leet, Uang e Gilbert (2009) concluem que quando o corpo está em equilíbrio estático, ou seja, em repouso a aceleração linear e a angular são iguais a zero.

Kassimali (2015) complementa dizendo que uma estrutura em repouso é considerada em equilíbrio se permanecer em repouso quando submetida a forças e momentos externos.

Um corpo em equilíbrio estático está em repouso. A resultante de todas as forças externas que agem nele (incluindo os apoios) são zeros e também as resultantes de todos os momentos em torno de qualquer eixo (MCCORMAC, 2019).

2.5.3.2 Apoios

Kassimali (2015) diz que os apoios são elementos conectivos que restringem o movimento da estrutura quando essa está sob ação das cargas aplicadas. Esses elementos restringem o movimento natural da estrutura originado pelo seu carregamento mantendo-a em equilíbrio.

Apesar dos apoios variarem muito em relação a aspectos e formas, podem ser classificados conforme suas restrições de movimentação e reações causadas na estrutura (LEET; UANG; GILBERT, 2009).

McCormac (2019) define os apoios em quatro categorias:

- Apoio de primeiro gênero (rolete) – só fornece resistência ao movimento na direção perpendicular à superfície;
- Apoio de segundo gênero (articulação ou pino) – resiste a movimentos horizontais e verticais, mas não impede pequenas rotações em torno do pino;
- Apoio de terceiro gênero (engaste ou extremidade fixa) – oferece tanto resistência aos movimentos horizontais e verticais como a rotação em torno do suporte,
- E a barra articulada ou barra de ligação que atua de modo semelhante ao apoio de primeiro gênero.

Leet, Uang e Gilbert (2009) ainda complementa que o sistema de apoios escolhido pelo projetista influenciará as forças que se desenvolverão em uma estrutura e também as forças transmitidas para os elementos de apoio.

2.5.3.3 Determinação da estrutura

Uma estrutura estável deve conter um conjunto de apoios que impeça ela de qualquer movimento. Os números e classes dos apoios dependem da organização geométrica dos membros, suas posições e características construtivas (LEET; UANG; GILBERT, 2009).

A partir da análise das equações de equilíbrio e das incógnitas oriundas da situação de apoio da estrutura é possível classificá-la conforme sua estabilidade (MCCORMAC, 2019).

Leet, Uang e Gilbert (2009) classificam a estrutura em três situações distintas:

- Os apoios fornecem menos de três restrições – uma ou mais equações de equilíbrio não poderão ser satisfeitas, a estrutura não estará em equilíbrio e é considerada instável;

- Os apoios fornecem três restrições – normalmente será possível satisfazer as três equações de equilíbrio e a estrutura será classificada como estável;
- Os apoios fornecem mais que três restrições – os valores das restrições não podem ser determinados exclusivamente pois há mais incógnitas do que equações e a estrutura é classificada como indeterminada e o seu grau de indeterminação é igual ao número de restrições subtraindo três incógnitas das equações de equilíbrio.

2.5.4 Estruturas indeterminadas

McCormac (2019) diz que uma estrutura indeterminada ou contínua que sofrer esforços internos ou deformações transmitirá esses para outra parte da estrutura. Exemplificando que, as cargas de uma laje transferem para viga que transferem para o pilar e assim se segue.

Para contornar essas diferenças de equações e incógnitas, Kassimali (2015) denomina relações adicionais chamadas de *condições de compatibilidade* que garantem a continuidade dos deslocamentos ao longo da estrutura.

Todos os métodos de análise indeterminada exigem que a solução satisfaça os requisitos de equilíbrio e compatibilidade. Por compatibilidade queremos dizer que a estrutura deve ajustar – não podem existir lacunas – e a forma defletida deve ser coerente com as restrições impostas pelos apoios (LEET; UANG; GILBERT, 2009, p. 421).

2.5.4.1 Método da flexibilidade

Esse método introduzido por James C. Maxwell em 1864 estipula a remoção das incógnitas suficientes para transformar a estrutura de indeterminada para determinada (KASSIMALI, 2015).

Em seguida, comentam Leet, Uang e Gilbert (2009), a estrutura é analisada em duas etapas sendo a primeira a estrutura estaticamente determinada e a segunda etapa sendo a análise da estrutura apenas com as incógnitas removidas transformadas em carregamento sendo que todos os carregamentos devem ser analisados um a um separadamente.

A análise deve ser feita calculando o deslocamento oriundo do carregamento original em cada posição da estrutura que o apoio foi removido. Na sequência, uma carga unitária oposta ao apoio transformado em carregamento é colocada na mesma posição e tem-se o deslocamento calculado em função da reação convertida em carregamento. Agora, tendo o deslocamento devido ao carregamento original somado com o deslocamento unitário multiplicado pela reação convertida em carregamento podemos usar o princípio de continuidade da estrutura para dizer que a soma dos deslocamentos deve ser zero pois naquele ponto há um apoio impedindo o deslocamento (MCCORMAC, 2019).

Esse método pode facilmente ser estendido para estruturas com vários graus de hiper elasticidade (KASSIMALI, 2015).

Leet, Uang e Gilbert (2009) ainda salientam que existem condições extras que devem ser levadas em consideração ao analisar o comportamento da estrutura como recalques nos apoios, mudanças de temperatura e erros de fabricação.

2.5.4.2 Método da distribuição de momentos

“[...]Desenvolvido por Hary Cross no início dos anos 1930, é um procedimento para estabelecer os momentos de extremidade em membros de vigas e pórticos indeterminados com uma série de cálculos simples.” (LEET; UANG; GILBERT, 2009, p. 353).

Pressupõem-se inicialmente que todos os nós livres para girar estejam engastados por chapas imaginárias. Após aplica-se carregamentos externos e eventuais translações dos nós e calcula-se o momento de engastamento. Em seguida é satisfeito as condições de equilíbrio dos nós iterativamente soltando um nó por vez. Depois, é retirado a chapa permitindo que ele gire. A rotação causa momentos nas extremidades ligadas a ele. Esses momentos, denominados de momentos distribuídos, são determinados multiplicando-se o valor negativo do momento do nó em desequilíbrio pelos fatores de distribuição para as extremidades dos elementos unidos ao nó. Esse processo é repetido para cada nó até que os momentos em desequilíbrio em todos os nós sejam desprezíveis. Os momentos finais da estrutura são obtidos através da sobreposição dos momentos obtidos (KASSIMALI, 2015).

Para analisar pórticos de vários pavimentos, deve-se adicionar um deslocamento lateral corrigido para cada grau de deslocamento lateral

independente. Na prática, os engenheiros utilizam atualmente programas de computador para analisar pórticos dos mais variados arranjos (LEET; UANG; GILBERT, 2009, p. 554).

2.6 Logística

Segundo Formigoni et al. (2019) a logística é o elo que une todos os setores mirando em um mesmo objetivo: o alcance ou sucesso das metas estabelecidas. O autor ainda compara a logística como o óleo lubrificante de uma máquina, analogamente o óleo mantém a máquina funcionando, mas nós não lembramos da importância dele até que a máquina pare de funcionar por falta deste.

Já Nogueira (2018) define a logística como colocar o produto certo na hora certa, no local certo e ao menor custo possível. E ainda, ressalta que o termo data desde antes de Cristo quando os militares utilizavam o termo em suas operações.

[...] diz que é a parte da arte da guerra que trata do planejamento e da realização de projeto e desenvolvimento, obtenção, armazenamento, transporte, distribuição, reparação, manutenção e evacuação de material (para fins operacionais e administrativos); recrutamento, incorporação, instrução e adestramento, designação, transporte, bem-estar, evacuação, hospitalização e desligamento de pessoal; aquisição ou construção, reparação, manutenção e operação de instalações e acessórios destinados a ajudar o desempenho de qualquer função militar; contrato ou prestação de serviços (FORMIGONI et al., 2019, p.2).

A operação logística é construída em três pilares básicos e distintos: armazenamento, transporte e distribuição. A soma das três fases deve acontecer sincronizadamente, pois uma ruptura do processo leva a falha de toda a operação. A logística está presente em todos os minutos, profissionalmente ou pessoal sempre estamos exercendo-a. (FORMIGONI et al., 2019).

O processo logístico deve estar conectado ao conceito da logística, compreender as áreas operacionais (suprimento, produção e distribuição), desde as fontes de matéria-prima até o produto acabado chegar às mãos do consumidor final, buscando a minimização dos custos envolvidos e garantindo a melhoria dos níveis de serviço (NOGUEIRA, 2018, p.2).

Logística engloba, aos dizeres de Giacomelli e Pires (2016), análise de pedidos, controle de estoque, meios de transporte, armazenamento, embalagem e

operação dos recursos, tudo integrado. Objetivando apoiar as necessidades da operação em questão.

“A logística refere-se à responsabilidade de projetar e administrar sistemas para controlar o transporte e a localização geográfica dos estoques de matérias-primas, produtos em processo e acabados pelo menor custo total.” (GIACOMELLI; PIRES, 2016, p. 9).

Ainda, Giacomelli e Pires (2016) definem que o desempenho logístico é mensurado pela disponibilidade de estoque, desempenho operacional e confiabilidade do serviço. Essas características estão ligadas à disponibilidade de estoque, o desempenho operacional e a velocidade de entrega.

Primeiramente precisa-se saber o que é preciso fornecer, como fornecer e em quanto tempo. Para um ambiente remoto como a Antártica, primeiro precisa-se saber qual a finalidade de ir para lá. Na sequência, saber como operar, pois, se tratando de um ambiente hostil, não se pode operar em qualquer lugar. Depende de uma pista de pouso adequado, caso tenha logística aérea, uma região próxima ao acesso marítimo para logística marítima etc.

E por fim, devido aos rigorosos invernos, derretimentos e congelamentos que causam uma grande mudança na região saber os tempos que se tem para navegar, sobrevoar, explorar ou se manter abrigado constituem o fator velocidade da logística.

2.7 Energias Sustentáveis

Moreira (2023) começa definindo que o conceito de energia é complexo de ser entendido já que essa manifestação acontece da interação entre dois sistemas físicos. O conceito da palavra “energia” vem do grego e é associado a capacidade de realizar trabalho.

Reis (2017) classifica as fontes de energia em dois grandes grupos: renováveis e não renováveis. As consideradas não renováveis são aquelas que tem a possibilidade de se esgotarem em um espaço de tempo mais curto do que o tempo necessário para que ela seja formada. E, ao contrário, as renováveis são as que são formadas mais rápido do que consumidas.

Philippi Jr e Reis (2016) apontam que alguns fatores como as crises do petróleo na década de 1970, desastres ambientais e significativos problemas ecológicos relacionados à energia ressaltam a grande dependência mundial em energias não renováveis e a necessidade de uma transição para matrizes renováveis faz-se indispensável.

Então, no aspecto de energias renováveis, Moreira (2023) caracteriza algumas delas:

- Energia solar: a energia solar é uma das fontes de energia renováveis e inesgotáveis. Proveniente das radiações eletromagnéticas emitidas pelo Sol, na forma de calor e luz. A energia solar pode ser convertida diretamente para o aquecimento da água, por intermédio dos coletores solares de baixa e alta eficiência (energia solar térmica) ou pode ser diretamente transformada em energia elétrica por intermédio de dispositivos de conversão de energia solar, tais como os painéis fotovoltaicos. Torres solares de captação de energia solar concentrada para produção de vapor de alta temperatura direta ou indiretamente permitem gerar energia elétrica por meio de ciclos térmicos de potência. Vapor de processo industrial também tem sido produzido por meio de calhas parabólicas e espelhos de Fresnel. Futuramente, a energia solar representará uma parcela considerável da matriz energética em todo o mundo.
- Energia eólica: a movimentação do ar atmosférico ou do vento provém do efeito da energia solar na atmosfera terrestre, e é resultado do aquecimento desigual da atmosfera pelo Sol, das irregularidades da superfície e da rotação da Terra. Os padrões de fluxo de ar e suas velocidades variam muito entre as regiões da superfície terrestre e são modificados pelos oceanos, pela vegetação e pelo relevo da crosta terrestre. Desde tempos remotos a humanidade utiliza a energia associada ao vento, ou energia de movimento, para diversos propósitos, como movimentar embarcações (vela), empinar pipas, bombear água, mover moinhos e também para gerar eletricidade.

O termo “energia eólica” descreve o processo pelo qual o vento é usado para gerar energia mecânica ou elétrica. O vento gira as pás da

turbina eólica, que giram um eixo que se liga a um gerador que gera a eletricidade. As turbinas eólicas são as máquinas mecânicas que convertem a energia cinética do vento em energia mecânica e em energia elétrica (MOREIRA, 2023, p. 3).

Reis (2017) diz que um grande fator que influencia no cenário de geração de energia são os acordos estabelecidos na Convenção do Clima, relacionado ao aquecimento global. Discussões e negociações, como por exemplo o Protocolo de Kyoto (1997), colocam em pauta a necessidade de controlar a emissão de gases do efeito estufa diretamente ligado com a queima de combustíveis fósseis, como o petróleo.

Assim, Philippi Jr e Reis (2016) esclarecem que cada vez mais trabalhos e estudos mundiais e nacionais relacionados a energia e sustentabilidade apontam para o uso de fontes renováveis de energia.

3 METODOLOGIA

O trabalho aqui elaborado tem como norte um caráter exploratório. Levantar questões pertinentes relativa às edificações inseridas em ambientes extremos, especificamente na Antártica.

Através de uma pesquisa qualitativa, buscou-se levantar parâmetros chaves quando se pretende implantar uma edificação na Antártica (especificamente uma estação científica).

Para galgar esse objetivo, várias abordagens de pesquisas foram tomadas. Começando por pesquisas bibliográficas como livros, artigos, teses e dissertações. Esse estudo de caso sobre a estação científica Criosfera1, que envolveu pesquisa documental de primeira mão, como fotos e materiais fornecidos por um integrante da equipe que participou da expedição de implantação do módulo. Esse participante foi o cientista Marcelo Sampaio que será referenciado como Dr. Sampaio, que após ter contatado ele por ligação e e-mail disponíveis no site de divulgação do módulo, forneceu muitas explicações sobre o que foi feito e como foi feito além de comentar sobre ideias futuras.

Uma vez que todos os dados sobre o módulo Criosfera1 foram levantados, o trabalho de filtrar o que seria pertinente para o trabalho foi iniciado. Priorizando por características que trariam grandes esclarecimentos acerca dos objetivos estabelecidos.

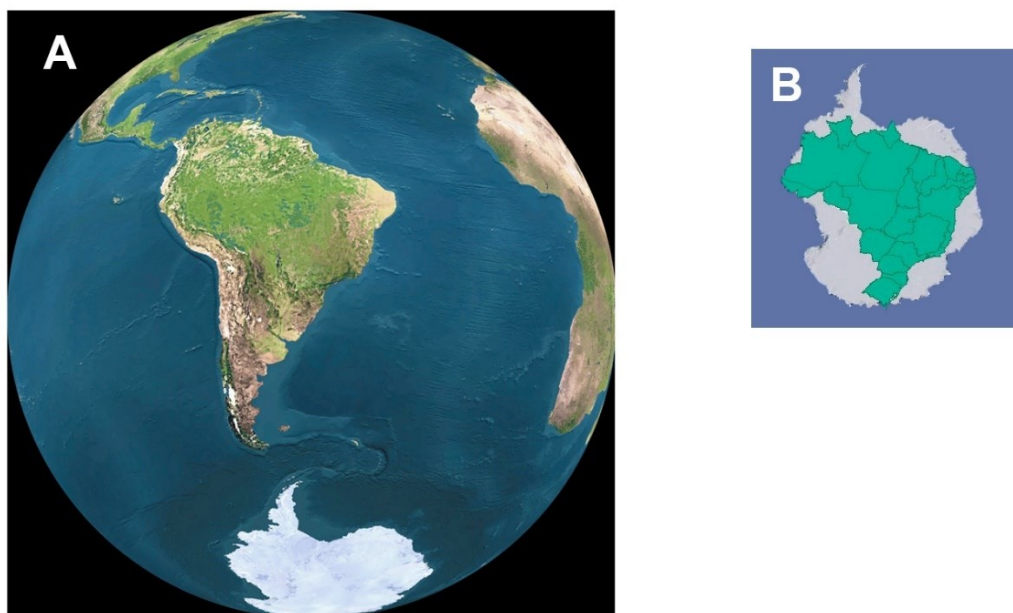
Finalmente, após essa construção fez-se uma reflexão sobre a complexidade dessa obra. A necessidade de uma equipe multidisciplinar, as magnitudes geográficas transpostas para chegar no destino final e as intempéries proporcionada pelo local escolhido para se pesquisar foram os fatores mais relevantes levados em consideração para essa conclusão.

4 PROJETANDO E CONTRUINDO NA ANTÁRTICA

4.1 O CONTINENTE

No que diz respeito a Antártica, é uma região remota e bastante hostil. Com dimensões continentais como mostra a figura 3, tendo aproximadamente 14 milhões de quilômetros quadrados, o continente chega a ser maior que o Brasil. Devido a esse tamanho, a logística e transporte toma grande parte do serviço a ser feito em solo antártico.

Figure 3 - Representações do Continente Antártico em relação a: A) América do Sul, B) Brasil.



Fonte: INCT da CRIOSFERA,2023

Somando-se às características do continente, temos um clima severo. Com temperaturas que vão de 9° a 0°C durante o verão e atingem entre -10° até -30°C na costa antártica e chega ao extremo de -60°C no inverno e -20°C no verão em regiões mais próximas do polo Sul geográfico. Em 1989 a estação de pesquisa Russa Vostok mediu a menor temperatura registrada na terra: -89.2°C e em 2010, por satélite, foi medido uma temperatura de -93.2°C.

Quanto à precipitação, é difícil mensurar. Acredita-se que apenas algo entre 50 a 100 mm de água em forma de neve (sempre em forma de neve) precipite na Antártica. O deserto antártico é um dos desertos mais secos no mundo. (MINISTÉRIO DA DEFESA - MARINHA DO BRASIL, 2022).

Os ventos na região estão entre os mais fortes no planeta. Chamados de ventos catabáticos, são criados devido à combinação do clima frio com o formato do continente. O formato de abóboda do continente, somado com o permanente resfriamento da superfície, faz com os ventos soprem para fora dele em direção à costa. E a rotação da terra faz com que eles sejam desviados para a esquerda em vez de fluírem diretamente para baixo (KING, 2023).

De fevereiro de 1912 a dezembro de 1913 foram medidas as velocidades do vento que atingiam a formação rochosa Cabo Denison, localizada na Baía do Commonwealth no leste Antártico. Sendo que a hora de ventania mais intensa registrada foi em 6 de julho de 1913 com um vento de 153km/h (KING, 2023).

4.2 GESTÃO DE RESÍDUOS E GERAÇÃO DE ENERGIA

Devido ao Protocolo de Madri estabelecido em 1998, que visa manter a Antártica protegida em virtude da humanidade, toda atividade realizada no continente deve eliminar os resíduos levados e a poluição marinha, avaliar os impactos ambientais da atividade, assim como preservar a fauna e flora antártica.

O ANEXO III ao Protocolo ao Tratado da Antártida sobre Proteção ao Meio Ambiente: Eliminação e Gerenciamento de Resíduos, trata especificamente sobre a eliminação e gerenciamento de resíduos, em seu segundo parágrafo:

2. A quantidade de resíduos produzidos ou eliminados na área do Tratado da Antártida será reduzida tanto quanto possível, de maneira a minimizar seu impacto sobre o meio ambiente antártico e sua interferência nos valores naturais da Antártida, na pesquisa científica e em outros usos da Antártida em conformidade com os termos do Tratado da Antártida (SECRETARIA - GERAL, 1998, p. 57).

Ou seja, a prioridade número um deve ser não deixar resíduos no continente. Para o armazenamento e remoção desses resíduos, são destinados recipientes de polietileno de baixa densidade.

Os resíduos de esgoto e resíduos líquidos domésticos devem ser removidos do continente tanto quanto possível por quem os tiver gerado.

Como o Dr. Sampaio comentou em uma conversa por vídeo, os resíduos oriundos de esgoto eram armazenados em recipientes disponíveis. Como por exemplo, a urina era armazenada em tanques de combustíveis vazios que foram usados no comboio que levou o módulo até o local de instalação. Já as fezes, após montada a barraca que serviria de banheiro, eram armazenadas em sacos plásticos.

No que diz respeito à água, segundo relatos da equipe de montagem do Criosfera1, era derretida a neve no acampamento para consumo e uso doméstico. Devido a temperatura ficar sempre abaixo de 0°C, levar água na expedição seria um desperdício, já que ela congelaria e teria que ser derretida. Além do custo com o peso, visto que todo o transporte é cobrado por peso.

Uma vez que a água foi usada, se torna resíduo e deve ser armazenada para ser retirada do continente. Além disso, qualquer outro material ou resíduo desse, como tábuas de madeira, serragem, lascas ou pó de alumínio, também deve ser recolhido e armazenado para ser levado para fora do continente e dada a destinação adequada para o material.

O Dr. Sampaio esclareceu que o prejuízo ambiental de deixar resíduos no continente, além da influência imediata, pode chegar aos mares e costas de outros países em alguns milhões de anos. Quando o material é deixado lá ele pode afundar no manto de gelo e seguir seu movimento até o mar.

Quanto à energia, diferente das outras estações de pesquisas, que contam com tripulantes não permanentes durante todos os dias do ano, e, por consequência, necessita de uma infraestrutura completa com tratores e combustível fóssil, o grande diferencial do módulo Criosfera1 é sua autonomia.

Equipado com instrumentos de medição independentes e um sistema de satélite, que transmite os dados em tempo real, não há a necessidade de tripulação. Entretanto, para que os equipamentos funcionem ininterruptamente é preciso que haja fornecimento de energia continuamente.

Para solucionar esse problema, a equipe optou por montar um conjunto de placas solares integrado com um conjunto de geradores eólicos. Durante os meses em que há irradiação solar constante, os quatro painéis de 24 Volts modelo SW 175 da SolarWorld (figura 4) conseguem individualmente suprir a necessidade do

laboratório gerando 175 watts para uma exposição global de 1000watts/m² a 25°C (MARINHA DO BRASIL, 2012).

Figure 4 - Instalação dos painéis solares



Fonte: criosfera1.com, 2023

Já durante o inverno, quando a ausência de luz solar é prolongada, quatro turbinas eólicas também de 24 Volts modelo AirBreeze da Southwest Windpower foram instaladas (figura 5) (MARINHA DO BRASIL, 2012).

Com capacidade individual de produzir 160 watts em ventos de 12,5 m/s e geração mínima de 50 watts com ventos a partir de 5 m/s, as turbinas garantem o funcionamento do laboratório quando não há energia solar (MARINHA DO BRASIL, 2012).

Figure 5 - Instalação das turbinas eólicas

Fonte: criosfera1.com, 2023

Toda essa energia é armazenada através de um sistema de baterias que conta com dois conjuntos Mil-Series Power Pak 1000 e quatro conjuntos Mil-Series Expander Pak 1000 ambos de 24 Volts corrente contínua e fabricados pela SolarStik (figura 6) (MARINHA DO BRASIL, 2012).

Esse conjunto consegue fornecer aproximadamente 8000 Watts (24 Volts, 320 Amperes/hora) quando completamente carregado, garantindo o funcionamento de todo o sistema por até 4 dias sem luz solar ou ventos (MARINHA DO BRASIL, 2012).

Como medida extra de precaução, caso as baterias fiquem sem carga, os sistemas essenciais (sensores de meteorologia e transmissor para o satélite) são mantidos por uma bateria extra (MARINHA DO BRASIL, 2012).

Figure 6 - Sistema de baterias para armazenamento da energia produzida.

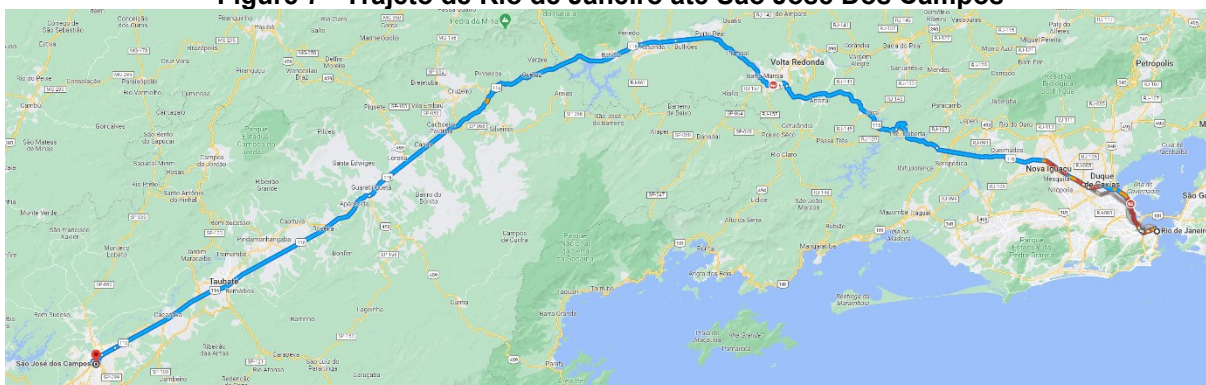


Fonte: criosfera1.com, 2023

4.3 LOGÍSTICA DE TRANSPORTE

Partindo para a logística, essa consome grande parte do projeto. Para o módulo Criosfera1, que foi produzido na Suécia, teve que ser transportado para o Rio de Janeiro, de lá para o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em São Paulo (como mostra a figura 7), para que os pesquisadores pudessem montar e testar os equipamentos.

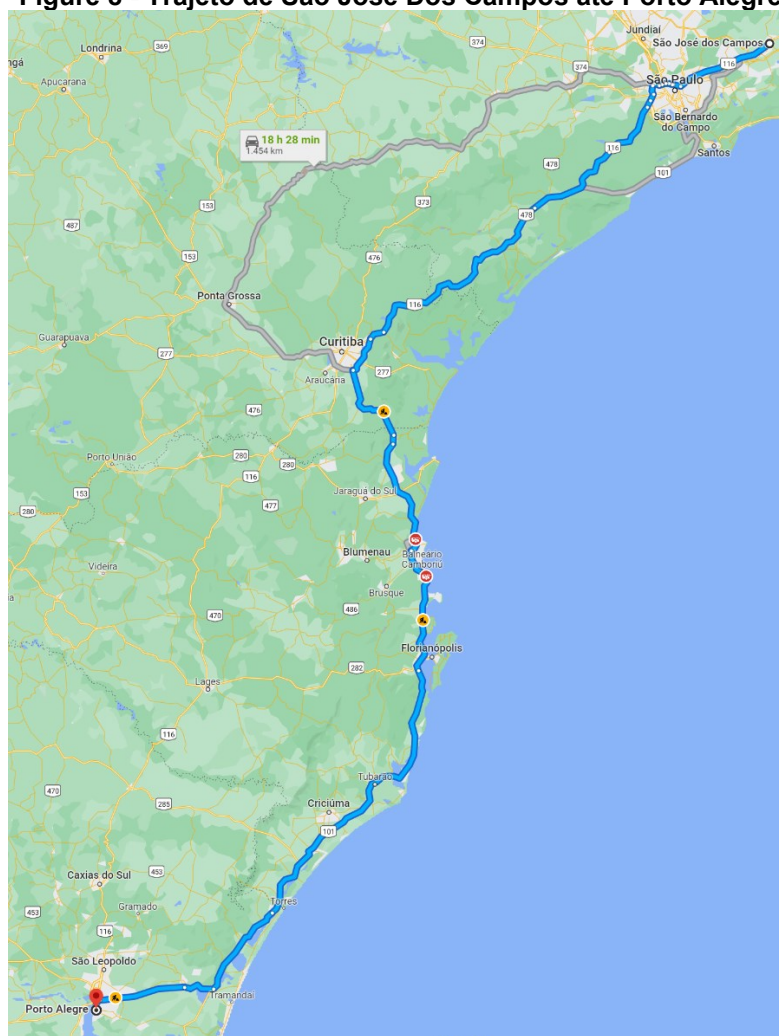
Figure 7 - Trajeto de Rio de Janeiro até São José Dos Campos



Fonte: Google Maps, 2023

Após, desmontar e transportar de caminhão até a cidade de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, para que mais materiais fossem colocados dentro do módulo como mostra a figura 8.

Figure 8 - Trajeto de São José Dos Campos até Porto Alegre

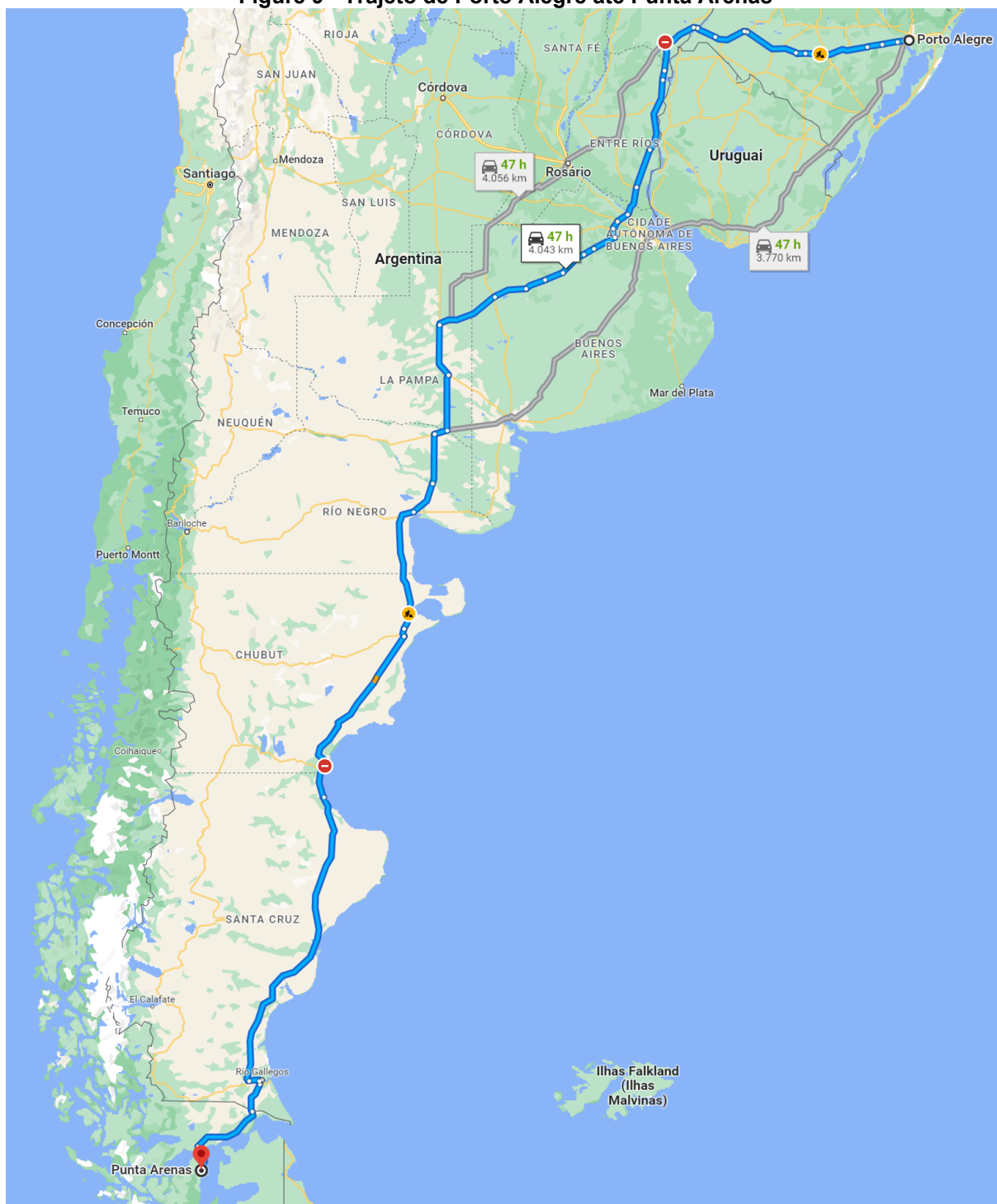


Fonte: Google Maps, 2023

Findado as instalações, testes e carregamento do módulo com materiais, esse começou seu trajeto para o destino final. Saindo de caminhão de Porto Alegre, foi

transportado de caminhão até a cidade de Punta Arenas, no Chile como mostra a figura 9.

Figure 9 - Trajeto de Porto Alegre até Punta Arenas

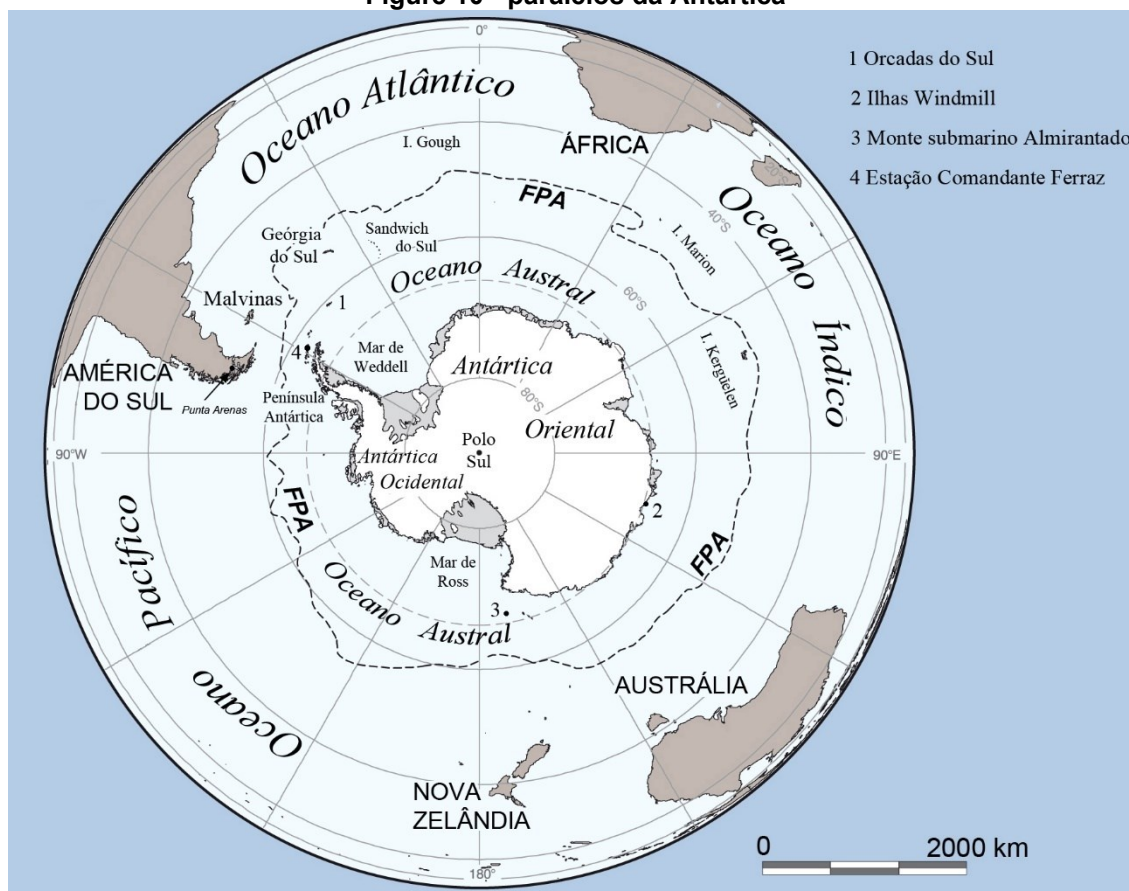


Fonte: Google Maps, 2023

Em Punta Arenas, o módulo foi carregado no avião Ilyushin IL - 76 TD e carregado até a latitude 80 Sul (figura 10), geleira Union, onde fica o acampamento base da ALE e de lá foi rebocado cerca de 450km até chegar no local definitivo a

latitude 84 Sul coordenadas 84°S e 79° 29' 39" (MARINHA DO BRASIL, 2012), percorrendo um caminho sintetizado na Tabela 1.

Figure 10 - paralelos da Antártica



Fonte: INCT da Crisofera, 2023

Tabela 1 - Trajetória percorrida pelo módulo Crisofera1 dentro do Brasil até a posição final, autoria própria, 2023.

Trajetório Brasil - Antártica percorrido pelo módulo

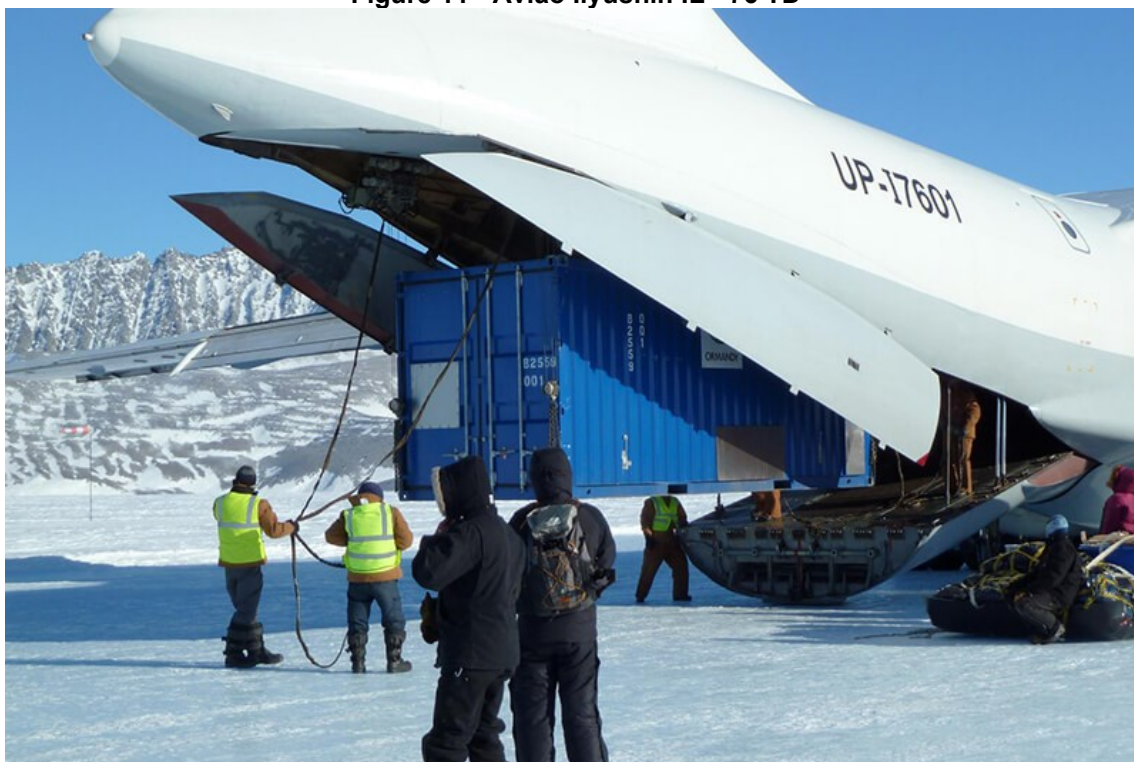
Origem	Destino	Distância	Meio de transporte
Rio De Janeiro - RJ	São José Dos Campos -SP	363 km	Caminhão
São José Dos campos - SP	Porto Alegre - RS	1.228 km	Caminhão
Porto Alegre - RS	Punta Arenas - Chile	4.043 km	Caminhão
Punta Arenas – Chile	Paralelo 80S – Antártica	2.947 km	Avião
Paralelo 80S – Antártica	Paralelo 84S – Antártica	450 km	Reboque

4.4 PARÂMETROS DE PROJETO DO MÓDULO CIENTÍFICA CRIOSFERA 1

Partindo do pressuposto de que o módulo seria transportado de avião (figura 11) e depois por reboque (figura 12) fornecido pela Antarctic Logistic Expeditions (ALE), foi utilizado como fator principal para as definições de dimensões do módulo a

capacidade de transporte desses. Originalmente projetado para caber em um Hercules C-130 foi adotado o modelo de container mais utilizado que é o de 20 pés que acabou provando-se versátil uma vez que também era compatível com a capacidade do Ilyushin – 76 TD.

Figure 11 - Avião Ilyushin IL - 76 TD



Fonte: Antarctic Logistics & Expeditions, 2023.

Figure 12 - Reboque usado para chegar até o paralelo 84



Fonte: criosfera1.com, 2023

O modelo de container Dry Box de 20 pés (figura 13) em questão possui dimensões de 6058 mm de comprimento, 2438 mm de largura e 2591 mm de altura pesando 2800kg podendo ser transportado e descarregado pelo próprio avião com sobra de 7200kg para serem levados dentro do container.

Figure 13 - Container Dry Box 20 pés

Fonte: Container S/A.

A análise da disposição interna, que faz parte da elaboração de um projeto arquitetônico, ficará de fora desse estudo. Visto que diferentes utilidades requerem diferentes disposições. E como, para o modelo Criosfera1, não se tem esses dados e também porque esse estudo é focado em parâmetros de projetos voltados a análise estrutural.

Outro parâmetro que foi adotado foi o de erguer o módulo a mais ou menos um metro e meio do chão para vencer o acúmulo de neve. Devido a climatologia antártica ser a de um deserto, principalmente os ventos constantes que carregam a neve, o módulo se torna uma barreira que acumula neve, sendo necessário todo ano levar um trator para executar a limpeza. Para superar esse obstáculo a equipe adotou um sistema de pés fixos e pés de apoio, de forma que seja possível, durante o período em que vão executar as manutenções no módulo, levantá-lo e sempre mantê-lo aos 1,5 m do solo, como mostra a figura 14.

Figure 14 - Sistemas de pés de apoio do módulo criosfera 1

Fonte: fornecido por Marcelo Sampaio, 2023.

Porém, durante a conversa com o Dr. Sampaio, ele comentou de um problema gerado por esse sistema. Devido a ele permitir apenas o levantamento vertical do módulo, quando esse é levantado os pés regulares deixam buracos na neve que devem ser preenchidos antes que o módulo possa ser apoiado novamente sobre esses pés gerando um trabalho extra de manutenção.

Continuando a conversa, o Dr. Sampaio comentou sobre a possibilidade de melhorias implementando um conjunto adicional de pés com skis, para que o módulo pudesse ser movido de posição ao invés de ter que preencher os buracos deixados pelos pés.

4.5 MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO E REVESTIMENTO DO MÓDULO DE PESQUISA

Quanto aos materiais empregados, apesar de o módulo ter sido projetado nas mesmas dimensões de um container de 20 pés, ele possui algumas peculiaridades.

Devido ao preço do transporte ser formulado por peso, ao invés de paredes de aço, optou-se por paredes externas e internas de material plástico com espessura de 2,5 mm cada e um enchimento de isopor de alta densidade ou poliestireno expandido, para proporcionar tanto um isolamento térmico como reduzir o peso do módulo. Segundo o Dr. Sampaio, a espessura do teto (figura 15) e da base é de 10 cm, enquanto as paredes são de 5 cm.

Figure 15 - Peça do teto do módulo criosfera1



Fonte: fornecido por Marcelo Sampaio, 2023.

Segundo Junior (2017), na maioria dos projetos de containers é utilizado o aço estrutural de resistência anticorrosão. Esse tipo de aço possibilita à estrutura um acréscimo de carga suportada combinado com uma redução das seções mais esbeltas, além da própria resistência à corrosão.

Ressalta-se ainda que, para evitar a corrosão na superfície, deve-se levar em consideração a compatibilidade entre a estrutura com os elementos de ligação.

No Brasil, a indústria siderúrgica brasileira dispõe de alguns tipos de aços destinados a esse propósito sendo esses:

Tabela 2 - Relação de empresas e seus respectivos produtos de aços patináveis disponíveis no mercado brasileiro (Adaptado de CBCA,2016).

Empresa	Produto
Arcelor Mittal	ASTM A588 CST COR 400 CST COR 500
Gerdau	ASTM A588 AÇOCORD 500
Usiminas	USI-SAC300 USI-SAC 350 USI-FIRE 350 ASTM A242 ASTM A588
V&M do Brasil	VMB 250 COR VMB 300 COR VMB 350 COR

4.6 PARÂMETROS PARA ANÁLISE ESTRUTURAL DO MÓDULO DE PESQUISA

Partindo para o dimensionamento estrutural, muitos detalhes devem ser levados em conta. Desde o local final onde a edificação será instalada e suas características geológicas, dimensões e necessidades primárias, assim como características secundárias quando pertinentes, para garantir a seguridade e estabilidade da construção, passando pelo processo logístico de transporte e instalação.

Além das já descritas dimensões e materiais, outros detalhes pertinentes para a análise estrutural precisam ser consideradas, como por exemplo, é possível perceber na figura 16 os cabos que servem de ancoragem do módulo.

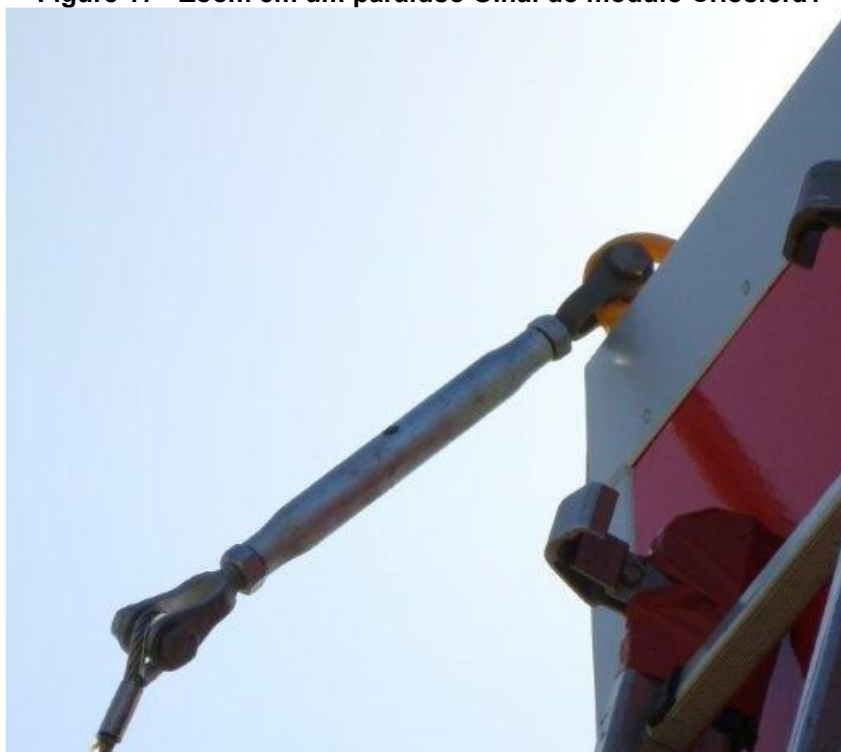
Figure 16 - Vista norte do modelo Criosfera1



Fonte: criosfera1.com, 2023.

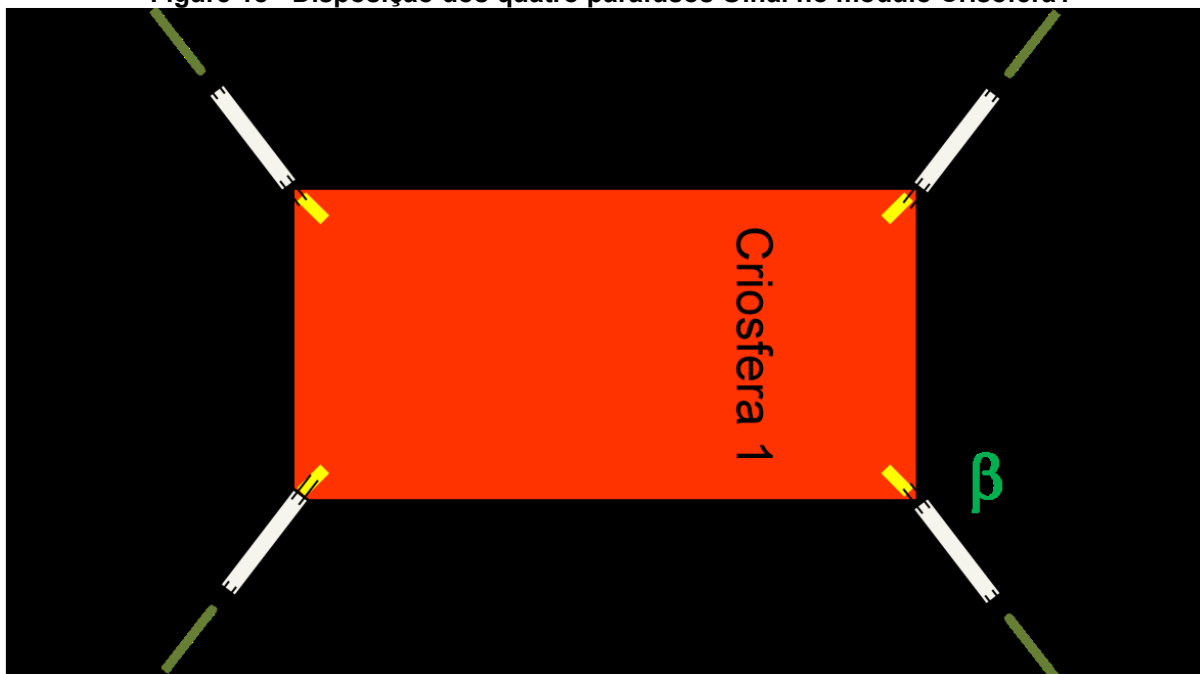
Sendo quatro parafusos Olhal de suspensão Rosca M24 (figura 17) posicionados nos quatro cantos do módulo (figura 18) que servem para dar mais estabilidade e travamento para a estrutura.

Figure 17 - Zoom em um parafuso Olhal do módulo Criosfera1



Fonte: fornecido por Marcelo Sampaio, 2023.

Figure 18 - Disposição dos quatro parafusos Olhal no módulo Criosfera1



Fonte: fornecido por Marcelo Sampaio, 2023.

Também, os painéis solares, turbinas eólicas e aberturas possíveis de se observar na figura 16 são mais fatores pertinentes estruturalmente falando quando se pretende fazer o levantamento de cargas.

4.6.1 DESCRIÇÃO DE UMA ANÁLISE ESTRUTURAL DE CONTAINERS

Para compreender como é feita uma análise de container, serão utilizados os resultados obtidos por Adelmo Magalhães de França Junior na sua dissertação “análise estrutural de contêiners marítimos utilizados em edificações” (FRANÇA JUNIOR, 2017). Dentre as análises realizadas, a análise com aberturas e apoiado nos quatro quantos é a que mais se aproxima das condições do módulo Criosfera1.

Para o levantamento de cargas, foram observadas as NBRs brasileiras assim como a ISO que padronizou a produção de containers. As cargas permanentes foram levantadas por meio da NBR 6120 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações (ABNT, 2019) relativa aos materiais que constituem uma construção em containers e como carga acidental foi utilizada uma correspondente a uma loja conforme a mesma NBR.

Tabela 3 - Levantamento de cargas.

CARGA PERMANENTE (kN/m ²)								
Peso Próprio Cont.	Parede Div.	Piso Lam.	Forro	Isolamento	Janela Vidro	Carga Permanente (kN/m ²)	Carga Acidental (kN/m ²)	Carga Total (kN/m ²)
1,69	0,16	0,10	0,16	0,02	0,26	2,38	4,00	6,38

Fonte: adaptado de França Junior, 2017

Apesar de não necessário para o módulo, por recomendação da ISO, os containers devem ser submetidos a um teste de empilhamento. Nesse teste são empilhados nove containers e submetidos à uma aceleração de 1,8 g que equivale a uma força de 3392 kN aplicada em todos os conectores de canto e resultando em uma edificação de múltiplos pavimentos com altura de 24,68 metros.

Para a carga de vento, conforme a NBR 6123 (ABNT,1988), foi utilizada a região central do estado de Minas Gérias.

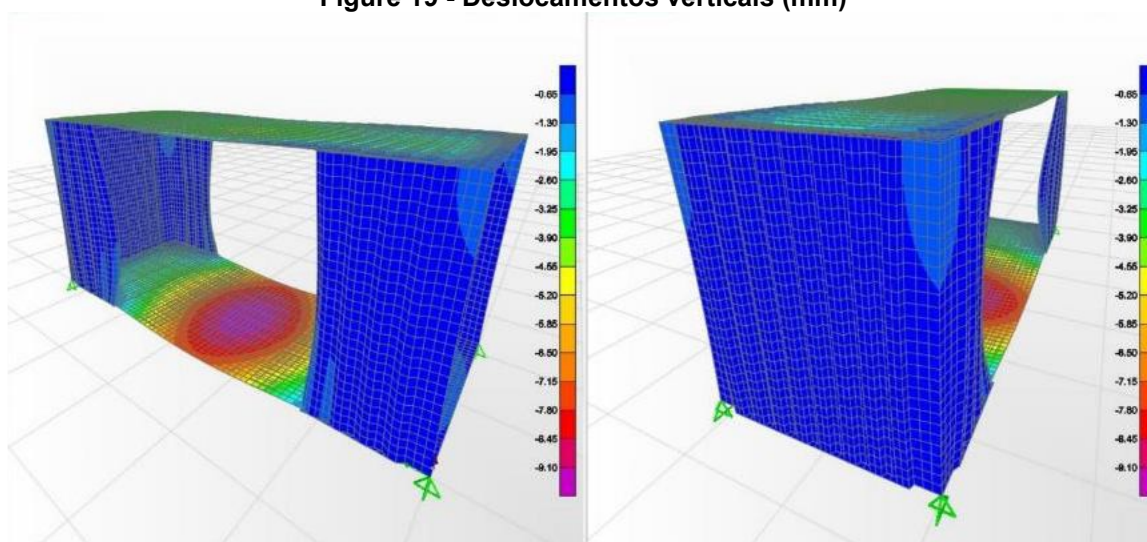
E assim, fazendo as combinações devidas seguindo a NBR 8800 (ABNT, 2008) chegar à situação mais desfavorável para realizar a análise estrutural.

Com o objeto modelado e os parâmetros de cargas definidos. Os deslocamentos verticais foram obtidos através do Método dos Elementos Finitos por meio do software SAP2000 e são apresentados na tabela 4 e representados na figura 19:

Tabela 4 - Deslocamentos em relação as combinações e empilhamentos.

MODELO COMPUTACIONAL COM ABERTURAS E APOIOS NAS EXTREMIDADES						
Combinações	Combinação 1		Combinação 2		Combinação 3	
Painéis analisados	Painel de topo		Painéis laterais		Painéis de ponta	
Empilhamento	Dz mín. (mm)	Dz Máx. (mm)	Dx mín. (mm)	Dx mín. (mm)	Dy mín. (mm)	Dy mín. (mm)
1P	-9,11	-	-9,68	22,47	-1,19	0,62
2P	-9,17	-	-9,73	22,47	-1,19	0,63
3P	-9,23	-	-9,77	22,47	-1,18	0,63
4P	-9,29	-	-9,82	22,47	-1,18	0,63
5P	-9,34	-	-9,87	22,47	-1,18	0,63
6P	-9,40	-	-9,92	22,47	-1,18	0,63
7P	-9,46	-	-9,96	22,47	-1,18	0,63
8P	-9,52	-	-10,01	22,47	-1,26	0,65
9P	-9,57	-	-10,06	22,47	-1,34	0,80

Fonte: , adaptado de FRANÇA JUNIOR, 2017.

Figure 19 - Deslocamentos verticais (mm)

Fonte: FRANÇA JUNIOR, 2017, p.89.

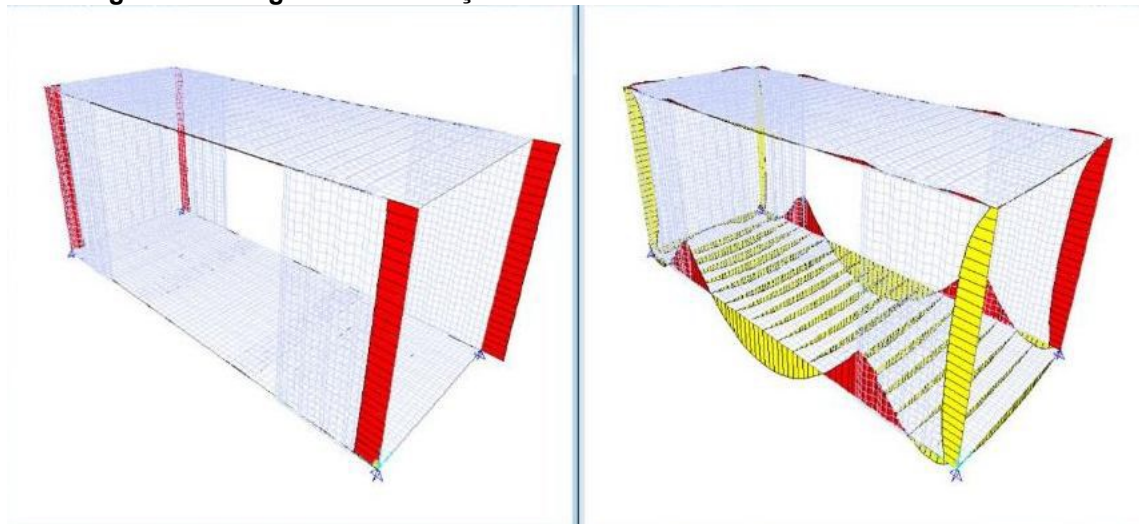
Para as colunas de canto foram analisados os esforços axiais. Para as vigas laterais superiores e inferiores os momentos fletores e os deslocamentos nessas barras apresentados na tabela 5 e representados na figura 20.

Tabela 5 - esforços solicitantes e deslocamentos nos elementos de barra de um contêiner, adaptado de FRANÇA JUNIR 2017.

MODELO CUMPACIONAL COM ABERTURAS E APOIOS NAS EXTREMIDADES		
Combinação 1	Combinação 2	Combinação 3
Esforços axiais (kN)		
-226,82	-270,77	-270,18
-266,76	-268,84	-270,12
-241,23	-253,96	-243,95
-241,11	-234,36	-243,83
Momentos fletores (kN.mm)		
-367,04	-912,93	-618,42
-376,06	-937,09	-617,56
-6.513,16	-9.670,29	-7.335,04
-6.513,16	-9.563,10	-7.355,69

Deslocamentos (mm)		
1,87	3,73	3,07
1,87	3,98	3,08
7,55	8,20	7,95
7,53	8,20	7,92

Figure 20 - Diagrama de esforços axiais e momentos fletores de um contêiner.



Fonte: FRANÇA JUNIOR, 2017, p.91.

Ainda que o estudo tenha sido o mais próximo possível da realidade do modelo Criosfera1, muitas diferenças devem ser observadas.

Apesar da ISO recomendar o efeito de empilhamento esse só é necessário para casos de transporte marítimo onde há de fato o empilhamento desses. Além disso, a região de vento analisada apresenta uma diferença gritante em relação ao paralelo 84S da antártica em termos de velocidade de vento e também a altura dessa edificação.

Outro fator determinante para um dimensionamento preciso seria o de levar em consideração o acúmulo de neve no painel de topo da unidade já que existe essa ocorrência no local.

Assim como os esforços oriundos do sistema de travamento com cabos de aço, comentado anteriormente, e também os das turbinas eólicas acoplados nos cantos da estrutura, assim como o próprio peso de ocupação, já que a edificação é um laboratório científico e não uma loja.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Construir em um ambiente hostil é uma tarefa árdua, afinal de contas é um local que foge muito do cotidiano que normalmente é visto dentro das salas de aula e na vida profissional. Porém, quando existe um território com abundância de recursos naturais, como é o caso da Antártica, e o papel vanguardista do Brasil nas políticas de atuação dentro do continente, fazer-se presente em solo antártico deixa de ser uma opção e passa a ser talvez até uma obrigação.

O trabalho aqui desenvolvido tinha como objetivo explorar e compreender melhor os parâmetros de projeto e de tomadas de decisões que envolveram a estação de pesquisa científica Criosfera1 para obter um conhecimento mais amplo sobre essa situação ímpar de condições que uma estrutura estaria submetida.

Para construir esse trabalho, foi feita uma revisão bibliográfica sobre os temas pertinentes para o projeto e execução de uma edificação e especificamente edificações submetidas a ambientes hostis e as possíveis peculiaridades desses. Também, fez-se valer do pouco material existente acerca do tema. Geralmente reduzido a divulgações midiáticas sobre as construções feitas nesses ambientes e os resultados que elas geraram cientificamente (praticamente a maioria das construções em ambientes hostis são estações científicas). Por fim, de muito apreço, a colaboração do cientista e engenheiro de desenvolvimento do projeto Criosfera1, Dr. Sampaio, que forneceu material utilizado durante o projeto e esclareceu muitos processos feitos durante a execução desse.

Por se tratar de um tema muito específico, houve muito pouca ou quase nenhuma literatura científica específica de engenharia civil que fosse voltada para o tema, o que dificultou o detalhamento desse trabalho. Muito do material acabou sendo baseado em aproximações ou situações similares além dos relatos específicos fornecidos pelo Dr. Sampaio.

Apesar das dificuldades, foi possível fazer um levantamento bem abrangente e obter um esclarecimento nítido da magnitude desse projeto de implantação do módulo Criosfera1 e, por consequência, um trabalho bem desenvolvido. Com levantamentos feitos acerca da logística envolvida na fabricação e transporte, detalhes que foram decisivos para o projeto do módulo em si, questões específicas voltadas para a climatologia única do local, sistemas de abastecimento elétrico e

também sistemas de travamento para garantir a estabilidade da estrutura, soluções de vedação para a estrutura. E por fim uma comparação com um estudo padrão de contêineres para se ter uma noção do que seria avaliado normalmente e poder fazer paralelos com a especificidade do projeto do módulo e obter esse panorama geral.

Um levantamento desses traz o benefício de deixar registradas e organizadas questões de pertinentes quando se pretende projetar na Antártica por meio de experiências frutíferas do projeto já executado Criosfera1.

Pensando nesse benefício, o presente trabalho poderia facilmente ser transformado em um anteprojeto de uma nova estação científica, já que muitos parâmetros iniciais importantes foram esclarecidos aqui e uma brecha para, a partir do que foi escrito aqui, nortear um real projeto.

Não só isso, academicamente falando, muitas áreas extremamente interessantes foram apenas superficialmente tocadas devido à falta de tempo para desenvolvê-las cabendo um estudo mais aprofundado e detalhado. Como por exemplo, uma análise estrutural específica para o container a fim de analisar quais seriam os materiais mais leves e resistentes possíveis, melhores perfis de peças que atendam às solicitações da estrutura usando a menor área de secção transversal possível ou até uma associação de containers a fim de expandir o laboratório. Uma análise de estabilidade da estrutura, visto que os ventos são de alta intensidade e ela está a uma certa altura do chão são apenas alguns exemplos de estudos mais aprofundados que poderiam ser elaborados a partir do estudo aqui desenvolvido.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto em edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 6120: Ações para cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

ALVAREZ, Cristina Engel de. **Metodologia para construção em áreas de difícil acesso e de interesse ambiental:** aplicabilidade na Antártica e nas ilhas oceânicas brasileiras. Orientador: Prof. Dr. Ualfrido Del Carlo. 2003. 209 f. Tese (Doutor em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: https://lpp.ufes.br/sites/lpp.ufes.br/files/field/anexo/tese_cristina_engel.pdf. Acesso em: 23 maio 2023.

ANTARCTIC LOGISTICS & EXPEDITIONS (Estados Unidos). **expedições polares.** [S. l.], 2023. Disponível em: <https://antarctic-logistics.com/>. Acesso em: 12 abr. 2023.

BRASIL. DECRETO Nº 2.742, DE 20 DE AGOSTO DE 1998. **Protocolo ao Tratado da Antártida sobre Proteção ao Meio Ambiente**: Anexo III ao Protocolo ao Tratado da Antártida sobre Proteção ao Meio Ambiente Eliminação e Gerenciamento de Resíduos, Brasília, 20 ago. 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2742.htm#:~:text=DECRETO%20N%C2%BA%202.742%2C%20DE%20,que%20lhe%20confere%20o%20art. Acesso em: 5 abr. 2023.

BRITISH BROADCASTING CORPORATION BRASIL (Brasil). **Os locais que têm os ventos mais fortes do planeta.** [S. l.], 2015. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/10/151009_vert_earth_ventos_ml#:~:text=A%20Ant%C3%A1rtida%20abriga%20ventos%20inusitados,com%20o%20formato%20do%20continente. Acesso em: 14 dez. 2022.

CBCA. **Construção em aço** – Aços estruturais. Disponível em: <http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/acos-estruturais/>. Acesso em: 24 de mai. 2023.

CONFEA (Paraná). CREA-PR. Código de ética, número 4, 2023. **Código de Ética do Profissional da Engenharia, da Agronomia, da Geologia, da Geografia e da Meteorologia**, [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.crea-pr.org.br/ws/codigo-de-etica-do-profissional-da-engenharia-da-agronomia-da-geologia-da-geografia-e-da-meteorologia/>. Acesso em: 23 maio 2023.

CONTAINER SA (Brasil). **Container 20 pés.** [S. l.], 2023. Disponível em: <https://containersa.com.br/container-20-pes/>. Acesso em: 12 abr. 2023.

CORNETET, Betina Conte; PIRES, Daniela Giovanini Manuel. **Arquitetura**. Santana - Porto Alegre - RS: soluções educacionais integradas, 2016. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788569726791>. Acesso em: 20 out. 2022.

FRANÇA JUNIOR, Adelmo Magalhães de. **análise estrutural de contêineres marítimos utilizados em edificações**. Orientador: Flávio Teixeira de Souza. 2017. 156 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Construção Metálica) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

FORMIGONI, Alexandre *et al.* **Logística: um enfoque prático**. 3°. ed. São Paulo: Saraiva educação, 2019. 358 p. ISBN 978-85-7144-004-3. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788571440043/pageid/1>. Acesso em: 17 maio 2023.

GIACOMELLI, Giancarlo; PIRES, Marcelo Ribas Simões. **Logística e distribuição**. Porto Alegre: SAGAH, 2016. 137 p. ISBN 978-85-69726-93-7. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788569726937>. Acesso em: 31 maio 2023.

GOOGLE (Brasil). **Google maps**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/dir/Rio+de+Janeiro,+RJ/S%C3%A3o+Jos%C3%A9+dos+Campos,+SP/@-22.8258139,-44.5227332,10z/data=!4m14!4m13!1m5!1m1!1s0x9bde559108a05b:0x50dc426c672fd24e!2m2!1d-43.1728965!2d-22.9068467!1m5!1m1!1s0x94cc4bb3858cc2e7:0xba25a33168f8c1!2m2!1d-45.8915658!2d-23.2198396!3e0?entry=ttu>. Acesso em: 7 jun. 2023.

GOOGLE (Brasil). **Google maps**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/dir/S%C3%A3o+Jos%C3%A9+dos+Campos,+SP/Porto+Alegre,+RS/@-26.496853,-48.3090852,8z/data=!4m14!4m13!1m5!1m1!1s0x94cc4bb3858cc2e7:0xba25a33168f8c1!2m2!1d-45.8915658!2d-23.2198396!1m5!1m1!1s0x95199cd2566acb1d:0x603111a89f87e91f!2m2!1d-51.2089887!2d-30.0368176!3e0?entry=ttu>. Acesso em: 7 jun. 2023.

GOOGLE (Brasil). **Google maps**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/dir/Porto+Alegre,+RS/Punta+Arenas,+Chile/@-42.7703634,-60.7985473,6z/data=!4m14!4m13!1m5!1m1!1s0x95199cd2566acb1d:0x603111a89f87e91f!2m2!1d-51.2089887!2d-30.0368176!1m5!1m1!1s0x95199cd2566acb1d:0x603111a89f87e91f!2m2!1d-51.2089887!2d-30.0368176!3e0?entry=ttu>. Acesso em: 7 jun. 2023.

KASSIMALI, Aslam. **Análise estrutural**: Tradução da 5 edição norte-americana. 5°. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015. 740 p. ISBN 978-85-221-2498-5. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788522124985>. Acesso em: 31 maio 2023.

KNIGHT, Radall. **Física 2: uma abordagem estratégica**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 389 p. ISBN 978-85-7780-538-9. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788577805389>. Acesso em: 4 dez. 2022.

LEET, Kenneth M.; UANG, Chia-Ming; GILBERT, Anne M.. **Fundamentos da análise estrutural**. 3. ed. Brasil: AMGH EDITORA LTDA, 2009. 816 p. ISBN 978-0-07-313295-2. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788563308344>. Acesso em: 24 nov. 2022.

MACHADO, Vanessa de Souza. **Princípios de climatologia e hidrologia**. Porto Alegre: SOLUÇÕES EDUCACIONAIS INTEGRADAS, 2017. 182 p. ISBN 978-85-9502-073-3. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595020733>. Acesso em: 4 dez. 2022.

MANO, Cássia Morais *et al.* **Introdução ao projeto arquitetônico**. Porto Alegre: SAGAH, 2018. 355 p. ISBN 978-85-9502-440-3. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595024403>. Acesso em: 5 jun. 2023.

MARINHA DO BRASIL (Brasil). PRONATAR. **CRIOSFERA1**. [S. l.], 2012. Disponível em: <https://www.criosfera1.com/>. Acesso em: 3 jun. 2023.

MASLOW, A. H. A Theory of Human Motivation. **Psychological Review**, [S. l.], ano 1943, v. 50, p. 370-396, 9 abr. 1943.

MCCORMAC, Jack C.. **análise estrutural: Usando Métodos Clássicos e Métodos Matriciais**. quarta. ed. Rio de Janeiro: LCT - Livros Técnicos e Científicos Editorial Ltda., 2019. 482 p. ISBN 978-85-216-1686-3. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/978-85-216-2496-7/>. Acesso em: 24 nov. 2022.

MCLEOD, Saul. **Maslow 's Hierarchy of Needs**. Simplypsychology, 4 abr. 2022. Disponível em: <https://www.simplypsychology.org/maslow.html>. Acesso em: 10 out. 2022.

MINISTÉRIO DA DEFESA - MARINHA DO BRASIL (Brasil). Comissão Interministerial para os Recursos do Mar. **Pesquisa Brasileira na Antártica**. [S. l.], 4 fev. 2022. Disponível em: <https://www.ufmg.br/espacodoconhecimento/17078-2/>. Acesso em: 21 fev. 2023.

MINISTÉRIO DA DEFESA - MARINHA DO BRASIL (Brasil). Comissão Interministerial para os Recursos do Mar. **Sistema do Tratado da Antártica**. [S. l.], 24 jan. 2023. Disponível em: <https://www.ufmg.br/espacodoconhecimento/17078-2/>. Acesso em: 21 fev. 2023.

MINISTÉRIO DA DEFESA - MARINHA DO BRASIL (Brasil). PRONATAR. **Sobre o continente**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/secirm/pt-br/proantar/a-antartica>. Acesso em: 2 maio 2023.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (Brasil). Universidade Federal de Minas Gerais. **Como funciona uma base científica na Antártica?**. [S. l.], 2 ago. 2022. Disponível em: <https://www.ufmg.br/espacodoconhecimento/17078-2/>. Acesso em: 21 fev. 2023.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (Porto Alegre). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **INCT da CRIOSFERA**. [S. l.], 2012. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/inctcriosfera/index.html>. Acesso em: 19 abr. 2023.

MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA (Brasil). INCT-Criosfera. **Criosfera 1**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.criosfera1.com/>. Acesso em: 19 abr. 2023.

MOREIRA, José Roberto Simões. **Energias renováveis, geração distribuída e eficiência energética**. 2°. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2023. 481 p. ISBN 978-85-216-3753-0. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521636816>. Acesso em: 4 jun. 2023.

NATIONAL GEOGRAPHIC. **Quem realmente descobriu a Antártida? Depende para quem você pergunta**. [S. l.], 13 fev. 2020. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/historia/2020/02/quem-realmente-descobriu-a-antartida-depende-para-quem-voce-pergunta>. Acesso em: 21 fev. 2023.

NOGUEIRA, Amarildo de Souza. **Logística Empresarial**. 2°. ed. São Paulo: Atlas, 2018. 250 p. ISBN 978-85-97-01554-6. Disponível em: [https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788597015553/epubcfi/6/22\[%3Bvnd.vst.idref%3Dchapter01\]!/4/6/2/2/2](https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788597015553/epubcfi/6/22[%3Bvnd.vst.idref%3Dchapter01]!/4/6/2/2/2). Acesso em: 17 maio 2023.

NOVAIS, Fernando Antônio. **Aproximações**: estudos de história e historiografia. São Paulo: Cosac Naify, 2005. 440 p. ISBN 85-7503-463-4.

OXFORD LANGUAGES. **Dicionário**. [S. l.]: Oxford University Press, 2023. Disponível em: <https://www.google.com/search?q=hostil&oq=hostil&aqs=chrome.69i57j0i131i433i512j0i67i650j0i131i433i650j0i433i512j0i131i433i512j0i433i512i2j0i512i2.1803j1j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>. Acesso em: 23 mar. 2023.

PHILIPPI JR, Arlindo; REIS, Lineu Belico dos. **Energia e sustentabilidade**. Barueri: Manoele, 2016. 1024 p. v. 19. ISBN 85-204-3777-3. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786555761313>. Acesso em: 4 jun. 2023.

PRONATAR (Antártica). Criosfera - I. **Razões para se investir na pesquisa antártica ?**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.criosfera1.com/who-we-are>. Acesso em: 2 maio 2023.

REIS, Lineu Belico dos. **Geração de energia elétrica**. 3°. ed. Barueri: Manoele, 2017. 508 p. ISBN 978-65-557-6224-2. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786555762242>. Acesso em: 4 jun. 2023.

RONEI, Tiago S.; PIRES, Anderson S.; GIACOMELLI, Cinthia L F.; et al. **Meio ambiente**. [Digite o Local da Editora]: Grupo A, 2018. *E-book*. ISBN 9788595025738. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595025738/>. Acesso em: 23 mar. 2023.

SANTOS, Jana Cândida Castro dos *et al.* **Projeto arquitetônico de pequeno porte**. Porto Alegre: SAGAH, 2021. 206 p. ISBN 978-65-5690-184-8. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786556901848>. Acesso em: 5 jun. 2023.

SILVEROL, Aline Carneiro; GOIS, Gabriela Rodrigues. **Geografia da população**. Porto Alegre: SAGAH, 2020. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786556900780>. Acesso em: 20 set. 2022.

WAHRHAFTIG, Alexandre de Macêdo. **Ação do vento em estruturas esbeltas com efeito geométrico**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 2017. 353 p. ISBN 978-85-8093-158-9. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788580391589>. Acesso em: 4 dez. 2022.