

**CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG
PEDRO HENRIQUE ALVES CAMPOS**

**FUNDAMENTOS ARQUITÊTONICOS: APLICAÇÃO DE CONCEITOS
RELACIONADOS À ERGONOMIA NA CONCEPÇÃO DE EDIFICAÇÕES PARA
COLONIZAÇÃO DO PLANETA MARTE.**

CASCADEL

2020

**CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG
PEDRO HENRIQUE ALVES CAMPOS**

**FUNDAMENTOS ARQUITÊTONICOS: APLICAÇÃO DE CONCEITOS
RELACIONADOS À ERGONOMIA NA CONCEPÇÃO DE EDIFICAÇÕES PARA
COLONIZAÇÃO DO PLANETA MARTE.**

Trabalho de Conclusão do Curso de
Arquitetura e Urbanismo, da FAG,
apresentado na modalidade Projetual, como
requisito parcial para a aprovação na
disciplina: Trabalho de Curso: Qualificação.

Professor Orientador: Cezar Rabel

**CASCADEL
2020**

RESUMO

O presente projeto tem como principal objetivo incitar a discussão sobre a necessidade de planejar uma moradia para o homem em solo marciano, visto que a colonização espacial tem sido um tema muito discutido atualmente e com investimento da ciência e da tecnologia. Partindo deste aspecto, há probabilidade de que esta seja uma realidade em poucos anos e analisando esta perspectiva e considerando uma análise bibliográfica feita sobre a relação do homem e a morada, é preciso perceber e propor as melhores alternativas relacionadas à ergonomia cognitiva e neuroarquitetura, para promover o bem estar e atender as necessidades básicas do homem, considerando aspectos singulares como a vida enclausurada, devido as condições extremas de aspectos climáticos, geológicos e físicos que deverão ser adaptadas as condições humanas para a vida no planeta Marte, tendo a possibilidade de produzir, manter-se psicologicamente bem e prosperar a espécie humana.

Palavras chave: Planeta Marte. Habitação. Ergonomia. Neuroarquitetura.

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABERGO	Associação Brasileira de Ergonomia
ACTH	Adrenocorticotrófico
AU	Astronomical Unit
Clouds AO	Clouds Architecture Office
CNES	Centre National d'Études Spatiales
DSG	Deep Space Gateway
ESA	European Space Agenc
GCR	Galactic Cosmic Rays
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ISECG	International Space Exploration Coordination Group
ISS	International Space Station
LEO	Low Earth Orbit
MAVEN	Mars Atmosphere and Volatile Evolution
NASA	National Aeronautics and Space Administration
REID	Risk Exposure Induced Death
SEArch	Space Exploration Architecture
SLS	Space Launch System
SPE	Solar Particle Event
TED	Technology, Entertainment and Design
WBDG	Whole Building Design Guide

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Roteiro de exploração espacial	17
Figura 2: Comparação Terra - Marte	19
Figura 3: Phobos e Deimos.....	20
Figura 4: Concentração de gases na atmosfera.....	21
Figura 5: Distribuição de água perto da superfície.....	24
Figura 6: Temperatura de Marte e circulação do ar durante as estações.....	25
Figura 7: Necessidades e resíduos do corpo humano	26
Figura 8: MARSHA Mars Habitat.....	35
Figura 9: MARSHA Mars Habitat: Camadas.....	36
Figura 10: Pavimentos MARSHA.....	37
Figura 11: Mars Ice House.....	38
Figura 12: Absorção da radiação pela água.....	39
Figura 13: Programa de necessidades Mars Ice House.....	40
Figura 14: Camada para conforto térmico.....	40
Figura 15: Corte Mars Ice House.....	41
Figura 16: Livsrum – Centro de Assessoria ao Câncer.....	42
Figura 17: Setorização Livsrum.....	42
Figura 18: Espaços Livsrum.....	43
Figura 19: Dimensões em laboratórios.....	45
Figura 20: Laboratório da Universidade de Portland	45
Figura 21: Instituto de Biodesign da Universidade do Estado do Arizona.....	46
Figura 22: Formações geológicas	48
Figura 23: Topografia da localização	49
Figura 24: Localização.....	50
Figura 25: Programa de necessidades	51
Figura 26: Fluxograma.....	51
Figura 27: Plano massa.....	52
Figura 28: Intenção formal.....	52

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO.....	8
1.	FUNDAMENTOS ARQUITETÔNICOS E REVISÃO	11
	BIBLIOGRÁFICA DIRECIONADAS AO TEMA DA	
	PESQUISA.....	
1.1	CONCEITOS DE HABITAÇÃO.....	11
1.1.1	Conceituando moradia	11
1.1.2	A significância da casa	12
1.1.3	O sentimento de bem-estar na nova morada.....	13
1.2	EXPLORAÇÃO ESPACIAL.....	14
1.2.1	Contextualização.....	14
1.2.2	Situação atual e a jornada para Marte.....	16
1.3	MARTE.....	19
1.3.1	Atmosfera.....	21
1.3.2	Estrutura e Superfície.....	21
1.3.3	Clima.....	22
1.3.4	Radiação.....	22
1.3.5	Gelo e Água.....	23
1.3.6	Ventos.....	24
1.4	SAÚDE.....	25
1.4.1	Necessidades para o corpo humano.....	26
1.4.1.1	Cuidados para com o ar e pressão.....	26
1.4.1.2	Alimentação.....	27
1.4.1.3	Resíduos.....	27
1.4.2	Isolamento Social.....	27
1.5	ERGONOMIA E NEUROARQUITETURA.....	28
1.5.1	Ergonomia Física.....	29
1.5.2	Ergonomia cognitiva aliada a neuroarquitetura.....	29
1.5.2.1	Cores.....	30
1.5.2.2	Iluminação.....	31
1.5.2.3	Sons.....	32
1.5.2.4	Climatização.....	32

1.6	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	33
2.	CORRELATOS E ABORDAGENS	34
2.1	OBRAS	34
2.1.1	MARSHA Mars Habitat	34
2.1.2	Mars Ice House.....	37
2.1.3	Livsrum – Centro de Assessoria ao Câncer.....	41
2.2	ESPAÇOS DESTINADOS AOS LABORATÓRIOS.....	44
2.2.1	A análise.....	44
2.3	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	47
3	APLICAÇÃO NO TEMA DELIMITADO.....	48
3.1	Terreno e implantação.....	48
3.2	Conceito e partido arquitetônico.....	50
3.3	Programa de necessidades.....	51
3.4	Fluxograma e plano massa.....	51
3.5	Intenções formais e estruturais.....	52
3.6	Considerações gerais.....	53
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

INTRODUÇÃO

A presente pesquisa abordou assuntos relacionados à projetos de arquitetura, com tema voltado a uma proposta projetual de uma edificação para colonização do planeta Marte, com foco em ergonomia física e ergonomia aliada à neuroarquitetura.

Justificou-se o presente trabalho no âmbito acadêmico afim de produzir uma reflexão sobre as premissas relacionadas a ergonomia e neuroarquitetura que contribuem para um projeto tanto no planeta Marte como no planeta Terra. Portanto, esta pesquisa vem ao encontro da necessidade acadêmica de aplicar as estratégias de ergonomia nos projetos, de maneira que os discentes entendam sobre a possibilidade de como projetar e embasar novos estudos e projetos. No âmbito profissional teve a intenção de aprofundar os conhecimentos relacionados à ergonomia e explorar possíveis nichos de atuação profissional e de pesquisa que envolvam a arquitetura e urbanismo na exploração espacial. Ademais esses âmbitos, no quesito sociocultural, demonstram que uma boa arquitetura influencia na qualidade de vida, ampliando o bem estar, concentração e favorecendo a habitação de espaços construídos, independentemente do local em que os mesmos sejam implantados.

O problema da pesquisa foi: considerando as condições extremas do planeta marte, como a arquitetura pode contribuir para que eventuais habitantes possam usufruir dessas edificações com qualidade? Para tal problema, foi formulada a seguinte hipótese: de que a ergonomia cognitiva e a neuroarquitetura pode contribuir de maneira significativa para a concepção de projetos arquitetônicos no planeta Marte.

Intencionando a resposta ao problema da pesquisa, foi elaborado o seguinte objetivo geral: realizar uma pesquisa para embasar proposta projetual. Para o atingimento desse objetivo geral, foram formulados os seguintes específicos a) realizar fichamentos bibliográficos sobre a temática; b) refletir sobre as possibilidades que o uso fruto das premissas acerca da ergonomia física e cognitiva e a neuroarquitetura podem angariar para usuários de habitações no planeta Marte; c) levantar e analisar formas construtivas em marte; d) selecionar correlatos sobre edificações já projetadas para possível colonização do planeta Marte; e) desenvolver proposta projetual.

O marco teórico da pesquisa foi: a exploração espacial tem sido uma grande vitória para a humanidade e na próxima década pretende dar um grande passo em direção do futuro, a colonização de outro planeta. O ser humano precisa então de um local para viver e este mudará drasticamente, portanto será necessária uma adaptação das moradias levando em

conta todas as condições fisiológicas, geológicas, biológicas do planeta e psicológicas do homem como indivíduo de uma sociedade.

Esta pesquisa tem o principal intuito de suscitar uma reflexão sobre qual o papel da arquitetura na procura da “felicidade” e na saúde psicológica do ser humano principalmente no âmbito das habitações já que estes lugares são palco das experiências mais íntimas e privadas do homem

Assim, num mundo em que um número cada vez maior de pessoas se une no esforço de atingir a sua própria felicidade e contribuir para a dos outros (nomeadamente, para a dos seus clientes), importa refletir sobre o papel da arquitetura na luta por maiores níveis de bem-estar e plenitude. Mais especificamente, importa pensar sobre o impacto que os espaços edificados têm nas nossas vidas, sobre o nosso estado de espírito, a nossa concentração, a nossa energia, entre outros. (FIGUEIREDO, 2016, p. 6)

Sendo assim é de suma importância que esta pesquisa também abarque conceitos de neuroarquitetura e ergonomia cognitiva que de acordo com Vidal (2012) “A cognição trata da ergonomia dos aspectos mentais da atividade de trabalho de pessoas e indivíduos, homens e mulheres.” Assim será possível criar espaços excelentes para a produção científica fora da Terra.

No embasamento teórico, além do previamente citado, utilizou-se referências de instituições, como *International Space Exploration Coordination Group* (ISECG), *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e outros autores de referência como: Michael Carr, Leland M. Roth, Andreza Soethe, Betina Tschiedel Martau, Javier Antonio Alvariño de la Fuente, Sandra Daniela M. Figueiredo também contribuem com teorias e conhecimentos projetuais, teóricos e psicológicos que fundamentarão este trabalho.

Tendo em vista a conclusão dos objetivos apresentados, o presente trabalho se desenvolverá de forma teórica e prática, englobando a história relacionada ao tema, análises de obras e conteúdos sociais, psicológicos e arquitetônicos e por fim o desenvolvimento de um projeto arquitetônico correspondente as condições previamente discutidas.

A definição da pesquisa bibliográfica, de acordo com Markoni e Lakatos (2003), é a leitura de análise de vários autores, sendo publicações avulsas até monografias. O estudo de caso é uma metodologia que foca em assuntos específicos e em um objeto a ser analisado; sendo assim ainda é possível a comparação de dados e questionamentos de pesquisas pré publicadas (YIN, 2001).

Assim o estudo de caso, pretende através de uma situação real, direcionadas através de projetos correlatos, realizar estudos detalhados de como a situação abordada apresenta exemplos com foco em itens como: ergonomia, estrutura e funcionalidade.

Na sequência será realizada a aplicação do tema delimitado com a apresentação da edificação, programa de necessidades e soluções relacionadas a ergonomia cognitiva e neuroarquitectura.

Por fim, será realizado o estudo projetual baseado no emolumento teórico realizado.

1 FUNDAMENTOS ARQUITETÔNICOS E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DIRECIONADAS AO TEMA DA PESQUISA

Diante da complexidade e da curiosidade que a temática da presente pesquisa desperta, se faz necessário esclarecer quais itens serão abordados na revisão bibliográfica, que tem o embasamento teórico para a proposta projetual deste trabalho. Sendo assim, a linha de raciocínio percorre uma linha de investigação que tem início no esclarecimento dos conceitos de habitação, delimitando o significado de moradia para o homem, tendo em vista que o objetivo principal do projeto a ser concebido é habitação no Planeta Marte. Na sequência, são apresentadas as arengas relacionadas a contextualização a objetivos futuros da Exploração Espacial, em paralelo com as condições e necessidades para se habitar naquele planeta. Por fim, considerando as condições extremas de habitabilidade que poderão ser enfrentadas, há um aprofundamento em itens relacionados a ergonomia e a neuroarquitetura que visam angariar embasamento adequado para propor soluções arquitetônicas que visem o conforto, bem estar e qualidade de vida aos habitantes das futuras edificações no também denominado Planeta Vermelho.

1.1 CONCEITOS DE HABITAÇÃO

A casa, morada ou o espaço de habitar pode ser entendido em vários aspectos e formas, desde o sentido prático, o local material com seus sentidos técnicos, econômicos e construtivos, até interpretações particulares como o psicológico, social e fenomenológico.

A escolha de um sistema construtivo para uma edificação implica uma série de consequências e permeia vários aspectos como: o comportamento das matérias-primas, o impacto ambiental, o uso e descarte de resíduos, a disponibilidade da região e o manuseio dos materiais (PEREIRA, 2015).

O mesmo autor ainda reforça que em conjunto, a subjetividade das edificações contam com reflexões sobre as necessidades dos moradores, expectativas do usuário, o espaço em conjunto com o modo de vida, a relação entre individual e o comum e “[...]o repertório de experiências domésticas adquiridas pelos moradores ao longo de sua carreira habitacional é o reflexo desta experiência passada na vivência[...]” (p.17)

Todos esses pontos, sendo unificados, são importantes para compreender o que é moradia.

1.1.1 Conceituando a palavra moradia.

O homem é um ser inteligente e sociável e por isso é capaz de criar laços e conexões e de diversas formas durante a sua vida. Estas relações podem emergir com inúmeras coisas e pessoas alimentando sentimentos e emoções e com as casas isso não é diferente.

A relação entre o morador e a moradia consiste em inúmeras variáveis que estão ligadas tanto ao psicológico quanto ao físico, o subjetivo e o objetivo. Uma vez que os aspectos objetivos forem atingidos, permite-se assim que os subjetivos sejam contemplados já que neste momento são as aspirações e expectativas que estão sendo discutidas na casa (HEIDEGGER, 2002).

A idealização de uma moradia depende das expectativas e necessidades criadas pelo usuário e se elas são atendidas, atingidas ou não, que serão definidas por diversos fatores como: momento da vida, relação entre pessoas, questões de cultura, local protegido, local que protege as propriedades (HEIDEGGER, 2002).

Há uma necessidade de entender as diferenças entre as palavras casa, moradia e habitação mesmo que pareçam ser ínfimas, pois estas são muito importantes na interpretação que o indivíduo terá sobre o local que escolheu para viver.

Segundo Michaelis (2020):

Casa s.f. 1. Construção destinada a moradia. 2. Domicílio de um grupo de pessoas que vivem sob o mesmo teto. 3. A reunião de bens de uma família.

Habitação s.f. 1. Ato ou efeito de habitar. 2. Local em que se habita.

Morada s.f. 1. Lugar onde se mora ou habita; casa moradia, moradio, residência. 2. Permanência em algum lugar estabelecendo domicílio por um período. 3. Lugar onde habitualmente se encontra determinada coisa.

A satisfação do homem é atingida quando as coisas que o rodeiam estão em harmonia, sendo assim a casa também passa a ser responsável por isso, portanto, segundo Pereira (2015):

Para o autor, casa é o invólucro que divide espaços externos e internos, moradia é quando ela reflete e adéqua-se ao “modo de vida” dos seus usuários e habitação é quando a casa e a moradia estão integradas ao espaço urbano, [interagindo] com todos os elementos que este espaço urbano oferece. (apud MARTUCCI, 2015, p.19)

Concluindo, Martucci (2015) mostra uma visão importante do que é uma moradia e o que será necessário para uma boa e saudável vivência fora do nosso planeta levando em conta as relações homem-edificação e como elas são complexas e podem influenciar diretamente os usuários e suas relações sociais.

1.1.2 A significância da casa.

O significado que algo adquire depende de como é a relação com ele e qual a importância que a ele é dada, sendo assim as casas, habitações também possuem esse caráter e o palco dessas relações são os espaços criados pelos arquitetos em diferentes edificações portanto de acordo com Malard (*et al.*, 2002) de forma sintetizada: “Assim, o espaço arquitetônico não é neutro perante o fato social. Ao contrário, é intencional” já que por sua vez o espaço também possui a capacidade de atuar sobre as relações interpessoais, causando emoções.

Consequentemente a convivência com outras pessoas e a utilização de um espaço, provoca emoções, que por sua vez cria, ou não, um sentimento de “apropriação” ou melhor dizendo uma “espacialização” que segundo Malard (*et al.*, 2002) “A ‘espacialização’ refere-se, portanto ao modo de ser, no espaço, de um fato social. É a forma físico- espacial de um acontecimento”. Sendo assim a casa, como espaço de vivências pessoais e relacionais, supera seus valores objetivos e passa a transmitir valores subjetivos criando assim um significado pessoal para quem dela usufrui.

1.1.3 O sentimento de bem-estar na nova morada

O sentimento de satisfação advém de uma quantidade enorme de fatores, sejam eles objetivos ou subjetivos, porém, desenvolve-se principalmente da ideia de apropriação, dando significado à uma edificação que trará o sentimento de bem-estar e fará o indivíduo sentir-se parte única do local em que está inserido.

Tais sentimentos são criados logo nos primeiros momentos de vivência no local, a partir desse momento a pessoa será confrontada com sentimentos que podem ir da agonia ao encanto e que são totalmente dependentes de experiências passadas, ou no caso, da “carreira habitacional”. (KOTLER; KELLER, 2000) Esse é um dos momentos mais críticos, porém um dos mais importantes de um projeto arquitetônico, pois é ele que decide a prosperidade, a importância, a capacidade de uma edificação.

A necessidade de um espaço confortável tanto fisicamente quanto subjetivamente afeta diretamente no bem-estar e no equilíbrio de um ser humano, portanto:

A saúde mental ou bem-estar psicológico são parte integrante da capacidade de um indivíduo levar uma vida satisfatória, incluindo a capacidade de estudar, trabalhar ou buscar interesses de lazer e tomar decisões pessoais ou domésticas diárias sobre educação, emprego, moradia ou outras escolhas. (World Happiness Report 2013, 2013, p. 39)

Considerando todos os aspectos, entende-se a real ideia, conceito e ênfase além da necessidade de uma moradia.

1.2 EXPLORAÇÃO ESPACIAL

A exploração espacial se dá principalmente pela curiosidade do homem em “conhecer o desconhecido” e dessa forma vários estudos foram desenvolvidos e com isso contribuições importantes para a história da humanidade. A partir disso, se torna-se necessário para o desenvolvimento deste trabalho um panorama geral da história da astronomia para assim sabermos de onde viemos e para onde vamos, e quais são os anseios da ciência atual.

1.2.1 Contextualização

A astronomia desenvolveu-se ao longo de vários séculos e passou por várias fases contribuindo assim para a história. A seguir desenvolve-se um breve relato sobre essa evolução desde as primeiras publicações passando pela invenção dos foguetes, a corrida espacial durante a Guerra Fria e os principais objetivos atingidos pelos países durante esse período desenvolvidos com base em autores como Carleial, Cláudio Fernandes, Luisa Cardoso, Tara Gray e arquivos da NASA e outras agências espaciais.

O homem sempre olhou para cima e sonhou com o espaço e a possibilidade de explorá-lo, é intrigante imaginar o que tem lá acima. Galileu Galilei, entre 1609 e 1610, construiu primeiro telescópio astronômico e logo em seguida em 1687, Isaac Newton publicou seu livro *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, neste livro encontra-se as leis de Newton que regem os corpos, conceitos de mecânica clássica além da lei da gravitação universal. A partir desse momento surgiu uma revolução científica e cosmológica e a ideia de uma exploração espacial (FERNANDES, 2020).

Assim a efervescência de ideias e concepções sobre o espaço era enorme; filmes, livros e teorias sobre viagens e como era o espaço começaram a surgir. Robbert Goddard, professor e inventor americano, começou em 1908 uma associação com uma universidade de Massachussetts, onde pode, em 1926, após muitos estudos, conceber o primeiro foguete propelado à combustível líquido (oxigênio líquido e gasolina). Ao final do século XIX e início do século XX além de Goddard, destaca-se o russo Konstantin E. Tsiolkovsky que em 1903 publicou seu trabalho defendendo o uso de foguetes na exploração espacial, o cálculo da velocidade necessária para escapar da gravidade da Terra, o desenvolvimento de veículos com múltiplos estágios movidos a oxigênio e hidrogênio líquidos. Ademais ainda é possível enfatizar os trabalhos de Hermann Oberth que em seu livro *Caminhas para a Astronáutica* formulou os princípios da moderna técnica espacial e trabalhou no desenvolvimento de foguetes de propelentes líquidos com o intuito de “bombas voadoras” (mísseis) durante a Segunda Guerra

Mundial. Assim foi-se fomentando ainda mais o sonho de um dia entrarmos em órbita da terra (LEHMAN e LEHMAN,2019; ARLAZOROV, 2019; BRITANNICA,2019).

Com o final da Segunda Guerra (1945) e o então início da Guerra Fria, mantiveram-se as superpotências, Estados Unidos e União Soviética, numa busca incessável pela hegemonia política e econômica e foi nesse momento que se desenvolveu a Corrida Espacial. Os Soviéticos deram início a esse período lançando em órbita o primeiro satélite artificial da Terra, o Sputnik 1, no dia 4 de outubro de 1957. Um pedaço de alumínio com 58 cm e 84 kg com um transmissor de rádio capaz de se fazer ouvir um “bip” ao redor do globo todo. Logo após um mês, o segundo satélite Sputnik 2 estava em órbita, preocupando os Estado Unidos que no dia 31 de janeiro lançaram seu próprio satélite, o Explorer I e alguns meses depois, em julho, o “efeito Sputnik”, submeteu o presidente Dwight Eisenhower a diligenciar a criação da *National Aeronautics and SpaceAdministration* (NASA), uma agência federal com o intuito de exploração espacial (CARLEIAL, 2009; CARDOSO, 2020).

Apesar dos esforços americanos, os soviéticos não recuaram e em setembro de 1959 fizeram frente lançando a primeira sonda espacial a atingir a Lua (Luna 2), logo no mês seguinte lançou-se a Luna 3 que trouxe imagens inéditas para a Terra (CARLEIAL, 2009; CARDOSO, 2020).

Em 1961 o então presidente dos Estados Unidos, Jhon F. Kennedy, anuncia uma missão espacial para levar o homem à Lua antes do fim da década, assim a Nasa lança o Projeto Apollo. Os soviéticos, novamente saem na frente e em 12 abril de 1961, à bordo da Vostok 1, Yuri Gagarin se firma como primeiro homem a orbitar a terra; logo em seguida Shepard é anunciado pelos americanos e no dia 5 de maio de 1961 é lançado ao espaço e assim se dá o início de uma fascinante conquista espacial que culmina no pouso de astronautas na Lua (CARLEIAL, 2009; CARDOSO, 2020; AEROSPACE, 2018; GRAY, 2020).

O desenvolvimento se deu rapidamente e de forma extraordinária, até que no natal de 1968 três astronautas viajaram em torno da lua. Os objetivos ao longo da década, juntamente com a realização de várias expedições culminaram no lançamento da Apollo 11 no dia 16 de julho de 1969, esta, atingiu o solo da Lua quatro dias após o lançamento levando à bordo os astronautas Neil A. Armstrong, Michael Collins e Edwin E. “Buzz” Aldrin Jr. (CARLEIAL, 2009; CARDOSO, 2020).

Sendo assim, as 22hr e 52min do dia 20 de julho, se dá uma das frases mais icônicas do mundo: "É um pequeno passo para [um] homem, um salto gigante para a humanidade" (NASA, 2019).

Esta foi a realização de um sonho para a humanidade e hoje o próximo passo está próximo de ocorrer.

Após o feito, as explorações em torno da Lua continuaram e outras expedições interplanetárias começaram a despontar, assim se deu a visita em Vênus e Marte nas quais a URSS e os Estados Unidos novamente tomaram a frente e enviaram satélites e naves para adquirir imagens e identificar qualquer processo relevante (CARLEIAL, 2009).

Enquanto isso outros países também tentavam tornar-se exploradores do espaço. Sendo assim após a derrota da Alemanha e Japão na Segunda Guerra e a imposição de várias restrições, tanto internacionais como nacionais, armamentícias foram determinantes para um desenvolvimento tardio da exploração espacial desses países. Ainda é possível destacar países como a França com grande interesse na área e a sua agencia espacial, *Centre National d'Études Spatiales* (CNES); Itália em conjunto com outros países da Europa que desenvolveram-se juntos formando a *European Space Agency* (ESA); na Ásia destaca-se ainda a China com o desenvolvimento de foguetes e satélites e ainda a Índia; nas américas o Canadá desenvolveu satélites e o Brasil por volta de 1961 criou CNAE que posteriormente veio a se tornar o INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CARLEIAL, 2009).

O interesse e o envolvimento global na exploração espacial se fizeram importante a ponto da Estação Espacial Internacional (ISS¹) ser criada.

A estação conta com cerca de 17 países cooperando com pesquisas, treinamentos, desenvolvimento de redes de comunicação à 400 quilômetros acima da Terra que envia relatórios diários; com a exploração interplanetária, a ISS se dá como ponto de partida para demais expedições (NASA, 2019; AEROSPACE, 2018).

A partir desse momento, com o envolvimento de vários países com um objetivo em comum, será possível atingir a colonização de um novo planeta fora do sistema Terra-Lua.

1.2.2 Situação atual e a jornada para Marte

O objetivo geral da exploração espacial está voltado a colonização de um novo planeta e para isso foram criados alguns propósitos que devem ser seguidos para chegarmos na meta principal.

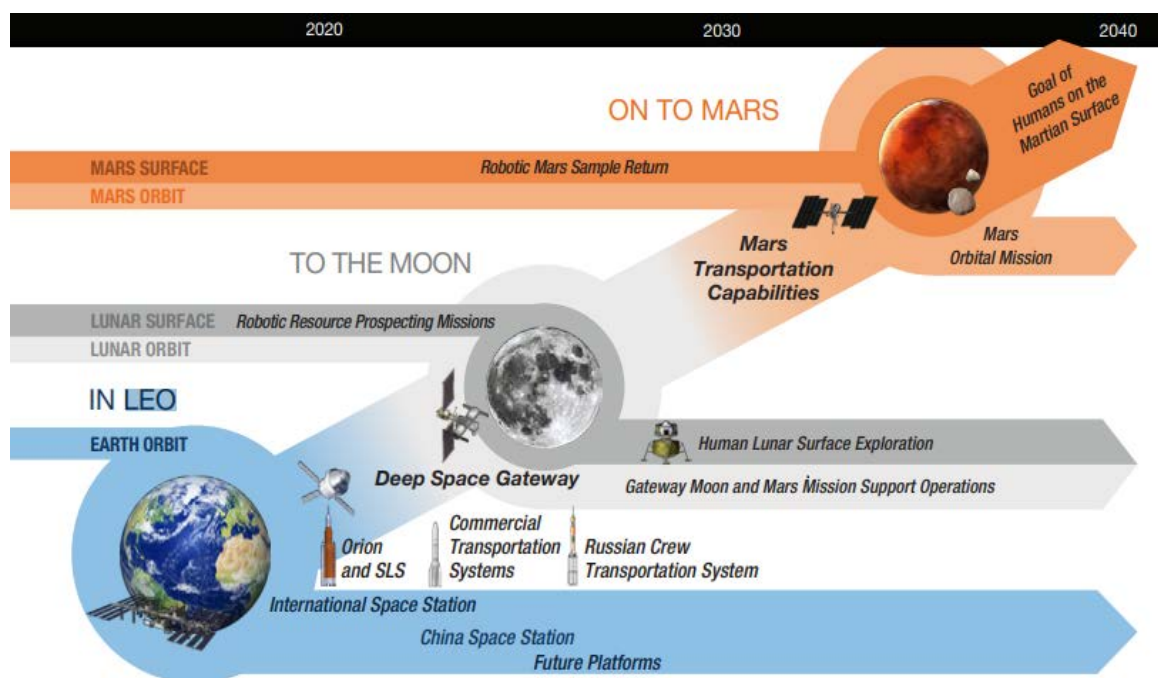
A NASA, em 2017, oficializou e divulgou estas medidas e entre elas estão: expandir a

¹ International Space Station (ISS). Traduzido pelo autor.

presença do homem além da ISS e envolver de forma prática parceiros internacionais, acadêmicos e a indústria; criar missões tripuladas para avançar e permitir a exploração e a presença humana em todo o sistema solar; capacitar a presença humana afim de incluir potenciais habitações em outros corpos celestes, prosperar a economia espacial no século 21 e atingir a presença humana em Marte através das tecnologias que melhor integram essa exploração, direcionando as atividades que devem ser desempenhadas a partir disto.

Foram desenvolvidas fases para dar continuidade aos projetos ao longo dos anos e ter um norte para seguir a cada obstáculo concluído e atingir os objetivos maiores como visto na figura 1.

Figura 1: Roteiro de exploração espacial



Fonte: The Global Exploration Roadmap – ISECG, 2018.

A Fase 0 compreende aspectos de exploração desenvolvidos e testados primariamente na ISS que permitirão a exploração cislunar e missões de longa duração espaço adentro. Esta fase desenvolverá pesquisas sobre a saúde e comportamento humano, avanços nos sistemas de comunicação, testes em materiais, operações extraveiculares (Space Launch System/SLS; Orion) juntamente com um sistema de controle e suporte para a vida em Marte além das impressões 3-D. Ainda neste período há a intenção de estimular e facilitar a o comércio e o transporte na baixa

órbita terrestre² assim criando um comércio e fomentando uma economia espacial que dará suporte as futuras missões (NASA, 2017; ISECG, 2018; NASA, 2015).

Dessa forma, todas as atenções serão focadas em atingir a Lua para iniciar a segunda fase, que tem como um ponto muito importante começar a dar autonomia para o homem fora do planeta Terra.

Por conseguinte, a Fase 1 cobrirá demonstrações da SLS e da Orion além de outras atividades de exploração que ocorrerão, num primeiro momento, no espaço cislunar³. Esta fase culminará no estabelecimento da Deep Space Gateway (DSG) em meados da década de 2020⁴ (NASA, 2017; ISECG, 2018; NASA, 2015).

A DSG tem por objetivo estabelecer um futuro sustentável e acessível para a exploração espacial e será uma das operações da NASA para o início de uma independência da Terra. Consiste num módulo que, num primeiro momento servirá como habitação temporária, com objetivo de dar apoio a uma equipe de astronautas, durante o período de permanência mínimo de trinta dias, que, neste período, desenvolverá explorações robóticas na superfície da Lua e consequentemente a fixação do homem da superfície lunar. Após esse período, o módulo passará a comportar como um “portão”, uma base de apoio, as próximas missões tripuladas para o espaço, dentre elas a de colonização de Marte (NASA, 2017; ISECG, 2018; NASA, 2015).

Dando sequência as atividades cislunares, a Fase 2 abarca a validação do *Space Launch System* (SLS) e da Orion, habitação da superfície Lunar e um sistema de transporte no espaço, além de preparar para as missões Mars-class que serão as primeiras missões tripuladas para Marte com o intuito de estudar o campo para finalmente colonizar. Esta fase terminará com um cruzamento, de um ano, tripulado para Marte (NASA, 2017; ISECG, 2018; NASA, 2015).

Concluindo os objetivos nesses dois estágios, mais voltadas para as atividades lunares, passasse a dar atenção para o objetivo final e o início da colonização do planeta Marte, seguindo experiências já adquiridas anteriormente.

No momento da Fase 3+, em diante, a intenção é tornar-se independente da Terra, a partir desse momento o retorno para o planeta será num período de meses até não ser mais necessária a volta. Esse período tem a intenção de permitir missões para colonização das luas de Marte e eventualmente da superfície marciana baseadas nas missões cislunares do sistema Terra-Lua

² Baixa órbita terrestre ou *low Earth orbit* (LEO). Tradução pelo autor.

³ O espaço entre a Terra e a Lua ou entre a Terra e a órbita da Lua (MICHAELIS, 2020)

⁴ Projeções feitas antes dos acontecimentos relacionados ao COVID-19 (Corona vírus)

(NASA, 2017; ISECG, 2018; NASA, 2015).

Esta Fase se completa no momento em que for possível viver e trabalhar habitações que suportem a vida humana por anos, apenas com manutenções de rotina, sendo capaz de coletar recursos marcianos para produção o de combustíveis, água, oxigênio e construções, além de utilizar sistemas avançados de comunicação de dados e resultados (NASA, 2017; ISECG, 2018; NASA, 2015).

Sendo assim a primeira colônia extraterrestre estará formada e consolidada, dando possibilidade de avançar ainda mais na exploração espacial e ocasionalmente expandir e colonizar outros planetas.

1.3 MARTE

A colonização de outro corpo celeste sempre esteve no imaginário do homem, e pela primeira vez, ela é tangível, porém, a dificuldade e os obstáculos que serão encontrados no caminho são grandes. A Terra possui as condições perfeitas de moradia e vida para o ser humano e isso não foi replicado em lugar nenhum, entretanto é possível adaptarmos os lugares para levarmos uma vida normal e Marte possui as melhores condições e as características mais parecidas com a da Terra.

Figura 2: Comparação Terra - Marte



Fonte: Mars Facts – NASA, 2020, modificado pelo autor, 2020.

Como visto na figura 2, algumas das características importantes do planeta são o diâmetro, a distância em relação ao sol e a duração do dia. Em Marte um dia dura 24 horas e 39.6 minutos e o ano 687 dias terrestres ou 669 dias marcianos (Sols), o que é bem próximo do que já experienciamos aqui na Terra, além disso o planeta em questão possui um diâmetro de 6,729 km

o que corresponde a mais ou menos a metade da Terra e uma distância média do sol de 1.381 AU (Uma Unidade de Distância Astronômica⁵) ou 229,000,000km (CARR, 2006; MUSK, 2017).

Marte possui duas luas, estas são Phobos e Deimos. descobertas por Asaph Hall em agosto de 1877 e vinte e quatro anos depois, a sonda Mariner 9 as fotografou presentes na figura 3 (NASA,2019).

Figura 3: Phobos e Deimos



Fonte: Mars Moons – NASA, 2019, modificado pelo autor, 2020.

Phobos é a maior das duas luas, possui 27 x 22 x 18 km de diâmetro e orbita Marte três vezes por dia, um período de 7h 40min; o objeto está em rota de colisão com o planeta, se aproximando à uma média de 1,8 metros à cada cem anos e seguindo esse prospecto ela se solidará em 50 milhões de anos criando um anel na órbita de Marte (NASA, 2019).

Os dois objetos estão virados sempre com a mesma face para Marte, sendo assim, em Phobos, as temperaturas variam muito, indo de, em torno -4 °C na parte iluminada pelo sol, até -112 na outra face (NASA, 2019).

Deimos é a menor, tendo 15 x 12 x 11 km e orbita o planeta a cada 30 horas. Nenhum deles possui atmosfera e são compostos basicamente do que parece ser rochas de tipo C, semelhantes aos detritos de carbono preto dos asteroides e gelo (NASA, 2019).

Tendo em vista as características gerais, o planeta ainda apresenta alguns outros tópicos,

⁵ *One Astronomical Unit* ou Uma Unidade de Distância Astronômica - AU é a média distância Terra-Sol ou $149,5 \times 10^6$ km

como a atmosfera, o clima, a radiação além de ventos e algumas condicionantes geológicas, que necessitam ser mais bem revisados.

1.3.1 Atmosfera

A atmosfera do planeta é bastante diferente da Terrestre por causa da sua composição e gravidade o que influenciará diretamente na tripulação.

A atmosfera de Marte é fina e composta por vários elementos, principalmente de dióxido de carbono e uma pequena quantidade de outros gases, dentre esses o oxigênio correspondente a uma parte ínfima (Figura 4), o que impossibilita a respiração humana. O ar marciano é composto por cerca de 1/1000 de água mas mesmo nessa quantidade tem a possibilidade de condensar-se e formar nuvens (CARR, 2006; HAMILTON, 2017; AASD, 1999).

Figura 4: Concentração de gases na atmosfera



GÁS	CONCENTRAÇÃO
DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	95,32%
NITROGÊNIO (N ₂)	2,7%
ARGÔNIO (AR)	1,6%
OXIGÊNIO (O ₂)	0,13%
MONÓXIDO DE CARBONO(CO)	0,07%
ÁGUA (H ₂ O)	0,03%
NEÔNIO (NE)	0,00025%

Fonte: Mars and Pluto, Compared – NASA, 2015, modificado pelo autor, 2020.

A gravidade no Planeta Vermelho é de $3,711 \text{ m/s}^2$ enquanto que a da Terra corresponde à $9,807 \text{ m/s}^2$, isso equivale aproximadamente à 62,5% em relação à Terra, sendo assim algo que pese 70 kg, em Marte iria pesar aproximadamente 44 kg. Essa realidade acarreta várias consequências para a saúde homem que lá habitar sendo necessário exercícios físicos ao longo da permanência (NASA, 2009).

1.3.2 Estrutura e superfície

A geologia de Marte é complexa portanto é necessário compreender alguns pontos importantes como a composição do solo e do que o planeta é formado para sabermos onde estaremos fixados.

Marte possui um núcleo denso composto de ferro níquel e enxofre envolto por um manto de rocha e acima uma camada de ferro, magnésio, alumínio, cálcio e potássio. A superfície do planeta é composta de várias cores como marrom, ouro e castanho, em geral nesse espectro e por isso é conhecido como Planeta Vermelho. Isso se dá devido a oxidação do ferro presente nas rochas e regolitos (principal componente do solo marciano) além de muita poeira que é levantada pelos ventos comuns no planeta (NASA, 2019; INTERNATIONAL SPACE UNIVERSITY, 2009).

Apesar de Marte possuir metade do tamanho da terra, as duas praticamente se igualam em questão de área em terra seca. Composto por vulcões, crateras e enormes cânions como por exemplo Valle Marineris que é maior, em extensão, se comparado aos Estados Unidos (NASA, 2019).

1.3.3 Clima

As temperaturas na superfície são bem extremas e dependem da latitude, das estações, do albedo além da inércia térmica⁶ da superfície e se faz necessário entender quais são os melhores locais para a tripulação se fixar.

Devido a espessura da sua atmosfera, o planeta absorve pouco da radiação provinda do Sol, isso quando é possível, pois as tempestades de areia cobrem a atmosfera e podem ficar ali por meses. Sendo assim as temperaturas podem ir de -123 °C nos polos até -33 °C durante o verão dos locais mais quentes do hemisfério sul. A temperatura máxima pode chegar a 27 °C porém somente durante o verão em latitudes médias do sul onde a inercia térmica é baixa, dado as condições este é o melhor local para uma possível habitação em Marte (CARR, 2006).

1.3.4 Radiação

Os membros da expedição enfrentarão condições extremas relacionadas a radiação, tanto durante viagem como durante a permanência no planeta.

Os efeitos da grande exposição à radiação vão desde mutações genéticas até a morte e devido à uma atmosfera fina e a falta de um campo magnético, a radiação é um fato cotidiano da

⁶ Refere-se ao fluxo de calor de algo, sua capacidade de armazená-lo.

vida em Marte. O limite *Risk Exposure Induced Death* (REID⁷) definido pela NASA e a ESA corresponde à 3%, porém talvez seja necessário aumentar esse limite para as missões em Marte mesmo que o risco seja desconhecido (HASSLER, 2014; INTERNATIONAL SPACE UNIVERSITY, 2009; WILSON, 2003).

A radiação da superfície de Marte consiste num fluxo de Raios Cósmicos Galácticos (GCR), Eventos de Partículas Solares (SPE) e radiações secundárias. As GCR's são radiações de fundo altamente energizadas e as SPE's são de baixa energia e esporádicas na superfície já as secundárias se dão pela interação dessas duas radiações juntamente da atmosfera e a superfície do planeta, produzindo inúmeras interações entre partículas em inúmeras direções, por isso são difíceis de se caracterizar estudar. Sendo assim é de vital importância um escudo para o sucesso da vida humana no planeta, portando uma alternativa é usar a blindagem natural das cavernas sub-superfície (HASSLER, 2014; INTERNATIONAL SPACE UNIVERSITY, 2009; WILSON, 2003).

1.3.5 Gelo e Água

É inegável e essencial a necessidade de água em Marte para o sucesso da missão e não será possível levar toda a água necessária, portanto isso exige que seja possível identificar qual a melhor fonte e onde ela se encontra para ser retirada.

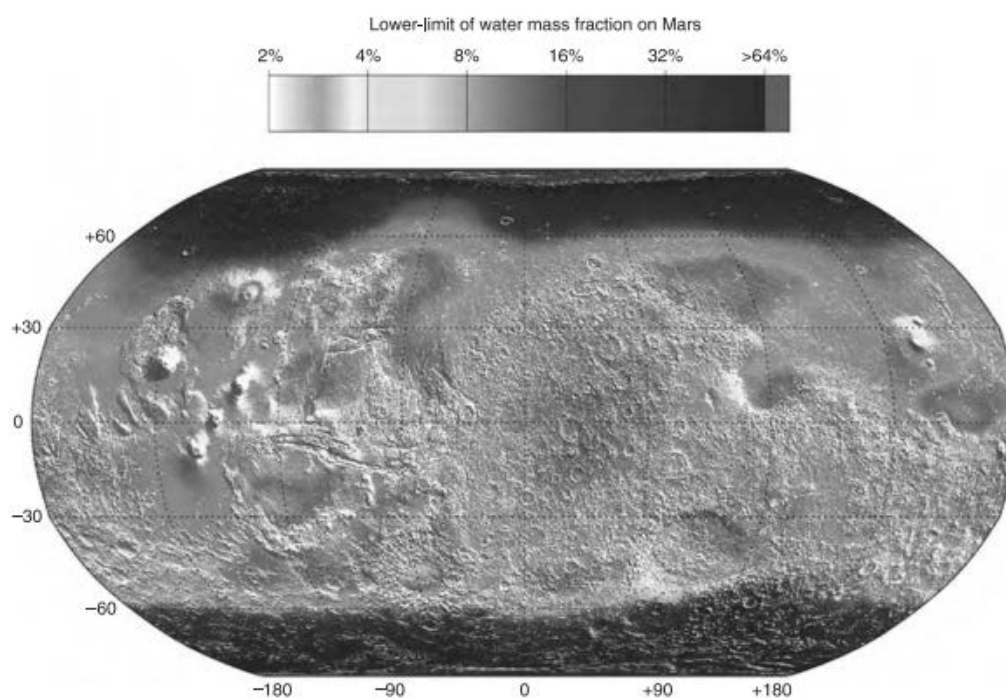
De acordo com Boyce (2002) “Evidências sugerem que Marte é rico em água e pode armazenar o equivalente a um oceano da Terra em água em aproximadamente 0,5 – 1 km de profundidade em forma de gelo e água dentro de sua crosta”. Ela está presente nas calotas polares, nos regolitos, na atmosfera e ainda é possível que exista uma camada de pergelissolo no planeta (CARR, 2006; AASD, 1999; INTERNATIONAL SPACE UNIVERSITY, 2009).

Todas as alternativas são válidas, porém algumas são mais fáceis do que outras. Retirar água dos regolitos e tecnicamente viável desde que seja comprovada a existência da quantidade suficiente; a utilização das calotas polares necessitaria processos de mineração além de um pouco nas camadas polares impedindo a geração efetiva de energia solar e ainda estaríamos longe dos locais com melhores condições para o corpo humano; a atmosfera é a forma que melhor distribui, quantidade de água presente na atmosfera Marte está entre 1 a 2 km³, além disso a concentração é totalmente dependente da estação, latitude e da topografia do local (CARR, 2006; AASD, 1999; INTERNATIONAL SPACE UNIVERSITY, 2009).

⁷ REID (Morte Induzida por Exposição ao Risco). Tradução pelo autor, 2020

Apesar de tudo ainda é possível encontrar água líquida na superfície de Marte desde que esteja sob certas condições termodinâmicas. A maior parte do planeta está sob uma pressão de 6.1 mbar, condição na qual não seria possível água em estado líquido. Contudo, em locais mais baixos onde a pressão é maior e de média e alta latitude, a água trazida para a superfície ou descongelada (Figura 5) (CARR, 2006).

Figura 5: Distribuição de água perto da superfície



Fonte: AASD, Aeronautical and Astronautical Science Division, 1999.

Apesar da dificuldade para ser retirada, o que antes era o principal motivo para se desistir de Marte, hoje, decorrente de pesquisas, o planeta se mostra muito abundante em água.

1.3.6 Ventos

Os ventos em Marte são uma parte importante a se considerar, a presença de tempestades de areia e ciclones são comuns no planeta se faz necessário saber a localização mais segura para de proteger desta intempérie.

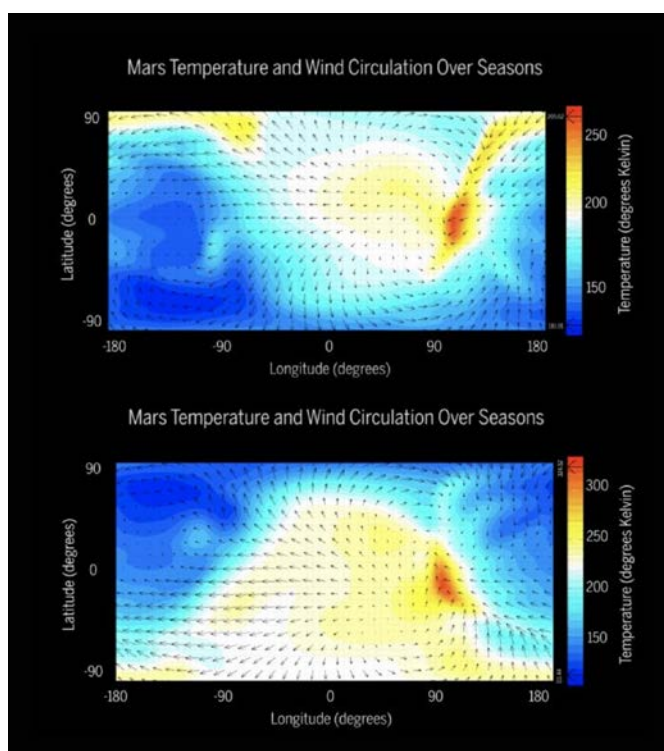
De acordo com Carr (2006) as tempestades de areia que ocorrem no planeta muito observadas e tendem a ocorrer com mais frequência na primavera e no verão do sul, a maioria acontece de forma regional mas em algumas ocasiões podem se tornar grandes a ponto de cobrir o planeta como aconteceu em 1971. Os locais mais favoráveis para a ocorrência desses efeitos

são os limites das calotas polares e a faixa de 10-30° da latitude sul, ademais estes locais outras regiões são: Hellas, os planaltos de Noachis, Argyre, Solis-Síria-Sinai Planum no hemisfério sul e Chryse Acidalia, Isidis Syrtis e Cerberus no hemisfério Norte.

Chamados de Dust Devils em Marte, os ciclones são colunas circulares de ar que ocorrem frequentemente e podem atravessar grandes áreas. Sua atividade é mais comum durante o meio do verão e na primavera em vários lugares do planeta e normalmente se formam no noroeste da região Amazonis Planitia. Alguns podem chegar até 8 km de altura, muito maiores dos que ocorrem na Terra (BELL, 2005).

A sonda MAVEN (Mars Atmosphere and Volatile EvolutionN), que está na órbita de Marte a cinco anos, construiu um mapa global da circulação dos ventos no planeta durante as estações (Figura 6) (STEIGERWALD, 2019).

Figura 6: Temperatura de Marte e circulação do ar durante as estações



FONTE: Steigerwald, 2019.

Considerando os ventos fortes e as tempestades, é necessário um local protegido para a implantação de uma casa no planeta; um local como uma caverna ou uma cratera de diâmetro pequeno podem ser alternativas válidas.

1.4 SAÚDE

Considerando as condições do planeta é necessário fazer uma análise das necessidades

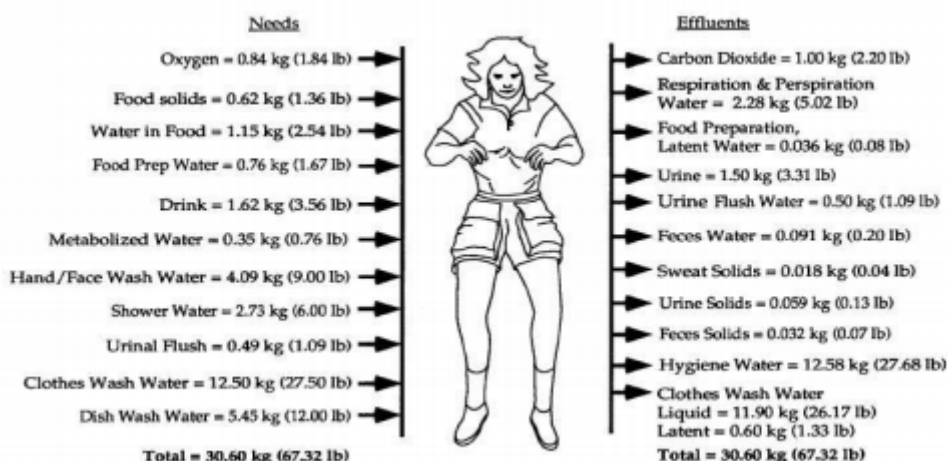
para o corpo humano viver de forma saudável. É necessário que haja uma adequação dos modos de vida e situações para que se mantenham dentro dos padrões saúde tanto física com psicológica tendo em vista que a viagem e somente de ida.

1.4.1 Necessidades para corpo humano

As condições para haver uma habitabilidade no Planeta Vermelho são diferentes e considerando uma viagem para colonização é necessário prover condições para respiração adequadas, comida, água e formas para lidar com os resíduos.

Apesar das diferenças entres os planetas, de acordo com a *International Space University* (2009) as condições do corpo humano são essencialmente as mesmas como é mostrado na figura 7.

Figura 7: Necessidades e resíduos do corpo humano



Fonte: International Space University, 2009.

Para que seja possível atender as necessidades e ter uma condição saudável para o corpo é necessário que haja capacidade de produção que comporte a tripulação toda.

1.4.1.1 Cuidados para com ar e pressão

Como já mencionado, a concentração de oxigênio no planeta é escassa e por isso se fazem necessárias algumas intervenções para criar condições favoráveis ou usufruir de outros lugares que possuam essas condições

Para as necessidades de respiração e eliminar a necessidade de trajes espaciais a de acordo com a *International Space University* (apud JHONATHAN, 2010) é necessário um local completamente pressurizado dentro de um limite mínimo de 51.711 kPa e máximo de 103.421

kPa

Considerando ainda a possibilidade de uso de cavernas como possíveis locais de fixação da colônia, Boston *et. Al* (2003) diz que se o diâmetro das cavernas for pequeno o suficiente as paredes da caverna podem ser usadas para suportar naturalmente a pressão.

Outro ponto a se considerar é a revitalização do ar que provém da fotossíntese. Portanto de acordo com Wheeler (apud MacEroy, 2011), as plantas podem ser uma alternativa não só para servir de comida como também para renovação do ar.

1.4.1.2 Alimentação

Uma das necessidades principais para a sobrevivência é a comida e esta sofreria uma grande adaptação em relação as refeições diárias na Terra. O TED é uma organização sem fins lucrativos dedicadas a espalhar ideias geralmente em forma de palestras curtas, em uma dessas palestras Ingles (2020), defende a ideia de que os habitantes de Marte se alimentarão somente de plantas e completa “Marcianos são veganos!”. Considerando que a quantidade de energia necessária para levar outras formas de alimentação para lá seria enorme (INGLES, 2019).

1.4.1.3 Resíduos

O lixo e quais quer que sejam outros tipos de resíduos é uma consequência com a qual será preciso lidar e num primeiro momento não existem muitas opções.

As recomendações de acordo com Hogan *et. Al* (2005), é que se faz necessário a esterilização de qualquer coisa que será jogada fora para que assim se previna futuras contaminações por micro-organismos terrestres. Depois de embalados os resíduos devem ser armazenados em algum local, sendo dentro da habitação ou alguma caverna. Visando a recuperação de água Al Hussein *et. Al* (apud Aponte *et. Al*, 2009) diz que é possível fazer a secagem, a pirólise e outros processos físico-químicos em sólidos biológicos que podem ser decompostos (fezes, urina, água de higiene, etc.).

1.4.2 Isolamento Social

Sendo essa uma viagem sem volta é compreensível que haja mudanças de humor e comportamento que devem ser mantidas sob controle para que não tenham perigos durante todo o período no planeta, ainda mais considerando as condições dos locais de permanência dos indivíduos pois serão pequenos e os astronautas terão de conviver uns com os outros por muito tempo presos num mesmo local; segundo Paloski (2020), em entrevista à Forbes disse:

“Isolamento e confinamento são como estar sozinho em um espaço apertado, e esse sentimento piora com o tempo” e Quanto mais tempo uma pessoa passa nesse tipo de ambiente, há um potencial para problemas cada vez maiores”⁸. De acordo com o DRM da NASA (2009), o isolamento e o confinamento induzem ao estresse e isso pode afetar o funcionamento, efetividade e a produtividade da equipe.

Como solução, a composição da equipe deve ser baseada em características pessoais e interpessoais que promovam grupos produtivos e funcionais, com pessoas que possuam diferentes habilidades necessárias para as operações (NASA, 2009).

Ademais essas alternativas, devido aos acontecimentos mundiais relacionados com COVID-19⁹ e suas consequências, como a necessidade de um distanciamento social, a Forbes (2020), publicou uma série de alternativas, divulgadas por astronautas, para lidar com essa situação como ter um olhar amplo das situações e definir objetivos realistas, manter-se ocupado e ainda a mente e o corpo ativos além de manter seus espaços limpos e confortáveis, manter a comunicação e ajudar uns aos outros.

1.5 ERGONOMIA E A NEUROARQUITETURA

Manter um local seguro para os humanos vai além de características propriamente técnicas relacionados ao entorno da habitação. A ergonomia, definida pela Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO), consiste em:

A Ergonomia (ou Fatores Humanos) é uma disciplina científica **relacionada** ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e à **aplicação** de teorias, princípios, dados e métodos a projetos **a fim** de otimizar o bem estar humano e o desempenho global do sistema. (ABERGO, 2020).

Portanto, o local onde irão passar a maior parte do tempo necessita ser confortável de todas as formas, desde as escolhas dos espaços e os tamanhos físicos, levando em consideração até as questões de bem estar proporcionado pelo lugar em que a pessoa se encontra e como ela e o espaço interagem entre si.

⁸ “Isolation and confinement is like being alone in a cramped space, and that feeling worsens over time,” e “The longer and longer a person spends in that kind of environment, there is a potential for bigger and bigger problems.”. Traduzido pelo autor.

⁹ Pandemia ocorrida em 2020 que acarretou diversas mudanças e consequências afetando profundamente vários países e diretrizes mundiais.

1.5.1 Ergonomia Física

Existe a necessidade de um local com uma configuração agradável e que seja fisicamente facilitado e à esta damos o nome de ergonomia física.

A ergonomia física se relaciona com a anatomia humana, a antropometria, fisiologia e a biomecânica. Entende-se também o foco sobre a situação de trabalho. A ergonomia física consiste em adequar todo o entorno aos limites e capacidades do corpo, incluindo tópicos como postura durante o trabalho, manuseio de materiais, movimentos repetitivos entre outros para que haja um melhor proveito das atividades realizadas. (ABERGO, 2020; VIDAL, 2012)

Considerando um sistema musculoesquelético de um corpo a parte esquelética confere as dimensões antropométricas como estatura, capacidade de movimentação, comprimento de membros e alcances. Sendo assim possível dimensionar um dos aspectos mais importantes da ergonomia, o posto de trabalho, que caso esteja inadequado pode vir a causar problemas de saúde. Adjunto a esse sistema se encontra o sistema muscular que possui a característica de se retrair e estender e para isso consome energia e mais uma vez a ergonomia se faz necessária para que haja uma adequação e realização da tarefa sem desperdício de energia (VIDAL, 2012).

A ergonomia se faz necessária para que a equipe que trabalhará em Marte possa realizar todas as tarefas, atividades, pesquisas e experimentos de forma confortável e produtiva sem perder efetividade.

1.5.2 Ergonomia Cognitiva aliada à Neuroarquitetura.

A ergonomia não se trata somente de espaços e as atividades neles desempenhadas como nos postos de trabalho por um olhar somente físico. Considera-se que a ergonomia cognitiva aborda aspectos relacionados às atividades mentais dos indivíduos durante o trabalho.

Ela consiste em relacionar processos como a percepção, memória, raciocínio e respostas motoras para entender como isso afetará a interação entre os humanos e as atividades desempenhadas por eles em algum sistema. O ser humano não, somente, executa uma ação, ele interage com o meio e absorve informações que podem interferir no seu desempenho. Este estudo leva em consideração a carga mental de trabalho as tomadas de decisão, condições de estresse além de interações homem-computador e homem-homem (ABERGO, 2020; VIDAL, 2012).

Considera-se um espaço habitável aquele, caso tenha sido construído com o caráter de “habitar”; este é um pensamento do usuário para um local qual atenda as condições de conforto, principalmente relacionadas ao conforto psicológico, fundamentado em características do espaço

socio-físico. A contemplação do espaço retorna informações sensoriais e espaciais que após reproduzidas em nosso cérebro, em forma de imagens, podem influenciar de forma emocional e comportamental, de maneira boa ou ruim relacionado aos elementos desse espaço como cores, texturas, iluminação, forma, etc (GUTIÉRREZ, 2018).

O cognitivismo de forma ergonômica aliada à neuroarquitetura possui um papel importante na concepção de espaços, sejam eles de trabalho ou sociais, pois garante a efetividade e produtividade aliada ao bem estar dos indivíduos que usufruem do local.

1.5.2.1 Cores

O uso e a composição das cores que serão usadas nas habitações são de suma importância por influir em questões físicas e psicológicas.

A utilização das cores tem um impacto muito profundo nos seres humanos seja em questões físicas ou psicológicas pois o ser humano consegue fazer relações e associações estas de acordo com Figueiredo (2016) são decorrentes da nossa memória, referências culturais e observação da natureza e assim resultará em uma predileção de cores que resultará na sensação de bem-estar; assim como podemos observar pela pesquisa de Heller:

Os resultados das pesquisas demonstram que cores e sentimentos não se combinam ao acaso nem são uma questão de gosto individual – são vivências comuns que, desde a infância, foram ficando profundamente enraizadas em nossa linguagem e em nosso pensamento (HELLER. 2014).

Para uma compreensão geral, serão descritas algumas características relacionadas as cores pesquisadas e sintetizadas por Sandra Figueiredo (2016) baseada na análise do livro “A psicologia das cores”, resultado de uma pesquisa desenvolvida por Eva Heller, juntamente as características definidas por Luis De Garrido em uma de suas obras.

- **Azul** – Cor preferida de 46% dos homens e 44% das mulheres. Caracteriza-se por ter propriedades sedativas, refrescantes e antiespasmódicas.
- **Vermelho** – Cor preferida de 12% dos homens e das mulheres, sendo menos apreciada por 4% de ambos. Caracteriza-se por ser estimulante, excitante e revigorante; relacionado a ação e a paixão e desperta o apetite; relacionado ao calor.
- **Amarelo** – Cor preferida de 6% dos homens e mulheres, sendo menos apreciada por 7% de ambos. Caracteriza-se por estimular as células visuais; ligeiramente irritante.

- **Verde** – Cor preferida de 16% dos homens e 15% das mulheres, sendo menos apreciada por 6% dos homens e 7% das mulheres. Caracteriza-se como neutra, morna, tranquilizadora e refrescante; favorece a concentração e a meditação; calmante e relaxante.
- **Preto** – Cor preferida de 10% dos homens e mulheres; oscila com a idade. Caracteriza-se por incitar à tristeza e o pessimismo; favorece a fadiga e vitalidade; em contraponto também pode simbolizar equilíbrio.
- **Branco** – Cor preferida de 2% dos homens e mulheres, sendo menos apreciada por quase 2% dos homens e 1% das mulheres. Caracteriza-se por incitar a vitalidade e a força; anima e remedia estados depressivos.
- **Laranja** – Cor preferida de 3% das mulheres e 2 % dos homens, sendo menos apreciada por 9% dos homens e 6% das mulheres. Caracteriza-se por efeito antiespasmódico; melhora o ânimo e incita o otimismo.
- **Violeta** – Cor preferida de 12% das mulheres e 9% dos homens, sendo menos apreciada por 9% dos homens e 3% das mulheres. Caracteriza-se como calmante para irritação e angústia.
- **Rosa** – Cor preferida de 3% das mulheres, sendo a cor menos apreciada por 29% dos homens com menos de 25 anos e 7% dos maiores de 5, de 25% de mulheres com menos de 25 anos e de 8% das maiores de 50 anos. Caracteriza-se como tonificante e energético; estimula a atividade psíquica.

As cores possuem várias propriedades e se bem utilizadas podem equilibrar o ambiente de forma perfeita para que haja produtividade e equilíbrio emocional numa viagem à Marte.

1.5.2.2 Iluminação

O corpo humano é afetado pelo espaço que ocupa e o que nos dá a sensação de espaço é justamente a luz; a relação do homem com a luz pode assumir uma conexão tanto cognitiva quanto mais psicológica.

Costa (2013) afirma que a luz é capaz de “alimentar” e “inundar” o homem de sensações assim como iluminar os espaços pelos quais o homem anda guiando as ações do dia a dia.

Algumas relações psicológicas expressadas pelo homem podem ser fruto direto da sua relação com a luz pois, a percepção de um espaço não é feita sozinha e sim envolta por um contexto que podem resultar em fenômenos visuais e auditivos pois a mente humana está programada para procurar sentidos e significados, devido ao seu instinto de sobrevivência, em

memórias armazenadas (COSTA, 2013).

O total de luz recebida entre fontes artificial e natural, são diferentes e estas possuem influências diferentes no corpo humano.

De acordo com Martau (2009), decorrente da sua concentração de azul, a luz natural é capaz de produzir no corpo humano, o hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) além de esteroides, substâncias que equilibram o corpo como a vitamina D; em contrapartida a luz artificial não possui essa capacidade o que pode causar efeitos nocivos à saúde.

Considerando as temperaturas de cor das luzes também é possível observar diferentes estímulos do sistema circadiano e produção de melatonina para diferentes temperaturas, sendo temperaturas mais baixas, menos anuladoras de produção de melatonina e conseqüentemente menos implicações cronobiológicas. As temperaturas de cores altas estimulam mais a atividade mental enquanto o sono é incitado sob condições de cor de 3000k (MARTAU apud REA; GEERDINCK e SCHLANGEN, 2009).

Portanto, é necessária uma boa iluminação para incitar momentos de produção científica e trabalho considerando também a necessidade de momentos de relaxamento.

1.5.2.3 Sons

O homem também possui uma relação com o som pois este, também tem, as capacidades cognitivas e psicológicas assim como a iluminação.

Figueiredo (apud FORDHAM, 2016) afirma que vários sons, como a música, são “respostas emocionais” do corpo, muitas vezes ligadas à felicidade, considerando até alternativas terapêuticas.

Além da qualidade relaxante que o som pode proporcionar, há a necessidade de lembrar que o som também possui a característica de compreensão de espaços já que com ela conseguimos ouvir ecos, ruídos, efeitos acústicos diferentes provindos de determinados ambientes e materiais diferentes (FIGUEIREDO apud PAPANÉK, 2016).

Dado as qualidades do som e as possibilidades ofertadas por ele e considerando a necessidade de uma tripulação focada e empenhada, em seus objetivos, como também saudável psicologicamente, se faz necessário a presença de sons e ruídos para manter o bem-estar durante o período.

1.5.2.4 Climatização

A temperatura dos ambientes tende a ser uma grande forma de desconforto, tanto físico

como psicológico, para os usuários do local, casa não seja bem administrado a ponto de provocar alterações de comportamentos.

Sendo assim o calor tem a capacidade de excitar fisicamente as pessoas fazendo com que haja um aumento da pulsação cardíaca e conseqüentemente sudorese sendo assim facilmente confundida com a raiva frente a situações de frustração o que pode vir a provocar agressão (FIGUEIREDO apud ALTER, 2016).

Figueiredo (apud ALTER, 2016) ainda afirma que o cérebro faz interpretações parecidas relacionando o calor físico ao social; complementa dizendo que temperaturas frias estão ligadas ao isolamento social e são administradas pela insula, que corresponde a uma parte do cérebro que processa informações viscerais, dores e mudanças de temperatura ao mesmo tempo em que também é responsável por lidar com noções de confiança e conexões sociais.

Dado as circunstâncias, a aclimação correta de um local de trabalho ou descanso e necessária para manter uma boa relação interpessoal no grupo.

1.6 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O capítulo descrito acima gerou informações e contribuiu para a concepção do projeto proposto no desenvolvimento do trabalho.

Com a produção da revisão bibliográfica foi possível entender as condições geológicas, físicas e atmosféricas relacionadas ao planeta Marte e suas condicionantes para a vida humana. Desenvolvido com o intuito de embasar corretamente a concepção de um projeto de arquitetura para o início da colonização do planeta considerando as necessidades tanto físicas, relacionadas à saúde, como de trabalho, visto que o desenvolvimento de pesquisas e estudos se farão presentes.

Ademais entendeu-se a importância da relação do homem com a moradia e de que forma esta implica e age na vida do mesmo, relacionando características de ergonomia tanto física como cognitiva, aliadas à neuroarquitetura que resulta em entendimentos sobre aspectos como cores, sons, temperatura e iluminação, sendo estes pontos que ativam alguns dos sentidos mais importantes do ser humano que por sua vez implicam diretamente em seus rendimentos e produtividade do dia a dia.

Entende-se dessa forma que o capítulo incita a reflexão da real necessidade de um local ergonômico e bem projetado, considerando as sensações e as capacidades físicas do usuário para um espaço confortável que se fará produtivo e saudável da mesma forma como qualquer projeto na Terra, visto que este estará sendo construído em um planeta com condições diferentes que implicarão em necessidades de distanciamento social e enclausuramento.

2 CORRELATOS E ABORDAGENS

Diante das informações apresentadas e da complexidade que um projeto em outro planeta apresenta é necessário analisar outras propostas projetuais, previamente desenvolvidas, para que se possa ter uma compreensão total, bem como dar embasamento técnico de como é possível desenvolver uma edificação em Marte.

2.1 OBRAS

Tendo em vista o desenvolvimento desse capítulo, foram encontradas alguns projetos conceituais e edificações que “materializaram” e colocaram em prática as necessidades para esse tipo de projeto. Considerando o conteúdo deste capítulo, estes estão em sites, artigos e textos, por muitas vezes, desenvolvidos pelos próprios idealizadores do projeto e por isso se fazem presentes em um só lugar.

A partir disso, foram selecionadas três obras que abordam quesitos como: funcionalidade dos espaços, forma, aspectos estruturais, e ergonômicos. A ergonomia, em especial, será analisada nos âmbitos físicos e cognitivos, juntamente com a neuroarquitetura. Para tal desenvolvimento, serão analisadas as seguintes obras: MARSHA Mars Habitat, Mars Ice House, um conjunto de laboratórios e o Livsrum.

Os correlatos escolhidos possuem os aspectos necessários e importantes e que por muitas vezes se relacionam, desde os sistemas estruturais até necessidades humanas, para resolução de um problema e dessa forma são de suma importância para concepção de um projeto em Marte.

2.1.1 MARSHA Mars Habitat

De acordo com a AI SpaceFactory (2018), empresa que desenvolveu o projeto, a busca por estratégias avançadas de construção e tecnologia para a exploração espacial sempre foi o foco da instituição, e foi dessa forma que surgiu a referente proposta, tendo sempre em mente que a arquitetura é um ponto importante na vida do homem e que dita como vivemos. Além disso, considerou-se também a importância do design para o sucesso da missão, bem como para a preservação das relações sociais e saúde mental dos seres que vivenciariam a possível construção do projeto.

Figura 8: MARSHA Mars Habitat



Fonte: Archdaily, 2018

O design da MARSHA foi concebido em 2018 e se localiza na Cydonia ao sudeste da Acidalia Planitia, o projeto se desenvolve em aproximadamente 115 m² feito com mix de plástico PLA e basalto marciano impressos em 3D dada a sua viabilidade de produção, além disso toma como partido uma forma oval afim de melhorar o espaço interno e não forçar a estrutura como é possível observar na figura 8.

A fim de fugir das ideias de projetos previamente divulgadas e por não compactuar com o conceito de um domo baixo e confinado e com intenção de mesmo assim proporcionar funcionalidade, a proposta se desenvolve verticalmente e segue um formato cilíndrico e oval composta por duas camadas: a externa e a interna

A primeira mencionada é otimizada para lidar com pressões atmosféricas e estresses estruturais e termais, além de proporcionar um formato arredondado que fornece maior área útil e facilita a impressão para os robôs (MONTES, *et al.* 2018).

Figura 9: MARSHA Mars Habitat: Camadas



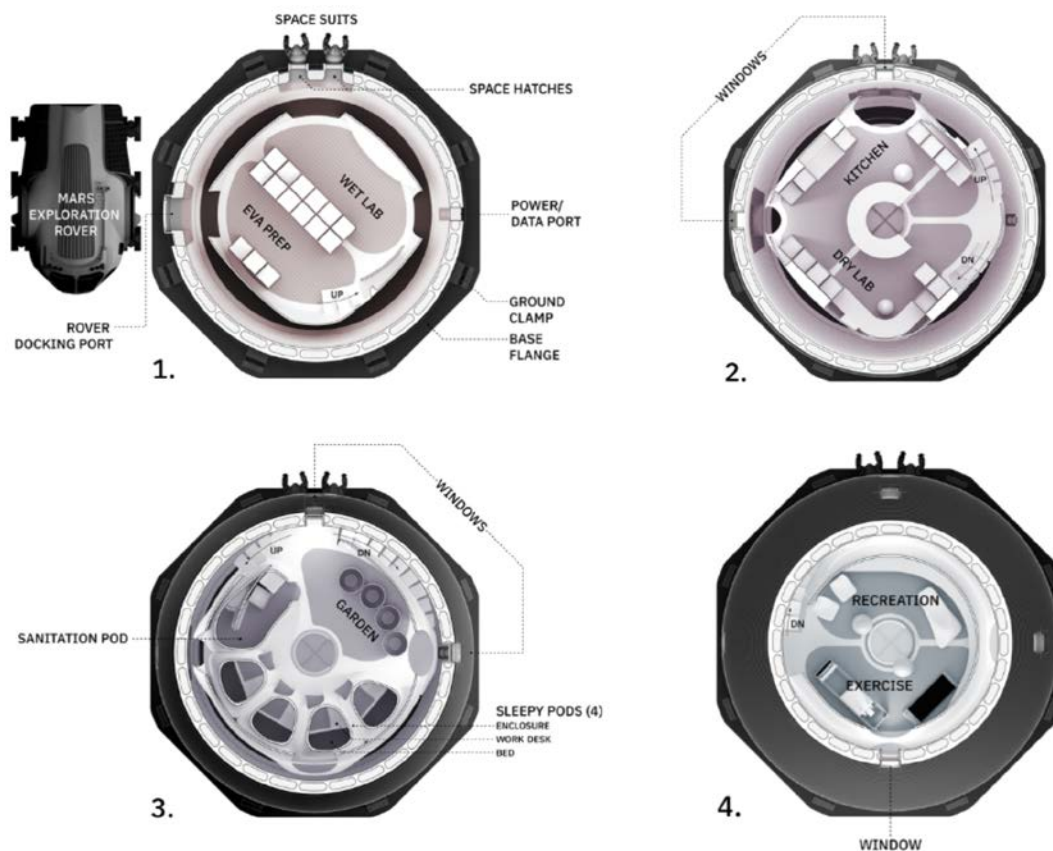
Fonte: Archdaily, 2018

Já a camada interna, pode ser projetada ao redor das necessidades humanas, facilitando a setorização e a divisão das atividades na edificação, permitindo ainda o contato visual com a paisagem local e luz natural devido as aberturas, que foram projetadas da melhor maneira possível, para cumprir o objetivo como visto na figura 9 (MARSHA, 2018).

Otimizado para a saúde e performance da tripulação a edificação em formato vertical foi dividido em quatro níveis incitando diferentes locais de trabalho e necessidades ao longo do dia e separando de forma expressiva as atividades desempenhadas observado na figura 10. Além disso este formato reduz a sensação de enclausuramento e proporciona maiores espaços já que as divisões são feitas verticalmente. Ademais a utilização de duas camadas possui a intenção de manter a luz sempre presente pois, o espaço entre a camada interna e externa age como um poço de luz conectando todos os andares com iluminação natural difusa e circadiana¹⁰ desenvolvida para recriar a luz da Terra; por este motivo todos os andares possuem pelo menos uma janela cobrindo assim 360 graus do projeto (MARSHA, 2018)

¹⁰ Circadiana: Cujo ciclo ou período é de cerca de 24 horas

Figura 10: Pavimentos MARSHA



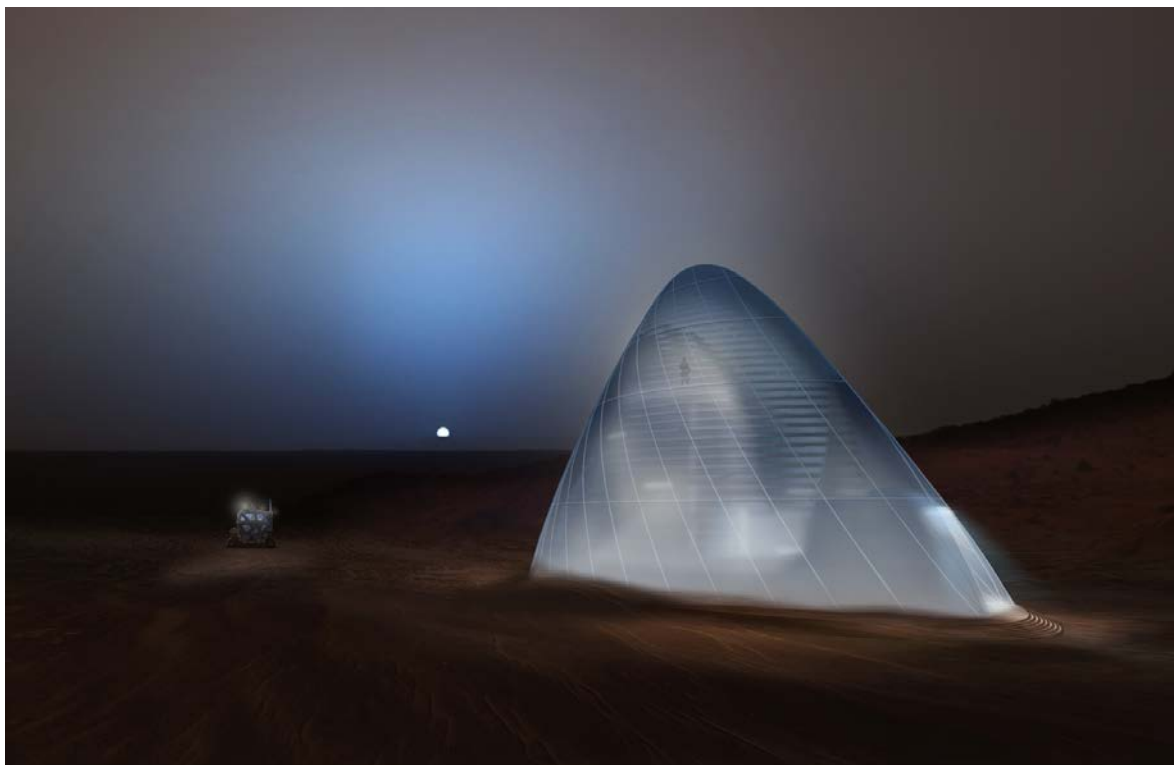
Fonte: AI SpaceFactory, 2018

A relevância desse estudo se dá pela necessidade de compreensão de algumas condições físicas para a construção ao mesmo tempo que contribui para a ergonomia cognitiva considerando a separação de atividades, aliando-se à consciência da necessidade de um local que proporcionará saúde mental e proporcionará espaços bem iluminados juntamente com a negação do enclausuramento, mantendo uma relação com o, já conhecido, planeta Terra.

2.1.2 Mars Ice House

Desenvolvida pela Clous AO (Clouds Architecture Office) e SEArch (Space Exploration Architecture), A Ice House é fruto de um concurso lançado pela NASA, o 3D Printed Habitat Challenge, do que o projeto foi vencedor (figura 11). Localizada na Encosta Norte da Alba Mons em Marte, a edificação utilizou de recursos locais para a construção da habitação ao mesmo tempo que também se atentou a qualidade de vida e produtividade da tripulação durante a sua estadia (CIARDULLO, *et al.* 2016)

Figura 11: Mars Ice House

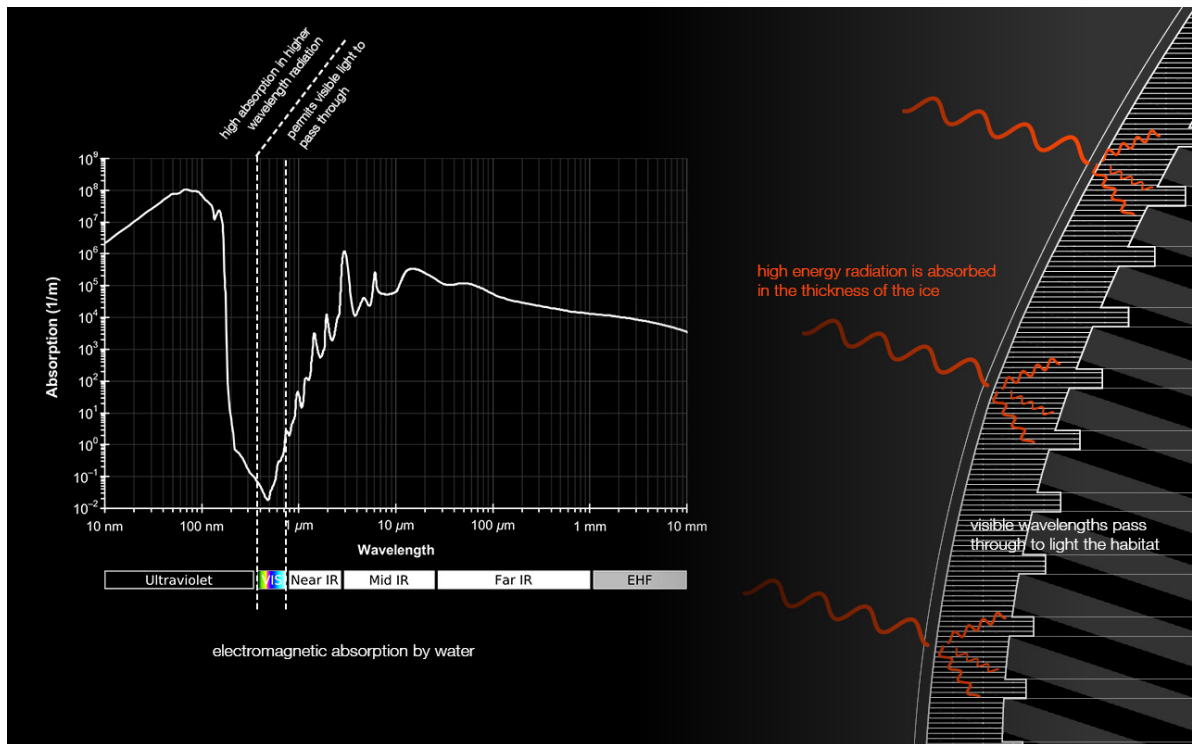


Fonte: Mars Ice House, 2015

A forma escolhida para a concepção da estrutura foi novamente a impressão 3D, desta vez com água em estado sólido (gelo) e novamente é possível observar a forma orgânica na edificação facilitando a impressão e a presença de uma camada interna e externa que possuem o objetivo de manter a pressão necessária no espaço para não ser necessário o uso de roupas especiais (CIARDULLO, *et al.* 2016).

A construção possui diferentes alternativas para resolver vários problemas que serão enfrentados pelos colonizadores, dessa forma, o gelo, foi escolhido como matéria prima pelo fato da água possuir um espectro de absorção que absorve a radiação de alta energia e comprimento de onda curto, tornando-se um escudo para a radiação ao mesmo tempo que permite que a luz no espectro visível passe e ilumine o interior como apresentado na figura 12 (MARS ICE HOUSE, 2015)

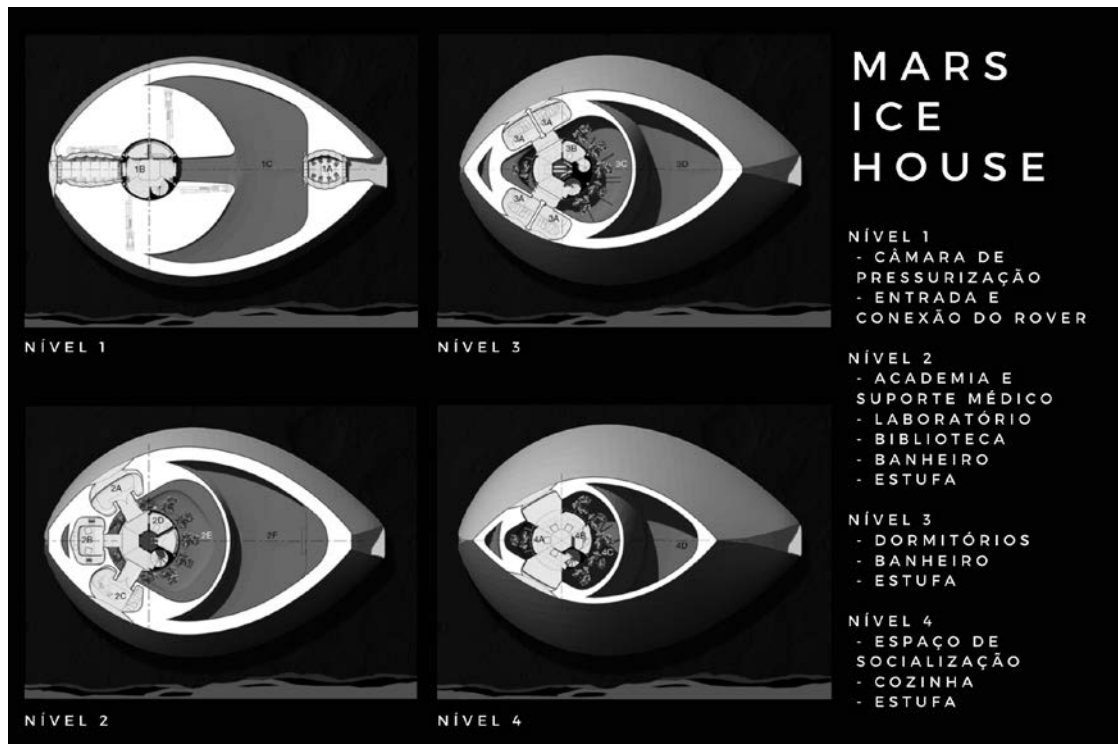
Figura 12: Absorção da radiação pela água.



Fonte: Mars Ice House, 2015

Como apresentado na figura 13 estes foram os ambientes identificados na Ice House. Estes ambientes foram articulados verticalmente de forma que esta espacialidade consegue organizar o programa de atividades dentro do local introduzindo espaços privados e comunitários ao mesmo tempo que fornece circulação no *habitat* oferecendo à tripulação um meio de exercício aos subir os níveis (MARS ICE HOUSE, 2015).

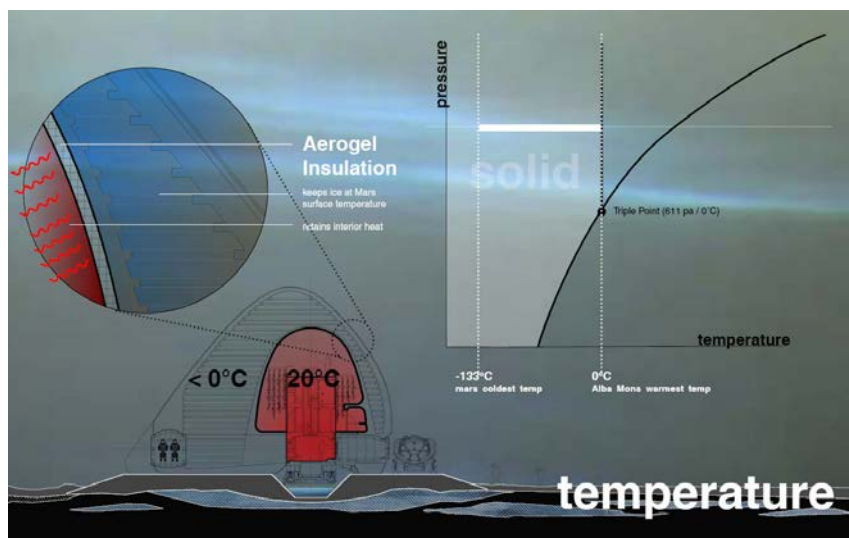
Figura 13: Programa de necessidades Mars Ice House



Fonte: Mars Ice House, 2015, modificado pelo autor, 2020.

Apesar do material escolhido, a edificação precisará manter um local com temperaturas amenas e que permitam a estadia no seu interior, desta forma foi impressa uma camada translúcida de aerogel hidrofóbico com transmitância de luz de 66% entre a camada externa e a interna para se garantir o conforto térmico visto na figura 14 (MARS ICE HOUSE, 2015).

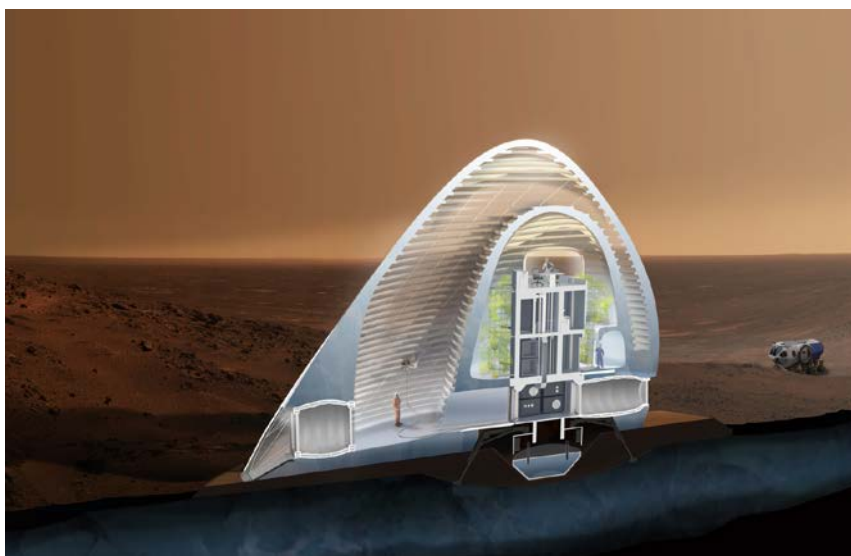
Figura 14: Camada para conforto térmico.



Fonte: Mars Ice House, 2015

Logo nos primeiros níveis, entre a camada interna e o núcleo da edificação os espaços são circundados por jardins hidropônicos, eles permitem a tripulação contato com a vida natural das plantas e cores que quebram o visual monótono da paisagem ao mesmo durante suas atividades diárias o que beneficia o bem-estar psicológico e mental ao mesmo tempo que fornece comida, oxigênio e crescimento de experimentos a serem desenvolvidos exemplificado no diagrama da figura 15 abaixo (MARS ICE HOUSE, 2015).

Figura 15: Corte Mars Ice House



Fonte: Mars Ice House, 2015

Este estudo se faz importante pois mostra a usabilidade da água em diversos aspectos ao mesmo tempo como para o bloqueio da radiação, como material e elemento construtivo possibilitando a entrada de luz natural. Outro ponto pertinente é o uso de jardins verticais como instrumentos para experimentos e contato com a vida natural ao mesmo tempo que suplementa a oferta de oxigênio. Ademais o uso de material para o conforto térmico e ainda o uso de diferentes níveis para a diferenciação das atividades produzindo espaços individuais e sociais para manter uma boa ergonomia cognitiva.

2.1.3 Livsrums – Centro de Assessoria ao Câncer

O centro de apoio a pessoas com câncer, foi um projeto desenvolvido em 2013 pelo escritório EFFEKT e localiza-se em Næstved na Dinamarca. Desenvolvido como um grupo de sete pequenas casas cada uma com uma finalidade diferente, porém juntas foram um espaço compreensível e coerente ilustrado pela figura 16 abaixo.

Figura 16: Livsrum – Centro de Assessoria ao Câncer



Fonte: Archdaily, 2014.

Resolvido em 800m², o projeto conta com biblioteca, cozinha, quartos para conversação, sala de estar, oficinas para diversas atividades, academia e centros para o cultivo do bem-estar. A cozinha é tida como o coração da casa e o espaço central de convivência pois permite uma circulação contínua entre todos os outros espaços identificados pela setorização na imagem 17 (EFFEKT, 2013).

Figura 17: Setorização Livsrum



Fonte: Archdaily, 2014, modificado pelo autor, 2020.

De acordo com o Archdaily (2014) a variedade de salas oferece terapia, interação e uma colaboração de forma informal totalmente focada no conforto e bem estar dos usuários. Isso é

devido aos diferentes materiais empregados na construção do local, que fazem distinção da ideia comum de um hospital.

Outro ponto a se observar é a utilização das cores no local que geram uma sensação de receptividade. A cor branca paralelamente aos materiais e as diferentes cores dos diversos objetos, neutralizam a experiência e de certa forma até a conduz, mas de forma sutil como é possível observar nas imagens do projeto da figura 18. As imagens da figura correspondem, respectivamente, “1” à cozinha, “2” à biblioteca, “3” ao espaço de atividades físicas,

Figura 18: Espaços Livsrum



Fonte: EFFEKT, 2013, modificado pelo autor, 2020

O presente correlato se faz necessário pois mostra a divisão de tarefas em conjunto de espaços para relaxamento e locais de convivência e como ela é benéfica para manter a saúde psicológica. Ademais as cores utilizadas e os materiais conseguem criar um ótimo equilíbrio e locais confortáveis, convidativos e aconchegantes ao mesmo tempo que direciona atividades dependendo da necessidade da atividade.

2.2 ESPAÇOS DESTINADOS AOS LABORATÓRIOS

A presente pesquisa busca embasar proposta projetual de uma edificação em Marte. Entretanto, além de fornecer habitação aos possíveis habitantes, se evidencia a necessidade de elaborar espaços destinados a pesquisa laboral. Nestes laboratórios, poderão ser analisadas as mais diversas variáveis presentes no planeta Marte.

Para elaborar este projeto, vale ressaltar que a ergonomia física se faz necessário em todas as edificações direcionadas para o homem, indiferente do local que a obra venha a ser executada. E ela é desenvolvida com o intuito de promover o conforto para os usuários e o bom aproveitamento dos espaços criados sejam eles individuais ou comuns, de trabalho ou descanso. Portanto, considerando o objetivo final desta pesquisa, os espaços usuais em uma moradia serão desenvolvidos de acordo com as normativas do Neufert (2018); por se tratar de uma edificação em Marte, haverá a necessidade de espaços que proporcionem subsídios para a realização de pesquisas.

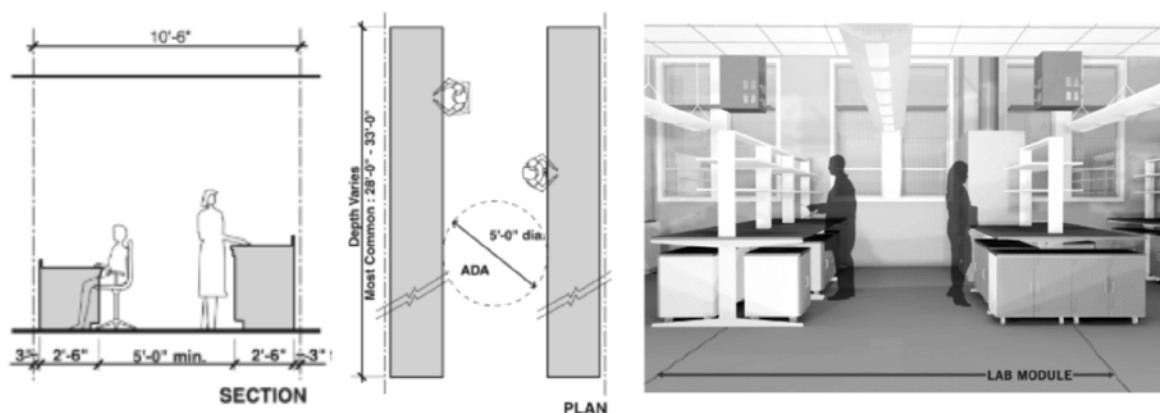
Desta forma, a análise deste item, terá como foco principal, a observação de *layouts* de laboratórios, tendo em vista a sua presença no projeto a ser elaborado como produto final. Este estudo é desenvolvido com o intuito de embasar melhor as condições de tamanhos de espaços e normativas, além de uma compreensão mais aprofundada das necessidades a fim de encaixá-las em um espaço não convencional para esta atividade como uma casa.

2.2.1 A análise

De acordo com a *Whole Building Design Guide* (WBDG) (2017), um módulo de laboratório é a unidade principal de qualquer instalação laboratorial e quando bem desenvolvida conseguem promover flexibilidade e fácil possibilidade de expansão.

Como evidenciado na figura 19, um módulo de laboratório possui em torno de 10'6" (dez pés e seis polegadas) de largura e pode variar de 28'0" (vinte e oito pés) até 33'0" (trinte e três pés) de profundidade. Estas distancias correspondem a duas fileiras para mesas e equipamentos como capelas, autoclaves e todos os instrumentos necessários. Visando o conforto dos usuários e a flexibilidade para o uso dos equipamentos, estes podem ser rearranjados em armários moveis, o que permite várias configurações do espaço, além disso as mesas podem ser ajustadas verticalmente de 80cm até 1m permitindo que o trabalho seja feito sentado ou em pé. Com isso as únicas estações de trabalho fixas são as capelas, gabinetes e pias (WBDG, 2017).

Figura 19: Dimensões em laboratórios.



Fonte: WBDG, 2017, modificado pelo autor, 2020.

As figuras abaixo correspondem a um módulo de laboratório da Universidade de Portland, desenvolvida pela Hennebery Eddy Architects. As instalações laboratoriais possuem aproximadamente 250m² e contam com capelas, autoclaves e todos os instrumentos necessários para startups desenvolverem remédios, dispositivos médicos e quaisquer inovações químicas e biológicas (HENNEBERY EDDY ARCHITECTS, 2020)

É possível observar os armários móveis, o arranjo dos equipamentos e as estações de trabalho fixos. Ao analisarmos e considerarmos as proporções humanas ainda é possível compreender o tamanho da sala e que todos os nichos ficam ao alcance do usuário como evidenciado na figura 20.

Figura 20: Laboratório da Universidade de Portland



Fonte: Hennebery Eddy Architects, 2020

De acordo com Neufert (2018) a mesa de laboratório, seja ela móvel ou fixa, é a unidade

básica do dimensionamento das áreas de trabalho. Estas mesas devem ter 80cm de profundidade sendo 60cm de bancada e 20cm para as instalações elétricas e de gás. Arelado a essas medidas adiciona-se as dimensões de passagem que devem ter de 1,65m até 1,90m para se ter duas pessoas trabalhando nas bancadas e uma com passagem totalmente livre entre elas, dessa forma se configura o eixo de trabalho.

Figura 21: Instituto de Biodesign da Universidade do Estado do Arizona



Fonte: Lab Manager, 2020.

As figuras da imagem 22 correspondem ao Instituto de Biodesign C da Universidade do Estado do Arizona nos Estados Unidos que possui aproximadamente 50,000m², o prédio possui certificação LEED e é um dos maiores investimentos em infraestrutura para pesquisas. Criado para fomentar e desenvolver descoberta de novas vacinas; detecção e tratamento de câncer,

técnicas de tratamento de água e ar e aplicações para nanotecnologia. O complexo busca incluir uma grande gama de desafios globais (ARIZONA STATE UNIVERSITY, 2020).

Em um dos laboratórios do instituto, representado na figura 23, é possível identificar 3 módulos integrados de laboratórios que mostram as dimensões corretas tanto para passagem como para mesas trabalho, sendo possível observar novamente os móveis flexíveis e os nichos, sempre ao alcance dos pesquisadores com o intuito de melhorar a ergonomia cognitiva assim mantem-se o foco e o raciocínio.

2.3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O capítulo desenvolvido acima se faz de grande importância no desenvolvimento do projeto pois, compila grande quantidade de informação importante para o desenvolvimento do projeto proposto ao decorrer do trabalho.

Com o desenvolvimento dos correlatos e abordagens se fez compressível como atingir boas condições espacialidade de trabalho, iluminação, climatização, espaços confortáveis, físicos e psicologicamente e além disso algumas condições estruturais para a concepção do projeto.

Ademais compreendeu-se como gerir alguns espaços para que se relacionem entre si e se observou como podemos dar equilíbrio a eles para que dessa forma seja possível oferecer melhores espaços de socialização para a tripulação visto as condições em que estarão inseridos.

Além disso, em decorrente da análise desenvolvida, se fez possível entender como inserir espaços não convencionais em determinadas edificações como os laboratórios que estarão presentes na habitação. Foi analisado as condições mínimas de espaço para um bom funcionamento destes locais e adotadas estratégias de projeto para comprimir ainda mais estes espaços mantendo sua funcionalidade.

Aliado a essas condições, o estudo se fez importante em questões estruturais e para direcionamento de algumas alternativas de materiais a serem utilizados. Demonstrou-se novas possibilidades de materiais construtivos e embasou novas ideias e usos de matérias primas não convencionais de forma estrutural como a água.

Entende-se dessa forma que o capítulo embasa as condições pertinentes para o desenvolvimento de um projeto que se fará confortável e ergonômico. Juntamente a essas condições, será capaz de manter em ordem as capacidades intelectuais, cognitivas e sociais da equipe assim como qualquer projeto de arquitetura desenvolvido em solo terráqueo tendo em vista a humanidade com a tripulação e a importância da colonização de outro planeta.

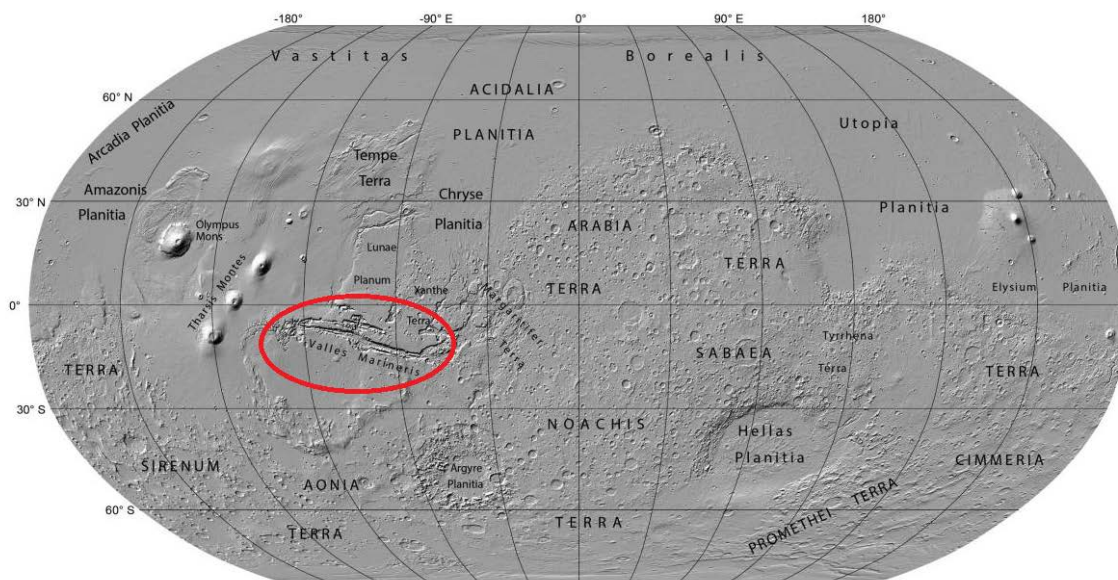
3. APLICAÇÃO NO TEMA DELIMITADO

Dado o desenvolvimento da fundamentação teórica juntamente aos correlatos e suas análises, se dá início ao projeto proposto. Desenvolve-se assim itens como localização e terreno; programa de necessidades; fluxograma e plano massa; conceito e partido projetual; e ainda intenções formais e estruturais proporcionando uma fácil compreensão do projeto, em sua totalidade.

3.1 Terreno e implantação

Dado a complexidade e a impossibilidade da presença *in loco*, o projeto será desenvolvido para ser implantado em qualquer local que se mostre favorável. Portanto, para fins do desenvolvimento projetual, a implantação será feita no Valles Marineris em decorrência do maior número de informações disponíveis e por já ter sido divulgada como uma área de interesse de exploração.

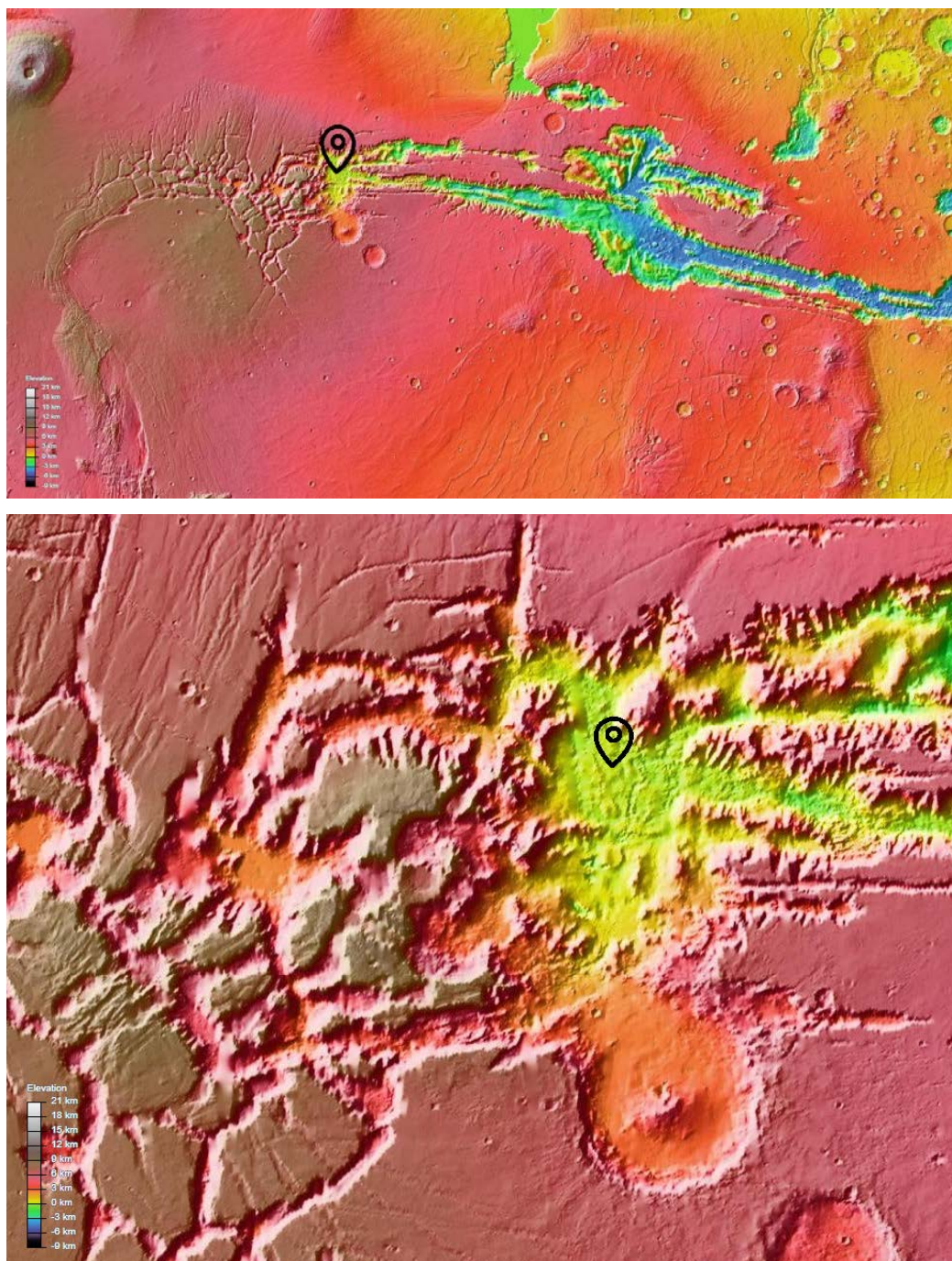
Figura 22: Formações geológicas



Fonte: The Atlas of Mars, 2019, modificado pelo autor, 2020.

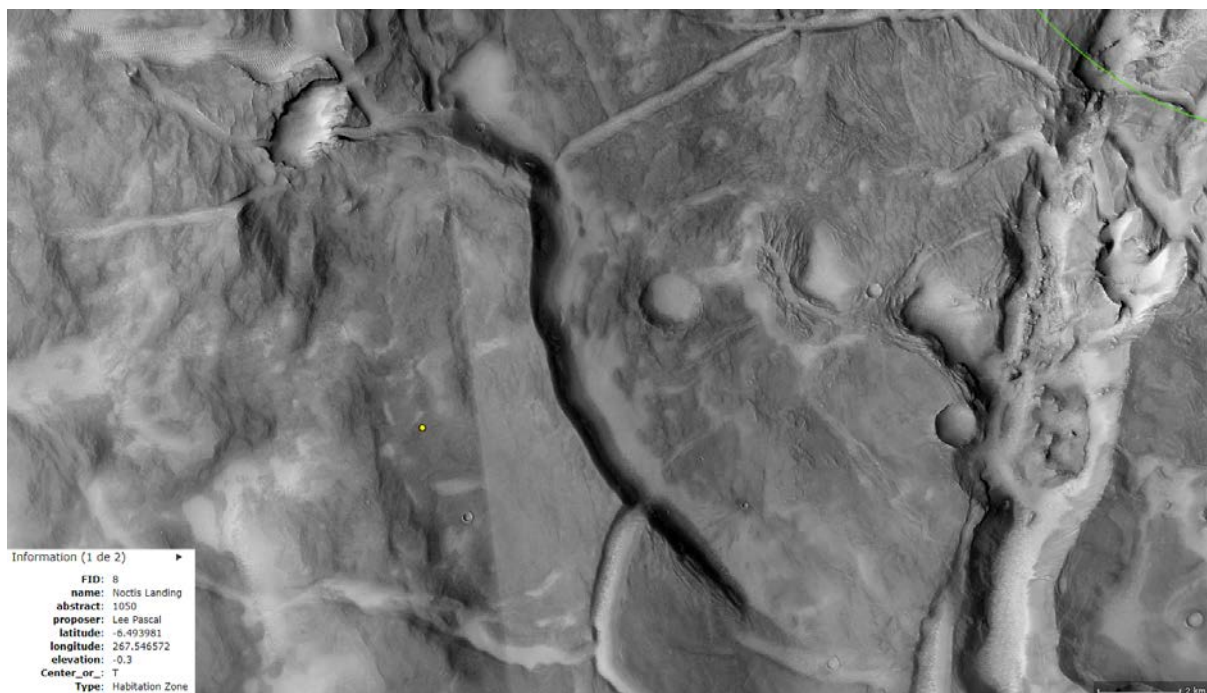
O Valle Marineris é um cânion com aproximadamente 7km de profundidade e 3.000km de extensão que se localiza no leste, na região de Tharsis, perto ao Equador do planeta observado na figura 22.

Figura 23: Topografia da localização.



Fonte: Google Mars, 2020, modificado pelo autor, 2020.

A implantação ocorrerá mais especificamente bem no início da região leste do vale apresenta na figura 23 acima. Apesar de ser um cânion e possuir uma topografia bem acidentada o local escolhido se trata de uma área mais plana localizada aproximadamente de 3 a 4 km abaixo do topo como observado na figura 24 abaixo.

Figura 24: Localização

Fonte: Mars Trek, 2020, modificado pelo autor, 2020.

Outra característica que justifica a escolha do local é pela baixa cobertura de areia que o local possui por ser protegido pelas altas paredes do cânion. Além disso a inércia termal também contribui para a escolha já que, no local, é de certa forma “controlada” e não tem variação extrema entre dia e noite.

3.2 Conceito e partido arquitetônico

O anseio de projetar uma habitação em outro planeta, como Marte, provém da capacidade arquitetônica de ofertar a melhor experiência possível para as pessoas em um momento tão único para a humanidade como colonizar um novo local. A busca por soluções arquitetônicas que influenciam, não somente na estrutura ou na forma, mas também no cognitivismo, ações e atitudes humanas e como isso dita o sucesso ou o fracasso de um momento tão singular e que está tão perto de acontecer.

Ainda visando o relacionamento do homem com a arquitetura, a proposta projetual possui alternativas que visam o desenvolvimento e a prosperidade afim de desenvolver técnicas como espaços bem otimizados para as atividades, com uma boa iluminação e conforto térmico, utilizando de materiais facilmente produzíveis assim que se chegue no novo local com a finalidade de expansão da espécie humana no local.

3.3 Programa de necessidades

O programa de necessidades apresentado na figura 25 foi desenvolvido um torno de 3 premissas que definem os setores e por sua vez os ambientes. As premissas baseiam-se em trabalho, descanso e bem-estar. Assim dividiu-se significativamente os ambientes de forma que se setorizem as atividades e que desempenhem funções diferentes, mas ao mesmo tempo, em conjunto, formem um espaço coerente.

Figura 25: Programa de necessidades

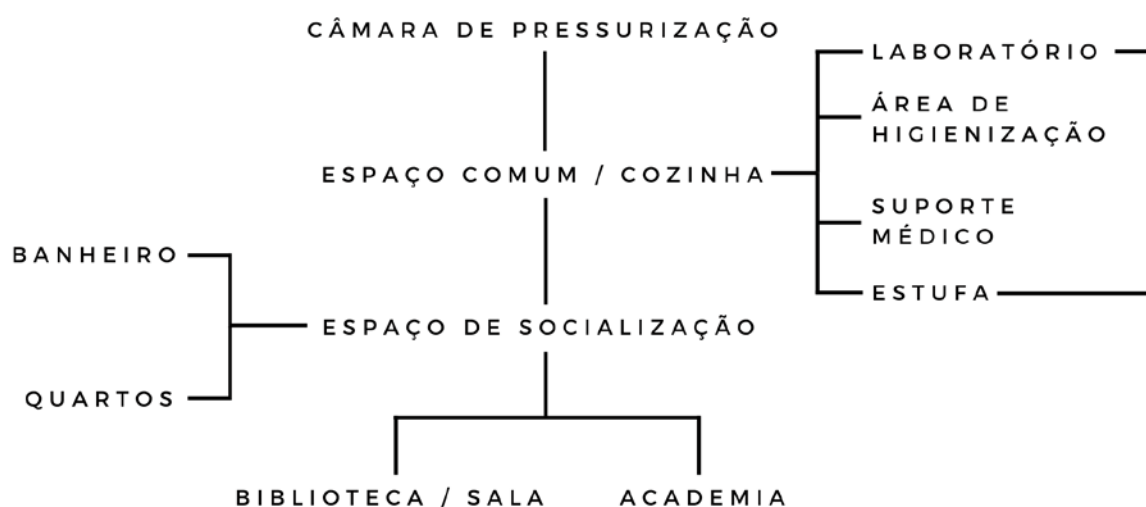
TRABALHO	DESCANSO	BEM-ESTAR
CÂMARA DE PRESSURIZAÇÃO	ESPAÇO DE SOCIALIZAÇÃO	BIBLIOTECA / SALA
COZINHA	QUARTOS	ACADEMIA
LABORATÓRIO	BANHEIRO	
ÁREA DE HIGIENE		
SUPORTE MÉDICO		
ESTUFA		

Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2020.

3.4 Fluxograma e plano massa

Em decorrência do desenvolvimento do programa de necessidades, cria-se um fluxograma de forma a identificar os acessos e mostrar a conexão e entre os ambientes e entender a espacialização demonstrado na figura 26.

Figura 26: Fluxograma



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2020.

O plano massa foi desenvolvido separando os ambientes de forma diferente do habitual, focando nas três premissas básicas do programa de necessidades, dando a cada pavimento uma função e fazendo da estufa uma conexão entre todos, além de proporcionar luz natural e contato visual com áreas verdes identificado na figura 27.

Figura 27: Plano massa

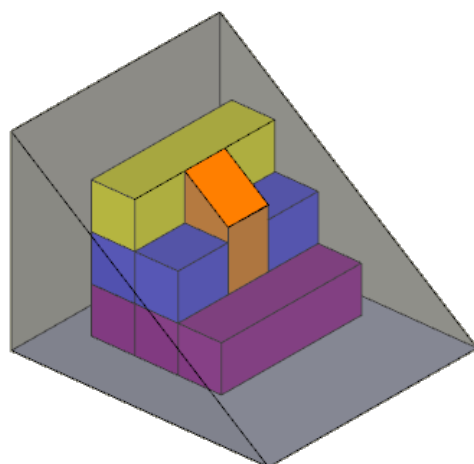


Fonte: Desenvolvido pelo auto, 2020.

3.5 Intenções formais e estruturais

Relacionando o mesmo padrão de cores se desenvolve as intenções formais que num primeiro momento, se resumem a linhas e formas simples (figura 28). Apesar de em estágios iniciais, é notável a separação de atividades e a presença de uma segunda camada. Esta, por sua vez, possui intenções tanto formais como estruturais, utilizando de impressão 3D em PLA, que influenciarão no prosperar da colonização.

Figura 28: Intenção formal



Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2020.

3.6 Considerações gerais

Dado o desenvolvimento do capítulo, este é composto por um inicial desenvolvimento para o projeto e demonstra alguns passos iniciais importantes para a total compreensão ao decorrer da proposta.

Num primeiro momento foi apresentado o terreno e a localização do projeto, porém, esta não tem local fixo e será desenvolvido com intenção de ser implantado em qualquer lugar necessário. Ademais a essa informação foram apresentados o conceito e o partido arquitetônico que exploraram questões sobre materiais e ideias presentes no projeto.

Em conjunto desenvolveu-se o programa de necessidades, o fluxograma e plano massa e ainda as intenções formais, que deram direcionamento, característica e uma inicial ideia da concepção formal do edifício.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao decorrer da composição do trabalho, associou-se e relacionou-se uma grande gama de conteúdos e informações com o intuito de proporcionar entendimento e criar relações arquitetônicas, objetivando a produção de uma proposta projetual de uma habitação no planeta Marte.

Considerando os capítulos desenvolvidos, conclui-se que o presente trabalho desenvolvido até o momento atingiu o objetivo geral, realizando pesquisa com o intuito de embasar a proposta projetual. Confirmando a hipótese formulada acerca da contribuição da ergonomia para a concepção de projetos mesmo em outro planeta; desta forma é possível projetar um local que oferecerá as condições necessárias de conforto e ergonomia aos moradores mesmo em condições tão extremas.

O trabalho desenvolveu-se forma que as justificativas também foram atingidas, a ponto de mostrar que as necessidades ergonômicas se fazem presentes em qualquer edificação e que são necessárias. Ademais o trabalho certamente aprofundou os conhecimentos acerca de assuntos e nichos relativos à arquitetura e urbanismo e ainda demonstrou a capacidade do desenvolvimento de espaços para o bem-estar e qualidade de vida dos indivíduos, seja na Terra ou em Marte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

About. Arizona State University (ASU). 2020. Disponível em: <<https://biodesign.asu.edu/about>> Acesso em: 20 de mai. 2020.

A Brief History of Space Exploration. Aerospace. 01 de jun. 2018. Disponível em: <<https://aerospace.org/article/brief-history-space-exploration>> . Acesso em: 31 de mar. 2020

AASD, Aeronautical and Astronautical Sciences Division. **Atmospheric Water Vapor Adsorption for Mars In Situ Resource Utilization.** Belleuve, W.A. 1999. Disponível em: <<https://arc.aiaa.org/doi/abs/10.2514/6.1999-2412>>. Acesso em: 09 de abr. 2020.

A Vertical Habitat. Mars Ice House. 2015. Disponível em: <<http://www.marsicehouse.com/habitat/bd2dg1rmtu736qy2wc9jbjp9ozr40e>> Acesso em: 12 de mai. 2020.

ARCHDAILY. **Livsum - Cancer Counseling Center / EFFECT.** 2014. Disponível em: <<https://www.archdaily.com/464296/livsum-cancer-counseling-center-effekt>>. Acesso em: 21 mai. 2020.

ABERGO, Associação Brasileira de Ergonomia. **O QUE É ERGONOMIA.** 2020. Disponível em: <http://www.abergo.org.br/internas.php?pg=o_que_e_ergonomia>. Acesso em: 16 de abr. 2020.

ARLAZOROV, M. **Konstantin Tsiolkovsky.** 2019. Disponível em: <<https://www.britannica.com/biography/Konstantin-Eduardovich-Tsiolkovsky>>. Acesso em: 31 de Mar. 2020.

BELL, T. **The Devils of Mars.** NASA. 14 de jul. 2005. Disponível em: <https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2005/14jul_dustdevils> . Acesso em: 18 de abr. 2020.

CARDOSO, L. **Corrida Espacial**. XXXX. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/historia/corrida-espacial/>>. Acesso em: 31 de mar. 2020.

CARLEIAL, A. B. **Uma breve história da conquista espacial**. 2009. Disponível em: <http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/78/70 15 20>. Acesso em: 31 de mar. 2020.

CARR, M. **The Surface of Mars**. 1ª edição. Nova Iorque: Cambridge University Press, 2006.

CIARDULLO, C. *et al.* 1 Vídeo (3 min e 30 seg). MARS ICE HOUSE. **Publicado por Mars Ice House**. 2016. Disponível em: <<https://vimeo.com/142099027>>. Acesso em: 15 mai. 2020.

DICIONÁRIO MICHAELIS. Cislunar. Michaelis On-line, 2020. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/busca?id=QDoP/>>. Acesso em: 26 mai. 2020.

Deimos. NASA Solar System Exploration. 19 dez .2019. Disponível em: <<https://solarsystem.nasa.gov/moons/mars-moons/deimos/in-depth/>> Acesso em: 11 de abr. 2020.

DICIONÁRIO MICHAELIS. Comunicação. Michaelis On-line, 2020. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/comunica%C3%A7%C3%A3o/>>. Acesso em: 31 mar 2020.

DUNBAR, B. **International Cooperation**. NASA. 2019. Disponível em: <https://www.nasa.gov/mission_pages/station/cooperation/index.html>. Acesso em: 1 de abr. 2020.

DUNBAR, B. **July 20, 1969: One Giant Leap For Mankind**. NASA. 20 de jul. 2019. Disponível em: <https://www.nasa.gov/mission_pages/apollo/apollo11.html> . Acesso em: 15 de abr. 2020.

FERNANDES, C. A invenção do telescópio por Galileu Galilei; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/historiag/a-invencao-telescopio-por-galileu-galilei.htm>. Acesso em 15 de abril de 2020.

GRAY, T. **Alan B. Shepard, Jr.** Disponível em: <<https://history.nasa.gov/40thmerc7/shepard.htm>>. Acesso em: 31 de mar. 2020.

GUTIÉRREZ, L. **PAIDEIA XXI**, N^o7, VOL. 6, 2018. Disponível em: <<http://revistas.urp.edu.pe/index.php/Paideia/article/view/1607>>. Acesso em: 13 de abri. 2020.

HAMILTON, C. **Marte**. 2017. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/solar/mars.htm#intro>>. Acesso em: 12 de abri. 2020.

HASSLER, D. M. et al. **SCIENCE**, vol. 343, 2014. Disponível em: <<https://science.sciencemag.org/content/343/6169/1244797>>. Acesso em: 09 de abr. 2020.

Hermann Oberth. Britannica. 25 de dez. 2019. Disponível em: <<https://www.britannica.com/biography/Hermann-Julius-Oberth>> Acesso em: 31 de mar. 2020.

INGLES, B. 1 Vídeo (8 min). An architect's guide to living on Mars. **Publicado por TED Ideas worth spreading**, 2019. Disponível em: <https://www.ted.com/talks/bjarke_ingels_an_architect_s_guide_to_living_on_mars>. Acesso em: 19 de abr. 2020.

INTERNATIONAL SPACE UNIVERSITY. **ACCESS Mars Assessing Cave Capabilities Establishing Specific Solutions – Final Report**. Illkirch-Graffenstaden France. 2009. Disponível em: <<https://commons.erau.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2333&context=publication>>. Acesso em: 09 de abr. 2020.

ISECG, International Space Exploration Coordination Group. **The Global Exploration Roadmap**. 2018. Disponível em: <https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/ger_2018_small_mobile.pdf>. Acesso em: 3 de abr. 2020.

JHONATHAN, D. **Constellation Program Human-Systems Integration Requirements CxP 70024 – Revision E**. NASA. Houston, TX, Estados Unidos. 2010. Disponível em: <<https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20120014522>>. Acesso em: 15 de abr. 2020.

LAB MANAGER. **Optmizing Lab Spaces**. 2020. Disponível em: <<https://www.labmanager.com/lab-design-and-furnishings/optimizing-lab-spaces-21822>>. Acesso em: 21 mai. 2020.

LEHMAN e LEHMAN, M. e M. Robert Goddard. 2019. Disponível em: <<https://www.britannica.com/biography/Robert-Goddard>>. Acesso em: 31 de Mar. 2020.

Livsrum Cancer Counselling Center. EFFEKT. 2013. Disponível em: <<https://www.effekt.dk/liv>> Acesso em: 21 de mai. 2020.

Mars and Pluto, Compared. NASA Solar System Exploration. 13 de abr. 2015. Disponível em: <<https://mars.nasa.gov/resources/7340/mars-and-pluto-compared/>> Acesso em: 19 de abr. 2020.

Mars Facts. NASA Solar System Exploration. 11 de abr. 2020. Disponível em: <<https://mars.nasa.gov/all-about-mars/facts/>> Acesso em: 11 de abr. 2020.

MARSHA. AI SpaceFactory. 2018. Disponível em: <<https://www.aispacefactory.com/marsha/>> Acesso em: 12 de mai. 2020.

MARTUCCI, R. **Projeto tecnológico para edificações habitacionais: utopia ou desafio?**. 1990. USP.

MONTES, J. *et al.* 1 Vídeo (5 min). An architect's guide to living on Mars. **Publicado por AI SpaceFactory**, 2018. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=XnrVV0w2jrE>>. Acesso em: 10 mai. 2020

NASA Solar System Exploration. **Mars Moons**. 19 dez .2019. Disponível em: <<https://solarsystem.nasa.gov/moons/mars-moons/in-depth/>>. Acesso em: 11 de abr. 2020.

NASA, National Aeronautics and Space Administration. **Human exploration and operations exploration objectives HEOMD-001 Revision A**, Washington D.C., EUA. 2017. Disponível em: <<https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/heomd-001-heomd-exploration-objectives-revision-a-cr-08032017.pdf>>. Acesso em: 3 de abr. 2020.

NASA, National Aeronautics and Space Administration. **Human Exploration of Mars Design Reference Architecture 5.0**, Houston, TX, EUA. 2009. Disponível em: <https://www.nasa.gov/pdf/373665main_NASA-SP-2009-566.pdf>. Acesso em: 15 de abr. 2020.

NASA, National Aeronautics and Space Administration. **Journey to Mars: Pioneering Next Steps in Space Exploration**. Washington D.C. 2015. Disponível em: <https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/journey-to-mars-next-steps-20151008_508.pdf>. Acesso em: 3 de abr. 2020.

NEUFERT, E; KISTER, J. **Neufert**. 18ª edição. SL, Barcelona: G. Gili, 2013.

PEREIRA, G. M. **Funcionalidade e Qualidade Dimensional na Habitação**. Tese de Doutorado, Florianópolis, 2015. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/30432054.pdf>>. Acesso em: 25 de mar. 2020.

Phobos. NASA Solar System Exploration. 19 dez .2019. Disponível em: <<https://solarsystem.nasa.gov/moons/mars-moons/phobos/in-depth/>>. Acesso em: 11 de abr. 2020.

Portland State Business Accelerator Bioscience Wet Lab. Hennebery Eddy Architects. 2020. Disponível em: <<https://www.henneberyeddy.com/project/portland-state-university-business-accelerator-wet-lab/>> Acesso em: 20 de mai. 2020.

Space Exploration Technologies Corporation. **Making Humans a Multi-Planetary Species**. Hawthorne, California. 2017. Disponível em: <<http://www.lloydthomas.org/5-SpecialStudies/space.2017.29009.emu.pdf>>. Acesso em: 3 de abr. 2020.

STEIGERWALD, B. **NASA's MAVEN Maps Winds in the Martian Upper Atmosphere that Mirror the Terrain Below and Gives Clues to Martian Climate**. NASA. 12 de dez. 2019. Disponível em: <<https://www.nasa.gov/press-release/goddard/2019/mars-wind-map>> . Acesso em: 13 de abr. 2020

Temperature/Aerogel. Mars Ice House. 2015. Disponível em: <<http://www.marsicehouse.com/ice-on-mars/nekn1hk01tbib62tx7ocho3b1es2cw>> Acesso em: 12 de mai. 2020.

The Lab Module – Basis For Laboratory Design. Whole Building Design Guide (WBDG). 2017. Disponível em: < <https://www.wbdg.org/resources/lab-module%E2%80%94laboratory-design>> Acesso em: 18 de mai. 2020.

VIDAL, M. **INTRODUÇÃO À ERGONOMIA**. Pós-Graduação Lato Sensu, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <https://biblioteca.isced.ac.mz/bitstream/123456789/1116/1/Manual_Introducao%20a%20Ergonomia%20Vidal%20CESERG.pdf>. Acesso em: 19 de abr. 2020.

Why Water? Mars Ice House. 2015. Disponível em: < <http://www.marsicehouse.com/ice-on-mars/2015/9/24/water-on-mars>> Acesso em: 12 de mai. 2020.

WILSON, J. W. et al. **ScienceDirect**, vol. 37, 2003. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1350448703000258>>. Acesso em: 12 de abr. 2020.