

Luana Toralles Carbonari

**REUTILIZAÇÃO DE CONTÊINERES ISO NA ARQUITETURA:
ASPECTOS PROJETUAIS, CONSTRUTIVOS E NORMATIVOS
DO DESEMPENHO TÉRMICO EM EDIFICAÇÕES NO SUL DO
BRASIL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do Grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Barth

Florianópolis
2015

Luana Toralles Carbonari

**REUTILIZAÇÃO DE CONTÊINERES ISO NA ARQUITETURA:
ASPECTOS PROJETUAIS, CONSTRUTIVOS E NORMATIVOS
DO DESEMPENHO TÉRMICO EM EDIFICAÇÕES NO SUL DO
BRASIL**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo.

Florianópolis, 29 de maio de 2015.

Prof. Fernando Barth, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Fernando Barth, Dr.
Orientador- Moderador
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Prof.^a Lisiane Ilha Librelotto, Dr.^a
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Prof. Wilson Jesuz da Cunha Silveira, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Prof. João Carlos Souza, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Prof. Antonio Carlos Zani, Dr.
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Este trabalho é dedicado aos meus pais, verdadeiramente os maiores mestres que tenho. Às minhas irmãs, essenciais em minha vida. Ao meu amor, pela paciência e companheirismo. Ao meu orientador pelo incentivo, estímulo e revisão do trabalho. A todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão próximos de mim, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado saúde, força e inspiração para realizar este mestrado.

A Universidade Federal de Santa Catarina e ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, pelo apoio e por me proporcionar inúmeras experiências de aperfeiçoamento acadêmico. À coordenação e à secretária, Mariany Cristine Souza, que sempre com muito carinho e atenção resolveram as questões burocráticas.

Ao meu orientador Prof. Dr. Fernando Barth, por compartilhar suas experiências de vida, pelo empenho dedicado à elaboração deste trabalho e pelo constante suporte e incentivo.

Aos membros da banca, que aceitaram o convite e que também têm significativa contribuição neste resultado.

Aos professores do PósARQ: Sônia Afonso, Fernando Barth e Humberto Roman pelos ensinamentos durante as disciplinas lecionadas.

Aos arquitetos Thiago Zani, Marcia Martini e ao diretor da empresa Vagão Urbano, Éverton Netto, pela colaboração e atenção prestada, disponibilizando materiais que foram de grande contribuição para o desenvolvimento desta pesquisa. Foi realmente um privilégio poder conhecer um pouco do trabalho desses profissionais e espero que possamos compartilhar muitas outras informações e ideias a respeito da reutilização dos contêineres ISO na arquitetura.

Aos amigos do mestrado pelos enlaces criados e momentos divididos, tornando o trabalho muito mais leve e divertido.

À professora Milena Kanashiro, a quem devo minha iniciação no meio científico, agradeço pelas contribuições dadas ao longo da minha formação acadêmica e pelo constante apoio e carinho.

À minha família, em especial aos meus pais, Berenice e Gilberto, pelo carinho, incentivo e apoio incondicional, por apontar as minhas capacidades para seguir em frente e superar todos os obstáculos.

Ao meu amor, Alexandre, pelos sonhos partilhados, pelas ausências compreendidas e por acreditar em mim e nunca permitir que eu desistisse dos meus objetivos.

Aos amigos que estiveram comigo nesta intensa e rica caminhada, contribuindo de maneira direta ou indireta para alcançar esta etapa.

Muito obrigada a todos!

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo avaliar os aspectos projetuais, construtivos e requisitos normativos do desempenho térmico na reutilização de contêineres ISO na arquitetura, tendo como objeto de estudo três edificações comerciais localizadas na região sul do Brasil. A metodologia inclui pesquisa exploratória descritiva e análise quantitativa e qualitativa aplicadas nos estudos de caso. Como técnicas de pesquisa, foi realizada análise bibliográfica de documentação publicada específica, identificando as principais características dos contêineres ISO e apresentando alguns exemplos nacionais e internacionais da sua reutilização na arquitetura. Também, os aspectos relacionados com o projeto, a construção e o desempenho térmico deste tipo de edificações. Foram realizadas entrevistas com os projetistas e profissionais responsáveis pelas obras e visitas exploratórias para obtenção de registros gráficos, fotográficos e levantamento físico espacial das edificações. Para escolha dos empreendimentos foram considerados o tipo de uso das edificações, a região em que estão localizadas, a sua zona bioclimática e o seu ano de construção. A primeira etapa do estudo buscou caracterizar as edificações e o terreno em que estão construídas por meio de plantas e imagens. Na segunda etapa, os aspectos projetuais dessas edificações foram avaliados, sendo utilizado um método de análise morfológica baseado em conceitos apresentados por Ching (1995). Na terceira etapa, foi feita a caracterização do processo construtivo desses empreendimentos, evidenciando as transformações e adaptações realizadas na envoltória dos contêineres. Na quarta etapa, utilizou-se o método simplificado de cálculo estabelecido pela norma NBR 15220-2 (2005) para avaliar o desempenho térmico das vedações e coberturas dos três estudos de caso. Na quinta etapa os resultados obtidos nessas análises foram correlacionados por meio de quadros comparativos para identificar os aspectos mais relevantes na reutilização dos contêineres. Esses resultados mostram-se satisfatórios quanto à linguagem compositiva e à diversidade de usos na arquitetura. De outra parte, observaram-se dificuldades técnicas e construtivas quanto à manipulação dos contêineres e realização de adequações para melhorias no desempenho térmico de modo a atender as exigências normativas brasileiras. Por fim, pode-se concluir, a partir destes estudos de caso, que a reutilização de contêineres ISO na arquitetura apresenta um potencial de uso nas edificações comerciais, podendo contribuir para um incremento da sustentabilidade nas construções da região sul do Brasil.

Palavras-chave: Reutilização. Contêiner ISO. Arquitetura.

ABSTRACT

This research aims to evaluate the projectual and constructive aspects and standard requirements of the thermal performance of reused ISO containers in architecture. The objects of study are three commercial buildings located in the south of Brazil. The methodology includes descriptive exploratory research and quantitative and qualitative analysis applied in the case studies. As research techniques, literature review of specific published documentation was carried out to identify the main characteristics of ISO containers, presenting some national and international examples of their reuse in architecture and aspects related to the project, the construction and the thermal performance of this type of building. The study also included interviews with designers and professionals responsible for the work and exploratory visits to obtain graphics and photographic records and spatial physical surveys of the buildings. To select the projects were considered the use of the buildings, the region where they are located, their bioclimatic zone and its year of construction. The first stage of the study aimed to characterize the buildings and the place on which they are located by plans and pictures. In the second stage, the projectual aspects of these buildings were evaluated, using a morphological analysis method based on concepts presented by Ching (1995). In the third stage was characterized the construction process of these projects, highlighting the changes and adjustments made in the containers. In the fourth step, was used the simplified method of calculation established by NBR 15220-2 (2005) to evaluate the thermal performance of seals and covers of the three case studies. In the fifth step the results obtained from such analyzes were correlated through comparative tables to identify the most relevant aspects of the reuse of containers. These results related to the compositional language and the diversity of uses in architecture were satisfactory. On the other hand, there were technical and constructive difficulties related to the manipulation of the containers and to carry out adequacies for improvement in thermal performance to meet the Brazilian regulatory requirements. Finally, it can be concluded, from these case studies, that the reuse of ISO containers in architecture presents a potential of use in commercial buildings, and could contribute to improve the sustainability of buildings in southern Brazil.

Keywords: Reutilization. Container ISO. Architecture

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização dos 37 portos públicos.....	31
Figura 2 - a) Barco com tonéis e b) Caminhão com contêiner, déc. 50.	42
Figura 3- a) Porto Tecon, déc. 80 e b) Porto Tecon ampliado, 2000.....	43
Figura 4- Volumetria de um contêiner ISO 20'.....	46
Figura 5- Componentes de um contêiner.....	47
Figura 6- a) Chapas de aço corrugadas do contêiner em planta e b) planta do piso de um contêiner ISO 20'	47
Figura 7- Identificação dos contêineres.....	48
Figura 8- Cantoneiras dos contêineres	51
Figura 9- a) Encaixe da alça nas cantoneiras e b) elementos de movimentação	52
Figura 10- a) Encaixe da alça nas cantoneiras, b) elemento de movimentação	52
Figura 11- a) Encaixe na cantoneira e b) Elemento de movimentação .	52
Figura 12- a) e b) Empilhadeiras tipo <i>Reach stackers</i>	53
Figura 13- a) e b) Guindaste tipo <i>Transtainer</i>	53
Figura 14- Guindastes tipo <i>Portainer</i>	54
Figura 15- a) navio com contêineres, b) caminhão com contêiner e c) trem com contêineres	55
Figura 16- Empilhamento de contêineres.....	55
Figura 17- Características dos contêineres	57
Figura 18- a) Contêiner ISO 20' e b) Contêiner HC 40'	58
Figura 19- Evolução do uso de contêineres na arquitetura.....	58
Figura 20- <i>Future Shack</i> , 1985.....	59
Figura 21- <i>Mobile Dwelling Unit (MDU)</i> , 2003	60
Figura 22- a) e b) <i>Redondo Beach House</i> , 2007.....	60
Figura 23- 12 Container House, 2002	61
Figura 24- <i>Bati'Home</i> , 2009.....	61
Figura 25- a) Içamento de contêiner e b) Carregamento de contêineres	66
Figura 26- a) Vão livre, b) vão livre e 2 acessos, c) suíte, d) gabinetes sanitários e lavatórios e e) chuveiros.....	67
Figura 27- a) Contêineres em escritórios e b) interior de um contêiner sanitário.....	67
Figura 28- Transformações: a) Adaptação, b) Expansão, c) Organização espacial.....	73
Figura 29- a) Contêineres em um todo único, b) espaços entre os contêineres, c) acoplados pelas cantoneiras e d) acoplados em composições dinâmicas	73
Figura 30- Composição com sistema modular de contêineres	75

Figura 31- a) Casa que utiliza o aspecto visual dos contêineres b) Casa que não utiliza seu aspecto visual	76
Figura 32- a) transformação formal-ampliação, b) transformação formal-redução, c) transformação formal subtrativa e d) transformação formal aditiva.....	77
Figura 33- Esquema: 6 formas de definição espacial por elementos verticais	77
Figura 34- a) Aberturas nos planos, b) aberturas nas esquinas e c) aberturas entre os planos.....	78
Figura 35- Relações espaciais: a) espaço interior, b) espaços conexos, c) espaços contíguos e d) espaços vinculados por um elemento em comum	79
Figura 36- a) organizações centralizadas, b) organizações lineares, c) organizações radiais, d) organizações agrupadas e e) organizações em trama	79
Figura 37- a) Aproximação frontal em planta e fachada e b) aproximação oblíqua em planta e fachada.....	80
Figura 38- a) Acesso através de abertura no plano e a) acesso com elemento saliente.....	80
Figura 39- Proporção áurea nos contêineres: a) ISO 20', b) ISO 40' e c) HC 40'.....	81
Figura 40- a) Simetria bilateral e b) simetria central em Planta Baixa .	81
Figura 41- a) Transporte do contêiner e b) Manipulação do contêiner .	83
Figura 42- a) Porão profundo, b) espaço para instalações e c) laje sobre o solo.....	83
Figura 43- a) Levantamento de contêiner, b) apoio de contêiner nas cantoneiras e c) utilização de barra para posicionar o contêiner.....	84
Figura 44- Esquema de deformação e reforço estrutural no contêiner..	84
Figura 45- Unidades encaixadas conforme a necessidade dos clientes.	85
Figura 46- Casa de estudantes “CROU”, França, 2010	85
Figura 47- a) contêiner soldado-fundação e b) contêineres soldados-cantoneiras	85
Figura 48- Recorte da chapa do contêiner e instalação do requadro no painel.....	86
Figura 49- a) e b) Esquadria de alumínio e vidro.....	86
Figura 50- Limpeza dos contêineres e pintura	87
Figura 51- a) Estrutura tipo <i>wood frame</i> e b) revestimento com gesso acartonado.....	87
Figura 52- a) Instalação de piso cerâmico no contêiner e b) Camada de isolamento térmico entre o piso original do contêiner e o revestimento de OSB.....	88

Figura 53- a) e b) instalação de revestimento externo tipo <i>sidding</i> e c) estrutura de madeira para instalação de uma cobertura adicional nos contêineres.....	88
Figura 54- a) Estrutura secundária para deck de madeira e b) deck de madeira.....	89
Figura 55- a) e b) Instalações elétricas e hidráulicas.....	89
Figura 56- a) Placas de poliestireno e b) espuma de poliuretano	90
Figura 57- Isolamento térmico de parede, cobertura e piso de contêineres.....	90
Figura 58- a) Mapa com a localização dos estudos de caso, b) estudo de caso de Londrina-PR, c) estudo de caso da Palhoça-SC e c) estudo de caso de Portão-RS	97
Figura 59- Localização do empreendimento na cidade de Londrina-PR	97
Figura 60- Edifício comercial Green Car Wash & Conveniência	98
Figura 61- Planta de implantação do empreendimento	99
Figura 62- Organização espacial dos 3 contêineres HC 40' e das coberturas	99
Figura 63- Planta baixa do térreo e do pavimento superior.....	100
Figura 64- Aberturas dos contêineres 1, 2 e 3.....	101
Figura 65-Aberturas que se destacam nos volumes	102
Figura 66- Principais aberturas dos contêineres 1, 2 e 3, respectivamente	102
Figura 67- Relações espaciais dos contêineres por meio de espaços de transição	103
Figura 68- a) Ponto de entrada e distribuição dos fluxos, b) geometria e linguagem compositiva, c) simetria em planta e eixos de referência ..	104
Figura 69- a) Funções de cada volume e b) circulação horizontal e vertical.....	104
Figura 70- a) Sentidos de aproximação oblíqua ao edifício, b) Efeito visual 1 e 2	105
Figura 71- a) Acesso demarcado pelo pórtico, b) acessos de pessoas e de veículos e c) acesso de pessoas pela escada.....	105
Figura 72- Proporção áurea nas faces laterais dos volumes	106
Figura 73- a) Simetria em planta e b) simetria nas fachadas.....	106
Figura 74- Planta de terraplenagem e corte AA'	107
Figura 75- Planta de fundação.....	108
Figura 76- a) e b) Estacas sendo executadas no terreno	108
Figura 77- a) Posicionamento da grua no terreno e b) transporte do contêiner.....	109

Figura 78- a) Montagem do 1º contêiner e b) montagem do 2º contêiner	109
Figura 79- a) Montagem do 3º contêiner e b) contêineres montados no terreno	109
Figura 80- a) Esquema da fundação e b) ligação entre a fundação e o contêiner.....	110
Figura 81- a), b) Contêiner apoiado nos blocos e c) brita embaixo do contêiner.....	110
Figura 82- a) e b) Contêiner superior apoiado nos contêineres térreos	111
Figura 83- a) Deformação do Contêiner e b) Reforço estrutural com pórtico	111
Figura 84- Estrutura da cobertura adicionada na face noroeste	112
Figura 85- Estrutura da cobertura adicionada na face sudoeste	112
Figura 86- a) Área de fixação das coberturas e b) detalhe da fixação..	113
Figura 87- a) Calha no contêiner número 1 e b) calha no contêiner número 2	113
Figura 88- a) e b) Cobertura sudoeste apoiada no contêiner térreo de traz c) cobertura noroeste soldada no contêiner térreo da frente.....	114
Figura 89- a) Cobertura noroeste e b) cobertura sudoeste	114
Figura 90- a) Local de fixação da escada em destaque e b) perspectiva da escada.....	115
Figura 91- a) Estrutura metálica triangular do patamar soldada nos contêineres e b) fixação do guarda-corpo e corrimão	115
Figura 92- Aberturas para portas e janelas da fachada voltada para o Norte	116
Figura 93- Aberturas para portas e janelas da fachada voltada para o Sul	116
Figura 94- Aberturas para portas e janelas nos contêineres	117
Figura 95- Portas de correr dos contêineres após a pintura.....	117
Figura 96- a) e b) Trilhos inferior e superior das portas de correr após a pintura	117
Figura 97- a) Planta do térreo e b) planta do pavimento superior.....	118
Figura 98- a) Compensado naval, b) piso cerâmico c) deck de madeira	118
Figura 99- a) face lateral interna aparente e c) revestimento cerâmico no BWC	119
Figura 100- a), b) Teto com pintura e instalações elétricas deixadas aparentes	120
Figura 101- a) e b) Pallets utilizados em sofás e pneus para floreiras e bancos e c) equipamento de ventilação forçada.....	120

Figura 102- Localização do empreendimento no município de Palhoça, SC.....	124
Figura 103- Escritório de Arquitetura M2K.....	124
Figura 104- Planta de implantação do empreendimento	125
Figura 105- Organização espacial dos 2 contêineres HC 40' e elementos adicionais.....	125
Figura 106- Planta baixa do térreo e do pavimento superior.....	126
Figura 107- Aberturas dos contêineres 1 e 2.....	127
Figura 108- Aberturas que se destacam nos contêineres.....	128
Figura 109- Espaço de transição delimitado pela área envidraçada do térreo	129
Figura 110- a) Ponto de entrada e distribuição dos fluxos, b) geometria e linguagem compositiva, c) simetria em planta e eixos de referência ..	129
Figura 111- a) Funções de cada volume e b) circulação horizontal e vertical.....	130
Figura 112- a) Aproximação oblíqua, b) efeito visual 1 e c) efeito visual 2.....	130
Figura 113- a) Acesso principal, b) acesso 1 ao contêiner térreo e acesso 2 ao contêiner superior pela escada helicoidal	131
Figura 114- Proporção áurea nas faces laterais dos volumes	131
Figura 115- a) Simetria em planta baixa e b) simetria nas fachadas ...	132
Figura 116- Planta de terraplenagem e corte AA'	133
Figura 117- Planta de fundação.....	133
Figura 118- a) Transporte do contêiner e b) manipulação do contêiner com 2 caminhões tipo Muncks.....	134
Figura 119- Contêineres montados no terreno	134
Figura 120- Esquema da fundação do contêiner térreo	135
Figura 121- a) Contêiner apoiado nas sapatas e b) contêiner após a finalização	135
Figura 122- a) e b) Contêiner superior apoiado no contêiner térreo....	136
Figura 123- a) Área envidraçada no térreo e b) estrutura metálica	136
Figura 124- a), b) e c) Pontos de solda da estrutura metálica nos contêineres.....	136
Figura 125- a) e b) Local onde foi colocada a cobertura de policarbonato	137
Figura 126- a) Pilar de concreto, b) e c) contêiner superior apoiado no pilar de concreto após ter sido revestido com madeira.....	137
Figura 127- a) Escada de concreto sendo instalada, b) escada finalizada	138
Figura 128- a) Deck de madeira e b) guarda corpo do deck de madeira	138

Figura 129- a) Aberturas para portas e janelas da fachada Sudeste e b) aberturas de janelas da fachada Noroeste.....	139
Figura 130- a) e b) Aberturas do contêiner térreo e superior	140
Figura 131- a) Contêineres pintados e montados no terreno e b) venezianas instaladas nas janelas do contêiner superior	140
Figura 132- a) Planta do térreo e b) planta do pavimento superior	141
Figura 133- a) Piso de compensado, b) deck de madeira e c) piso de PVC.....	141
Figura 134-a) Execução das faces internas do contêiner térreo e b) faces internas do escritório finalizadas.....	142
Figura 135- a) e b) Cobertura do contêiner inferior e superior pintadas na cor branca com as instalações elétricas embutidas	143
Figura 136- a) Corpos de prova utilizados no caminho e b) aparelho de ar-condicionado instalado no pavimento inferior	143
Figura 137- a) Seções das vedações e b) Seções da cobertura.....	144
Figura 138- Localização do empreendimento na cidade de Portão, RS	149
Figura 139- Loja <i>Container Shoes</i>	149
Figura 140- Planta de implantação do empreendimento	150
Figura 141- Organização espacial dos quatro contêineres HC 40'	151
Figura 142- Planta baixa do térreo e do pavimento superior	151
Figura 143- Aberturas dos contêineres 1, 2, 3 e 4 nas fachadas Sudoeste e Noroeste	152
Figura 144- Aberturas para portas e janelas nos quatro contêineres....	153
Figura 145- Planos que unem os contêineres e continuidade espacial e visual.....	154
Figura 146- a) Configuração em trama, b) geometria e linguagem compositiva, c) simetria em planta e eixos de referência da composição	154
Figura 147- a) Funções de cada volume e b) circulação horizontal e vertical	155
Figura 148- a) Sentidos de aproximação, b) efeito visual 1 e c) efeito visual 2.....	155
Figura 149- a) Acesso principal, b) 1: acesso horizontal pela retiradas das portas dos contêineres e 2: acesso vertical por meio de escadas ...	156
Figura 150- Proporção áurea nas faces laterais dos volumes.....	156
Figura 151- a) Simetria em planta e b) simetria nas fachadas.....	157
Figura 152- Corte no terreno e planta de fundação	158
Figura 153- a) e b) Preparação do terreno para a execução das sapatas	158
Figura 154- a) Contêiner frontal e b) contêiner posterior	158

Figura 155- a) Posicionamento de um contêiner no caminhão e b) transporte do contêiner até o terreno	159
Figura 156- a) Montagem do contêiner térreo frontal e b) quatro contêineres montados no terreno.....	159
Figura 157- Esquema da fundação dos contêineres térreos.....	160
Figura 158- a) Contêiner apoiado na sapata corrida, b) Rampa para acesso ao interior da loja	160
Figura 159- a) Cantoneiras dos contêineres superiores apoiadas nos inferiores, b) soldagem dos contêineres superiores e c) solda feita nas cantoneiras.....	161
Figura 160- a) Dimensões das marquises e b) detalhe da fixação.....	161
Figura 161- a) Marquises instaladas na porta do contêiner, b) estrutura metálica da marquise soldada no contêiner e c) cabo de aço que sustenta a marquise	162
Figura 162- Posição das escadas e dimensões das aberturas.....	162
Figura 163- a) Abertura para instalação da escada reta b) esmerilhadeira	163
Figura 164- a) Escada helicoidal, b) escada reta e c) corrimão da escada reta fixado no contêiner superior.....	163
Figura 165- Aberturas para portas e janelas nos contêineres	164
Figura 166- a) Aberturas do contêiner superior frontal e b) estrutura da abertura sendo lixada.....	165
Figura 167- a) Contêineres montados no terreno e b) esquadrias metálicas instaladas nas aberturas com folhas de vidro	165
Figura 168- Planta baixa do térreo e do pavimento superior.....	166
Figura 169- a) Piso de compensado naval, b) piso vinílico no BWC..	166
Figura 170- a) Instalação do steel frame e do isolamento térmico e b) faces internas revestidas com o MDF.....	167
Figura 171- a) Faces laterais da loja e b) faces laterais do banheiro ...	167
Figura 172- a) contêineres pintados posicionados no terreno e b) contêineres após finalizada a pintura tipo grafite	168
Figura 173- a) Steel frame e isolamento térmico de lã de polipropileno e b) teto finalizado	168
Figura 174-a) e b) Eletrocalha utilizada para a fiação elétrica e luminárias	169
Figura 175- a) Aparelho de ar-condicionado instalado no pavimento inferior e b) aparelho instalado no escritório do contêiner superior....	169
Figura 176- a) Seções das vedações e b) seções das coberturas.....	170

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Tipos e dimensões dos contêineres ISO usuais	49
Quadro 2- Exemplos de usos dos contêineres na arquitetura internacional	62
Quadro 3- Edificações com contêineres ISO reutilizados no PR	68
Quadro 4- Edificações com contêineres ISO reutilizados em SC	69
Quadro 5- Edificações com contêineres ISO reutilizados no RS	70
Quadro 6- Dimensões das portas e janelas dos contêineres	116
Quadro 7- Dimensões das portas e janelas dos contêineres	139
Quadro 8- Dimensões das portas e janelas dos contêineres	164
Quadro 9- Quadro com as características técnicas dos estudos de caso	175
Quadro 10- Quadro dos aspectos projetuais dos estudos de caso.....	176
Quadro 11- Quadro dos aspectos construtivos dos estudos de caso....	178
Quadro 12- Quadro com a zona bioclimática e materiais utilizados nas vedações e coberturas dos estudos de caso.....	183
Quadro 13- Quadro dos resultados dos aspectos de desempenho térmico dos estudos de caso	184

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Exigências normativas para cada tipo de vedação	92
Tabela 2- Resultados dos cálculos e exigências normativas	95
Tabela 3- Resultados dos cálculos e exigências normativas	123
Tabela 4- Resultados dos cálculos e exigências normativas	148
Tabela 5- Resultados dos cálculos e exigências normativas	173

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
BIC – Bureau International des Containers
CBC – Câmara Brasileira de Contêineres
ILOS – Instituto de Logística e Supply Chain
INMETRO – Instituto de Metrologia, Normalização e Qualidade Técnica
ISO – International Organization for Standardization
MDF – Medium-Density Fiberboard
MDU – Mobile Dwelling Unit
MKS – Metro, Quilograma e Segundo
NBR – Norma Brasileira
NR – Norma Regulamentadora
OSB – Oriented Strand Board
PR – Paraná
RS – Rio Grande do Sul
RSCP – Residential Shipping Container Primer
SC – Santa Catarina
TEU – Twenty foot Equivalent Unit
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
WSC – World Shipping Council

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	29
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	29
1.2 PROBLEMÁTICA DA PESQUISA E JUSTIFICATIVA DO TEMA	33
1.3 OBJETIVOS	35
1.3.1 Objetivo Geral	35
1.3.2 Objetivos Específicos.....	35
1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	35
1.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE A METODOLOGIA.....	36
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	38
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	41
2.1 BREVE HISTÓRICO DO USO DOS CONTÊNERES ISO	41
2.1.1 Histórico do uso dos contêineres ISO no Brasil.....	43
2.1.2 Legislação brasileira de contêineres ISO	44
2.2 CARACTERIZAÇÃO DOS CONTÊNERES ISO	45
2.2.1 Aspectos da composição dos contêineres ISO	46
2.2.2 Unidades de medida dos contêineres ISO	48
2.2.3 Identificação dos contêineres ISO.....	48
2.2.4 Tipos de contêineres ISO	49
2.2.5 Aspectos da produção dos contêineres ISO.....	51
2.3 USO DE CONTÊNERES ISO NA ARQUITETURA	56
2.3.1 Evolução da arquitetura com contêineres ISO	58
2.3.2 Tipos de usos dos contêineres ISO na arquitetura internacional	61
2.3.3 Utilização de contêineres ISO nas construções brasileiras	64
2.3.3.1 Uso de contêineres ISO nos canteiros de obra	64
2.3.3.2 Uso de contêineres ISO em construções no sul do Brasil	67
3 ASPECTOS DO DESEMPENHO DOS CONTÊNERES ISO NA ARQUITETURA.....	71
3.1 ASPECTOS PROJETUAIS	71
3.1.1 Análise morfológica.....	76
3.2 ASPECTOS CONSTRUTIVOS.....	81
3.3 ASPECTOS NORMATIVOS DO DESEMPENHO TÉRMICO ...	91
3.3.1 Avaliação de desempenho térmico.....	92
4 ESTUDOS DE CASO.....	97
4.1 ESTUDO DE CASO DE LONDRINA-PR.....	97
4.1.1 Aspectos projetuais	98
4.1.1.1 Análise morfológica do estudo de caso	100
4.1.2 Aspectos construtivos.....	106

4.1.3 Avaliação de desempenho térmico.....	121
4.2 ESTUDO DE CASO DA PALHOÇA-SC	123
4.2.1 Aspectos projetuais	124
4.2.1.1 Análise morfológica do estudo de caso.....	127
4.2.2 Aspectos construtivos.....	132
4.2.3 Avaliação de desempenho térmico.....	144
4.3 ESTUDO DE CASO DE PORTÃO-RS	148
4.3.1 Aspectos projetuais	150
4.3.1.1 Análise morfológica do estudo de caso.....	152
4.3.2 Aspectos construtivos.....	157
4.3.3 Avaliação de desempenho térmico.....	170
5 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	175
5.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS ESTUDOS DE CASO	175
5.2 RESULTADOS DOS ASPECTOS PROJETUAIS DOS ESTUDOS DE CASO	176
5.3 RESULTADOS DOS ASPECTOS CONSTRUTIVOS DOS ESTUDOS DE CASO.....	178
5.4 RESULTADOS DO DESEMPENHO TÉRMICO DOS ESTUDOS DE CASO	183
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	185
6.1 QUANTO AOS ASPECTOS PROJETUAIS	185
6.2 QUANTO AOS ASPECTOS CONSTRUTIVOS.....	186
6.3 QUANTO AO DESEMPENHO TÉRMICO	188
6.4 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	189
REFERÊNCIAS.....	191

1 INTRODUÇÃO

Esta dissertação de mestrado tem como foco a reutilização de contêineres ISO na arquitetura, sendo parte integrante do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). O trabalho está inserido na área de concentração “Projeto e Tecnologia do Ambiente Construído” e na linha de pesquisa “Métodos e técnicas aplicadas ao projeto em arquitetura e urbanismo”. A dissertação está centrada na análise dos principais aspectos projetuais, construtivos e normativos do desempenho térmico de edificações feitas com contêineres ISO reutilizados, tendo como objeto de estudo três obras situadas na região sul do Brasil.

Adota-se neste trabalho o termo “contêiner ISO” para designar os contêineres de carga que contemplam as Normas da *International Organization for Standardization* (ISO) relevantes, conforme definido pela norma NBR ISO 668 (ABNT, 2000).

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A indústria da construção de edifícios consome muitos recursos naturais e é uma das que mais impacta o meio ambiente, gerando grande quantidade de resíduos da construção civil, que segundo Santos et al. (2010) representam cerca de 50% da massa de resíduos sólidos urbanos. Este percentual não mostra tendências de diminuição, pois segundo dados da Associação de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, em 2013 foram produzidos cerca de 76 milhões de toneladas de resíduos no Brasil, sendo que naquele ano os resíduos de construção civil alcançaram 40.970.520 t (ABRELPE, 2013). Isto equivale a 54% do total dos resíduos sólidos urbanos, valor que deveria servir como um sinal de alerta ao setor da construção civil brasileira. De acordo com Araujo (2012), para reduzir o impacto deste setor no meio ambiente devem-se estudar métodos construtivos que aproveitem o material disponível e ajudem a mitigar os seus efeitos. Uma das soluções construtivas que vem se consolidando é o uso de materiais reciclados, prática que minimiza o impacto ambiental gerado e que contribui para o incremento da sustentabilidade das construções. Uma destas alternativas é a reutilização de contêineres ISO na arquitetura.

Corbas (2012) mostra que o uso de contêineres nas edificações além de poder ser ambientalmente correto tem como característica marcante uma obra limpa, gerando um mínimo de resíduos e economia de recursos naturais, inclusive na fundação, que no caso dos contêineres

exige uma intervenção bem menos invasiva no terreno. Este autor destaca que é possível transformar contêineres em diversos tipos de ambientes, tais como residências, escritórios, estabelecimentos comerciais, vestiários, alojamentos, entre outros.

Os contêineres ISO apresentam elevada resistência mecânica e grande durabilidade, pois o aço utilizado recebe tratamentos que melhoram seu desempenho frente às condições climáticas extremas. Além disso, para Slawik et al. (2010), eles apresentam outras características que podem trazer benefícios à construção de edifícios, pois são pré-fabricados, modulares, compactos e podem ser transladados, instalados provisoriamente, facilmente empilhados e conectados entre si por meio de parafusos ou soldas metálicas. O caráter modular do sistema confere flexibilidade ao projeto, possibilitando agilizar o processo de montagem e desmontagem, adaptando-se as etapas de construção das edificações e às necessidades dos usuários.

De acordo com dados da *World Shipping Council* (WSC, 2014), existem atualmente mais de dezoito milhões de contêineres ISO para transporte marítimo circulando pelo mundo. Cerca de 5% deste total são descartados todos os anos, pois, segundo Araújo (2012), eles apresentam uma vida útil no transporte de cargas de dez a quinze anos. Após esse período os contêineres perdem seu uso como elemento de transporte de mercadorias, acumulando-se como extensos depósitos não operacionais nas regiões portuárias. Este fato configura um problema para o meio ambiente, entretanto apresenta um potencial como recurso material para a construção de edifícios.

Segundo Mesquita (2015), o Brasil se destaca por possuir um setor portuário composto por trinta e sete portos públicos organizados, que estão distribuídos ao longo de uma costa de 8,5 mil quilômetros. Destes portos, dezoito encontram-se delegados aos governos estaduais e municipais e dezenove são administrados pelas Companhias Docas, sociedades de economia mista que têm como acionista majoritário o governo federal. A Figura 1 mostra a localização dos trinta e sete portos públicos brasileiros.

Figura 1- Localização dos 37 portos públicos



Fonte: Mesquita (2015)

De acordo com Mesquita (2015), o complexo portuário brasileiro mostrou um crescimento em 2013 de 2,9%, movimentando 931 milhões de toneladas de carga bruta. Segundo o Instituto de Logística e *Supply Chain* - ILOS (ILOS, 2013) o setor de transporte marítimo tende a crescer 7,4% ao ano na próxima década. Essa expansão possibilitará que o volume de contêineres no país atinja o equivalente a 14,7 milhões de TEUs (*Twenty foot Equivalent Unit*), unidade de capacidade de carga equivalente a vinte pés usada para descrever a capacidade dos contêineres ISO. Deste total, os portos do sul do Brasil são os segundos em movimentação de carga, com uma tendência de crescimento de 7%, podendo atingir na próxima década o equivalente a 3,2 milhões de TEUs. Neste contexto, pode-se prever um aumento do número de contêineres descartados nesta região, gerando condições propícias para o desenvolvimento de um novo modo de construção das edificações, que pela grande oferta de produtos tende a baixar o custo deste tipo de construção.

De acordo com Araújo (2012), o uso de contêineres ISO nas edificações ainda é pouco explorado no Brasil. Entretanto, Corbas

(2012) destaca que a sua utilização na construção tem experimentado nos últimos anos um aumento significativo no país, despertando o interesse de projetistas, construtores, empresas especializadas e instituições públicas e privadas. Um exemplo atual é seu uso nos canteiros de obras como instalações provisórias, em residências e edificações comerciais.

No Brasil, segundo Pablo Castilho, entrevistado por Yazbek (2015), os contêineres têm sido mais utilizados em projetos comerciais devido à rapidez na execução da obra, possibilitando que o empreendimento comece a funcionar em poucos meses. Este tipo de construção também pode servir para comércios situados em áreas alugadas, tornando possível que a edificação seja removida e instalada em outra localidade, desde que essa mobilidade esteja prevista na fase inicial do projeto. Além disso, a utilização dos contêineres ISO em edificações pode ser uma opção para áreas de preservação ambiental, onde não podem ser realizadas construções permanentes e de grande impacto no terreno. Como exemplo, pode-se citar a loja denominada *Container Store*, composta por quatro contêineres *High Cube 40'*, e o restaurante denominado Garagem, feito com sete contêineres *High Cube 40'*, ambos situados em um terreno alugado na cidade de Portão-RS.

Atualmente uma das maiores obras comerciais realizadas com contêineres ISO no Brasil é o *hostal* denominado *Tetris*, locado na cidade de Foz do Iguaçu-PR. Este *hostal* foi finalizado em 2014 e é composto por quinze contêineres reutilizados trazidos do porto de Paranaguá. Outro exemplo de abrangência nacional são os restaurantes de beira de estrada denominados *Madero Container* que contam atualmente com cerca de oito unidades locadas na região sul do país. Segundo Júnior Durski, entrevistado por Suss (2014), cada um destes restaurantes pode ser instalado em aproximadamente vinte dias e é composto por oito contêineres *High Cube 40'* reutilizados. A rede de franquias multmarcas do Grupo Container também iniciou seus projetos na região sul do Brasil, com suas primeiras lojas situadas em Xangri-Lá, no litoral do Rio Grande do Sul e em Florianópolis, na praia dos Ingleses. A ideia de reutilizar os contêineres ISO surgiu em 2008 e estava focada na transformação dos contêineres em lojas multmarcas, contribuindo para a criação de unidades de venda modulares, de construção rápida e com atributos ecológicos. Atualmente esta empresa possui unidades em várias regiões brasileiras, sendo formada por um aglomerado de empresas com diversos projetos realizados com esses produtos.

Diante do exposto, observa-se uma tendência nacional no aumento e diversificação dos projetos com contêineres ISO reutilizados na região sul do país, direcionados em grande parte ao uso comercial. Essa tendência se deve principalmente às vantagens que este tipo de construção proporciona para este uso, à crescente aceitação por parte da população, ao aumento do número de empresas e profissionais atuando com este tipo de construção, também à disponibilidade destes produtos nos portos marítimos da região sul do Brasil.

1.2 PROBLEMÁTICA DA PESQUISA E JUSTIFICATIVA DO TEMA

Deve-se observar, no entanto, que os contêineres ISO estão projetados para o transporte de cargas e não foram feitos para serem habitados. Figuerola (2013) aponta que para serem utilizados na construção de edificações eles necessitam passar primeiramente por um processo de seleção que exige conhecimento técnico especializado e cuidados com relação a riscos químicos, biológicos e físicos (especificamente para radiações). Esta etapa ocorre ainda no terminal de contêineres. De acordo com Castilho (2014), o estado de conservação do piso, o alinhamento dos contêineres (que pode refletir no revestimento interno), o amassamento em seu invólucro e principalmente a integridade da sua estrutura também devem ser avaliados.

Após a seleção dos contêineres é realizada a sua adaptação de acordo com as características do projeto de arquitetura. As particularidades destes produtos influenciam nesta etapa, podendo proporcionar principalmente flexibilidade construtiva e a mobilidade da edificação. Para isso, Kotnik (2008) ressalta que é necessário verificar a forma como os contêineres serão transformados, estruturados e acoplados, estabelecendo a configuração dos espaços internos e externos, definindo os materiais e elementos que serão adicionados ao conjunto.

Além disso, faz-se necessária uma avaliação dos aspectos construtivos, considerando questões como o transporte e a manipulação dos contêineres, pois em alguns casos os custos com o deslocamento porto-obra e a área necessária para a movimentação e montagem destes módulos podem encarecer e inviabilizar a construção. A realização de recortes para portas e janelas também são necessários, tendo em vista que inicialmente os contêineres são providos de apenas uma abertura. Segundo Figuerola (2013), esses recortes devem ser realizados com precisão conforme o projeto de arquitetura e normalmente exigem mão de obra especializada. Por outro lado, de acordo com o *Residential*

Shipping Container Primer (RSCP, 2014), devem ser feitos reforços estruturais quando forem realizadas grandes aberturas nas chapas dos contêineres, o que exige uma análise dos carregamentos. Observa-se também a necessidade de se criarem compartimentações e de se adicionarem materiais de isolamento e revestimentos no interior destes módulos. Para isso, é necessário verificar a adequação dos materiais de modo a proporcionar melhorias no conforto térmico da edificação. Segundo Figuerola (2013), este fator é um dos maiores entraves ao utilizar contêineres nas construções devido à elevada condutibilidade térmica do invólucro de aço.

Diante do exposto, a avaliação dos principais aspectos relacionados ao projeto, a construção e ao desempenho térmico das edificações feitas com contêineres ISO mostra-se necessária, pois possibilita a identificação das principais estratégias utilizadas nessas edificações e as suas adequações aos usos propostos. Deste modo, surge uma questão principal acerca da reutilização dos contêineres ISO nas edificações comerciais da região sul do Brasil, que permeou esta pesquisa:

a) como os contêineres ISO vêm sendo reutilizados e adaptados às edificações comerciais do sul do Brasil com relação ao projeto de arquitetura e aos aspectos construtivos? Essas adequações asseguram às exigências normativas brasileiras de desempenho térmico?

Algumas questões secundárias são:

a) quais são os contêineres ISO mais adequados às edificações comerciais e como eles têm sido reutilizados na arquitetura?

b) que tipos de construções comerciais têm sido feitas na região sul do Brasil com contêineres ISO nos últimos anos?

c) quais as principais soluções projetuais e construtivas adotadas nos estudos de caso?

d) as obras analisadas atendem às exigências normativas da NBR 15220 (2005) e NBR 15575 (2013) de desempenho térmico?

e) que aspectos relacionados com o projeto e a construção mostraram-se relevantes na pesquisa?

Para obter as respostas a estas questões, parte-se do entendimento que, as transformações e adaptações relacionadas com o projeto e com a construção geram condições satisfatórias para a reutilização dos contêineres ISO na arquitetura. Sendo assim, busca-se nesta pesquisa avaliar os principais aspectos projetuais, construtivos e normativos do desempenho térmico na reutilização destes produtos em edificações comerciais no sul do Brasil.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Avaliar os aspetos projetuais, construtivos e os principais requisitos normativos do desempenho térmico na reutilização de contêineres ISO em edificações comerciais na região sul do Brasil.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar as características dos contêineres ISO e pesquisar exemplos nacionais e internacionais da sua reutilização em edificações comerciais;
- selecionar e analisar três obras realizadas com contêineres ISO na região sul do Brasil nos últimos cinco anos;
- analisar os aspectos formais e compositivos do projeto de arquitetura dos estudos de caso utilizando as análises morfológicas propostas por Ching (1995);
- caracterizar o processo construtivo, a logística operacional e os materiais utilizados nas edificações dos estudos de caso;
- avaliar os requisitos do desempenho térmico estabelecidos pelas normas NBR 15220 (2005) e NBR 15575 (2013) nos estudos de caso;
- realizar uma análise comparativa dos resultados obtidos nos estudos de caso, sinalizando os aspectos projetuais, construtivos e de desempenho térmico mais relevantes destas edificações.

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Entre as edificações comerciais feitas com contêineres ISO no Brasil definiram-se como objetos de estudo um empreendimento de Londrina-PR, um da Palhoça-SC e outro de Portão-RS.

Os critérios de seleção utilizados para a escolha destes estudos de caso consideraram quatro aspectos:

- edificações de uso comercial realizadas com dois a quatro contêineres ISO reutilizados;
- obras situadas na zona bioclimática 3 (NBR 15220, 2005) para facilitar a análise comparativa;
- edificações localizadas na região sul do Brasil para facilitar o acesso às obras e às informações e
- edificações construídas nos últimos cinco anos, pois configuram uma tipologia de construção recente no país.

Deste modo, a pesquisa está focada no projeto de arquitetura e nos aspectos construtivos das edificações selecionadas. Também aborda a avaliação das exigências normativas brasileiras de desempenho térmico por considerá-la determinante nas construções com contêineres ISO devido às particularidades destes produtos. Observa-se, no entanto, que não foram avaliados nesta pesquisa os aspectos econômicos dos estudos de caso e os outros requisitos da norma de desempenho das edificações NBR 15575 (2013) por limitações de tempo.

1.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE A METODOLOGIA

A presente pesquisa está classificada, segundo os conceitos propostos por Gil (1994), no que se refere à natureza da pesquisa, à abordagem do problema, aos objetivos e aos procedimentos técnicos adotados:

- quanto a sua natureza, esta pesquisa pode ser classificada como uma pesquisa aplicada, pois tem o objetivo de gerar conhecimento para aplicações práticas dirigidas à solução de problemas específicos;

- quanto a abordagem, ela pode ser classificada como uma pesquisa quantitativa, pois busca traduzir opiniões e números em informações que serão classificadas e analisadas. Ela também pode ser considerada como uma pesquisa qualitativa pois busca avaliar de modo descritivo aspectos qualitativos relacionados com o projeto e com os processos construtivos;

- quanto aos objetivos, ela pode ser considerada como uma pesquisa exploratória, pois é realizada a partir de levantamento bibliográfico e análise de exemplos (em forma de pesquisas bibliográficas e estudos de caso). Ela também pode ser considerada como uma pesquisa descritiva, pois visa utilizar técnicas de coleta de dados padronizadas (observação) na modalidade de um levantamento;

- quanto aos procedimentos técnicos, esta pesquisa pode ser classificada como uma pesquisa bibliográfica, pois está elaborada a partir de documentação publicada. Ela também pode ser classificada, segundo Yin (2001), como estudo de caso exploratório, pois busca aprofundar em poucos objetos de estudo o conhecimento detalhado do tema.

Para atingir os objetivos desta pesquisa são estabelecidos procedimentos metodológicos que estão divididos em cinco etapas fundamentais.

- Primeira etapa:

Esta etapa parte de uma revisão teórica conceitual que compreende o levantamento das características dos contêineres ISO (histórico, normas, características, tipos, etc.), seguido de uma análise dos usos destes produtos na arquitetura e de exemplos de edificações nacionais e internacionais, principalmente de edificações comerciais.

- Segunda etapa:

Nesta etapa é realizada uma análise dos principais aspectos projetuais, construtivos e de desempenho térmico relacionados com a reutilização dos contêineres ISO na arquitetura, servindo de base para as análises dos estudos de caso.

A avaliação dos aspectos projetuais foi feita por meio de revisão teórica conceitual, caracterizando o processo de projeto neste tipo de construção com base nos conceitos de ideia, método e linguagem apresentados por Gaperini (1988). Além disso, foi realizada uma análise morfológica, cujo método está baseado nos conceitos apresentados por Ching (1995). Os conceitos avaliados nesta dissertação tratam das transformações da forma, da definição dos espaços por meio de elementos verticais e aberturas, da organização das formas e dos espaços, da aproximação e acessos ao edifício, da proporção geométrica e da simetria da composição. Este método foi desenvolvido no item 3.1.1 deste trabalho e posteriormente foi aplicado nas análises dos aspectos projetuais nos três estudos de caso selecionados.

O levantamento dos aspectos construtivos foi feito por meio de pesquisa em livros, artigos publicados em revistas especializadas. Os aspectos avaliados nesta dissertação foram: a movimentação de terra; os tipos de fundações; o transporte e manipulação dos contêineres; a montagem no terreno; as ligações entre os contêineres e a fundação; as ligações entre contêineres; outras ligações realizadas nas edificações; as aberturas para portas e janelas; os materiais de revestimento dos pisos, laterais, divisórias internas, e coberturas e as complementações em obra. Estes aspectos foram abordados no item 3.2 deste trabalho e posteriormente foram avaliados nos três estudos de caso selecionados.

Para a avaliação do desempenho térmico da envoltória dos contêineres ISO em seu estado natural foi utilizado o método simplificado de cálculo das transmitâncias térmicas (U), atraso térmico (ϕ) e fator calor solar (FS_o), estabelecidos pela norma NBR 15220-2 (2005). Esta avaliação foi realizada no item 3.3 deste trabalho e posteriormente este método foi aplicado nos três estudos de caso selecionados.

- Terceira etapa:

Nesta etapa é realizada a apresentação dos estudos de caso, sendo feita uma caracterização dos empreendimentos com o objetivo de conhecer o contexto e as particularidades de cada obra. Nesta etapa também é realizado um levantamento de documentação gráfica e fotográfica para auxiliar nas análises dos aspectos projetuais, construtivos e de desempenho térmico de cada um desses estudos de caso. Estas análises foram desenvolvidas com base nos métodos apresentados na segunda etapa desta pesquisa, que incluem análise morfológica dos projetos, caracterização do processo construtivo e materiais utilizados nas adaptações feitas nos contêineres e cálculo do desempenho térmico da envoltória das edificações. Com o intuito de obter dados para a análise, foram ainda utilizadas como técnicas de pesquisa visitas a campo, incluindo registro fotográfico, anotações e entrevistas com os projetistas e responsáveis pelas obras.

- Quarta etapa:

A quarta etapa apresenta, por meio de quadros comparativos, as características técnicas dos estudos de caso e os resultados obtidos nas análises precedentes, buscando a sistematização das informações e conhecimentos obtidos. O conjunto destas análises possibilita reflexões sobre os métodos utilizados na pesquisa, os resultados, as particularidades de cada objeto de estudo e conclusões.

- Quinta etapa:

Na quinta etapa são apresentadas as considerações finais baseadas nas análises e validações dos resultados e conclusões pertinentes, aportando sugestões para a elaboração de futuros trabalhos que venham a aprofundar e complementar esta pesquisa.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação está estruturada em seis capítulos que estão organizados de acordo com as etapas estabelecidas na metodologia desta pesquisa:

O primeiro capítulo refere-se à apresentação e contextualização do tema e às questões que envolvem a problemática e justificativa da pesquisa. Elenca os objetivos geral e específicos, assim como expõe a delimitação da pesquisa e os critérios para a seleção dos estudos de caso. Por fim, faz as considerações sobre a metodologia utilizada para o desenvolvimento desta dissertação.

O segundo capítulo compreende o referencial teórico. Abordam-se o histórico da utilização dos contêineres ISO, as normas brasileiras sobre o tema, as características e particularidades desses contêineres, os tipos existentes, as questões acerca da sua utilização na arquitetura, tipologias e exemplos de edificações nacionais e internacionais.

O terceiro capítulo trata do desempenho dos contêineres ISO como produto para a arquitetura. Este capítulo está dividido em três partes, sendo a primeira referente aos aspectos projetuais relacionados com este tipo de construção e ao método de análise morfológica baseado nos conceitos apresentados por Ching (1995). A segunda etapa é referente aos aspectos construtivos das edificações com contêineres ISO. A quarta etapa é referente ao desempenho térmico da envoltória desses contêineres em seu estado natural, tendo como referência os requisitos estabelecidos pelas normas NBR 15220 (2005) e NBR 15575.

O quarto capítulo apresenta os estudos de caso selecionados na região sul do Brasil, sendo feitas as suas caracterizações por meio de material gráfico e fotográfico e as análises dos aspectos projetuais, construtivos e de desempenho térmico.

O quinto capítulo apresenta as análises comparativas dos resultados obtidos nos estudos de caso, referentes às características técnicas, aos aspectos projetuais, construtivos e de desempenho térmico.

O sexto capítulo destina-se às considerações finais da dissertação e recomendações para a elaboração de futuros trabalhos, sendo seguido de referências.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão abordados conceitos referentes ao histórico do uso dos contêineres ISO (contêineres de carga que contemplam as Normas da ISO relevantes) no Brasil e no mundo, à sua caracterização e à sua utilização nas construções nacional e internacionalmente.

2.1 BREVE HISTÓRICO DO USO DOS CONTÊINERES ISO

Os antecedentes dos primeiros contêineres surgiram nas civilizações primitivas, que utilizavam recipientes e objetos para armazenar e transportar bens, porém seu desenvolvimento veio com a revolução industrial e com o transporte ferroviário.

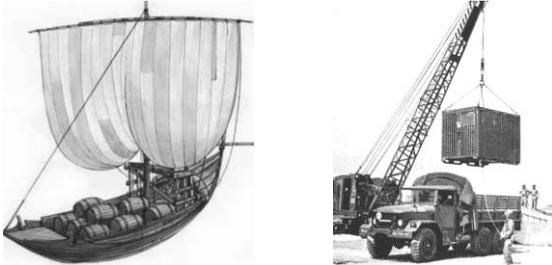
De acordo com Santos (1982), até meados do século XX a principal forma de acondicionamento dos produtos era com tonéis feitos de madeira, que pelo baixo grau de mecanicidade da época mostravam-se ideais pelas facilidades de manipulação. Apesar de similares na concepção volumétrica possuíam capacidades distintas conforme o país ou região em que eram utilizados. A Figura 2-a mostra o transporte de tonéis em embarcação. O advento da industrialização e a diversificação das mercadorias manufaturadas dificultaram o uso de tonéis, acentuando a necessidade de outras maneiras de acondicionamento da produção e de uma unidade padrão de medida internacional. A exigência era de que a nova embalagem fosse metálica, suficientemente forte para resistir ao uso constante e de dimensões modulares.

De acordo com Slawik et al. (2010), o atual modelo de contêiner foi idealizado em 1937 por Malcom McLean, que avaliou o desperdício de tempo e dinheiro que ocorria nos portos e concluiu que a operação poderia ser mais eficiente se os recipientes que contêm os produtos pudessem ser embarcados nos navios cargueiros, como mostra a Figura 2-b. Deste modo, projetou contêineres em aço resistente à corrosão com o tamanho do espaço de carga de um caminhão, de modo a adequar-se a diversos meios de transporte.

Segundo Santos (1982), nos anos de 1960 McLean disponibilizou suas patentes por meio de uma locação isenta de royalties para a ISO. Em 1968 foi publicada uma recomendação de medidas denominada *ISO Recommendation R668*, que resultou na vigente norma ISO 668 (2013). Com isso, foi possível simplificar e universalizar a utilização dos contêineres. De acordo com Goebel (1996), os padrões internacionais estabelecidos pela ISO englobam dimensões, resistência mínima e requisitos de teste para cada componente do contêiner, tolerância,

dispositivos de canto, certificados, terminologia, marcação e identificação, dentre outros. Desta maneira, é possível facilitar o intercâmbio dos contêineres e garantir a segurança no carregamento, na movimentação e em todas as modalidades de transporte.

Figura 2 - a) Barco com tonéis e b) Caminhão com contêiner, déc. 50



Fonte: a) CBC (2014) e b) Container king (2014)

Segundo Santos (1982), nos anos de 1960 McLean disponibilizou suas patentes por meio de uma locação isenta de royalties para a ISO. Em 1968 foi publicada uma recomendação de medidas denominada *ISO Recommendation R668*, que resultou na vigente norma *ISO 668 (2013)*. Com isso, foi possível simplificar e universalizar a utilização dos contêineres. De acordo com Goebel (1996), os padrões internacionais estabelecidos pela ISO englobam dimensões, resistência mínima e requisitos de teste para cada componente do contêiner, tolerância, dispositivos de canto, certificados, terminologia, marcação e identificação, dentre outros. Desta maneira, é possível facilitar o intercâmbio dos contêineres e garantir a segurança no carregamento, na movimentação e em todas as modalidades de transporte.

Segundo Santos (1982), em 1969 um engenheiro mecânico chamado Richard Gibney cunhou a frase *Twenty Foot Equivalent Unit (TEU)*, unidade de capacidade de carga equivalente a vinte pés usada para descrever a capacidade dos contêineres, que até hoje é utilizada como medida padrão. Desde então, foram definidas internacionalmente as dimensões básicas 2,44 m (8') de largura, 2,59 m (8,5') de altura e dois comprimentos mais conhecidos, que são de 6,06 m (20' = 1 TEU) e 12,19 m (40' = 2 TEUs).

A indústria dos contêineres desencadeou um processo de revolução que abarcou diversos sistemas de transportes de produtos, especialmente o marítimo, impulsionando o desenvolvimento da indústria naval. A segurança e a rapidez na manipulação proporcionaram uma maximização dos processos de embarque e desembarque de

mercadorias, assim como um aumento da produtividade nos portos e uma redução significativa dos custos.

2.1.1 Histórico do uso dos contêineres ISO no Brasil

De acordo com Santos (1982), o sistema de containerização do transporte foi adotado no Brasil após a standardização das medidas estabelecida pela ISO, pois, até então, a intermodalidade possuía um sistema operacional sem padronização, o que dificultava o intercâmbio entre as diversas rotas marítimas. A partir da standardização foram necessárias novas leis, documentações e acordos, com o objetivo principal de regulamentar e introduzir os contêineres ISO como a principal alternativa do sistema de transporte intermodal no Brasil. Para isso, em 1971 os termos das normas da ISO foram ratificados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e pelo Instituto de Metrologia, Normalização e Qualidade Técnica (INMETRO). Assim foram produzidas as primeiras normas relativas a contêineres, contendo sua terminologia, classificação, dimensões, discriminações técnicas e etc. Devido a isso, sistemas de transporte regionais foram praticamente eliminados e a maior parte da infraestrutura de transportes foi adaptada às novas condições exigidas pelo mercado internacional.

Segundo este autor, o primeiro porto a receber contêineres na América do Sul foi o porto de Santos, em 1965. O processo ocorreu de forma rudimentar e morosa devido à inexistência de equipamentos adequados. Em 1981 o país construiu o primeiro complexo portuário especializado na movimentação de contêineres, no Guarujá, que pode ser visto na Figura 3. O Terminal de Contêineres da Margem Esquerda do Porto de Santos (Tecon) recebeu o apoio técnico dos EUA, servindo como guia para governantes e empresários adaptarem-se ao novo sistema e adentrar definitivamente no circuito mundial de transporte de cargas marítimas.

Figura 3- a) Porto Tecon, déc. 80 e b) Porto Tecon ampliado, 2000



Fonte: Novo milênio (2003)

Posteriormente, foi fundada a Câmara Brasileira de Contêineres (CBC) com os objetivos de estruturar o manuseio dos contêineres e de gerar publicações e conferências para a melhoria do transporte. Segundo Santos (1982), a CBC passa então a acompanhar as tecnologias usadas nos portos, tanto para o transporte doméstico como para o internacional e também os incentivos fiscais destinados aos fabricantes e usuários desse novo sistema no país. Segundo este autor, a utilização mundial de contêineres ISO foi um dos fatores mais significantes experimentados na indústria dos transportes, sendo inegável sua contribuição para a eficiência no manuseio de cargas e no desenvolvimento das economias. De acordo com Crane (2013), estima-se que existam atualmente cerca de 20 milhões de contêineres circulando pelo mundo.

2.1.2 Legislação brasileira de contêineres ISO

Segundo Gonçalves (2003), a utilização de contêineres ISO no Brasil é regida pela lei nº 4.907 de 17 de dezembro de 1965, que dispõe sobre o uso de cofres de carga nos transportes de mercadorias, sendo posteriormente regulamentada pelo decreto nº 59.136 de 28 de setembro de 1966. Em 11 de dezembro de 1975 a lei nº 6.288 configurou a utilização, a movimentação e o transporte, inclusive intermodal, de mercadorias em unidades de carga. Além disso, o Regime Especial de Trânsito Aduaneiro, por meio do Decreto nº 79.904 de 13 de junho de 1977 também incluiu o contêiner como um dos seus beneficiários.

Segundo este autor, aproximadamente doze anos após a sua configuração jurídica o contêiner e o transporte intermodal, por meio do decreto nº 80.107 de 9 de agosto de 1977, passaram a ter uma comissão especial (Citedi) para coordenar, desenvolver estudos e promover a harmonia das providências a serem tomadas nas diversas áreas da economia nacional relacionadas com transportes intermodal. Em 15 de agosto de 1977 o transporte de mercadorias nacional e internacional efetuado em contêineres é regulamentado através do decreto nº 80.145, que inclui especificidades quanto à utilização de equipamentos especiais para o transporte de contêineres.

Finalmente em 1977, a portaria nº 890 implementa as Instruções do Serviço de Transporte Intermodal de Carga unitizada em contêineres, em complemento à lei nº 6.288 e ao decreto nº 80.145. Este decreto segue as especificações da padronização internacional de acordo com a ISO, que passa por atualizações em intervalos regulares para se ajustar às condições técnicas e logísticas, envolvendo toda a cadeia modal de transporte. Tal sistema de padronização confere aos contêineres uma

forma racional e modular de encaixe facilitando o transporte marítimo, viário, ferroviário e estocagem.

As normas brasileiras em vigor que têm como base o sistema ISO e que tratam sobre os contêineres são:

- **NBR 5943 (1984) Contêiner- Tipos.** Esta Norma classifica e codifica os tipos de contêineres.

- **NBR ISO 668 (2000) Contêineres Séries 1- Classificação, Dimensão e Capacidade.** Esta Norma especifica a classificação dos contêineres série 1, baseado nas dimensões externas, e estabelece as massas brutas associadas, e quando adequado, as dimensões mínimas e abertura das portas para determinados tipos de contêineres.

- **NBR ISO 6346 (2002) Contêineres de carga- Códigos, identificação e marcação.** Esta Norma proporciona um sistema para identificação de informações sobre contêineres de carga. Este sistema é previsto para aplicação geral, por exemplo, para documentação, controle e comunicações (incluindo sistema automático de processamento de dados) assim como para inscrição para os próprios contêineres.

- **NBR 7475 (2010) Implementos rodoviários- Dispositivos de fixação de contêiner- Requisitos.** Esta Norma estabelece os requisitos para o dispositivo de fixação de contêiner do veículo rodoviário porta-contêiner (VPC) e especifica um método de ensaio para determinação da sua resistência.

- **NBR 9500 (2010) Implementos rodoviários- Veículo porta contêiner- Requisitos.** Esta Norma estabelece os requisitos de projeto e de verificação da resistência e fixação do contêiner no veículo porta-contêiner (VPC) utilizado no transporte rodoviário.

- **NBR 9762 (2012) Veículo rodoviário de carga – Terminologia.** Esta Norma define os termos empregados para os veículos rodoviários de carga.

2.2 CARACTERIZAÇÃO DOS CONTÊINERES ISO

Segundo Slawik et al. (2010), a palavra contêiner vem do Latim “contingere” e significa manter junto, envolver, armazenar. Os contêineres ISO são construções metálicas pré-fabricadas constituídas por estrutura com perfis e chapas de aço patinável que apresenta elevada resistência à corrosão, comumente conhecido como aço Corten. Uma das principais características desse aço, é que sob certas condições ambientais de exposição aos agentes corrosivos, ele pode desenvolver uma película de óxido de cor avermelhada aderente e protetora, chamada de pátina, que atua reduzindo a velocidade do ataque dos

agentes corrosivos presentes no meio ambiente. Os contêineres são utilizados para acondicionar e transportar mercadorias a longa distância pelos diversos sistemas de transporte, tendo como premissas básicas a segurança, a inviolabilidade e a rapidez de manuseio.

2.2.1 Aspectos da composição dos contêineres ISO

O contêiner ISO apresenta-se como uma caixa paralelepipedal de seis lados composta por estrutura, aberturas e fechamentos, que definem seus limites espaciais e sua volumetria, como ilustra a Figura 4.

Figura 4- Volumetria de um contêiner ISO 20'

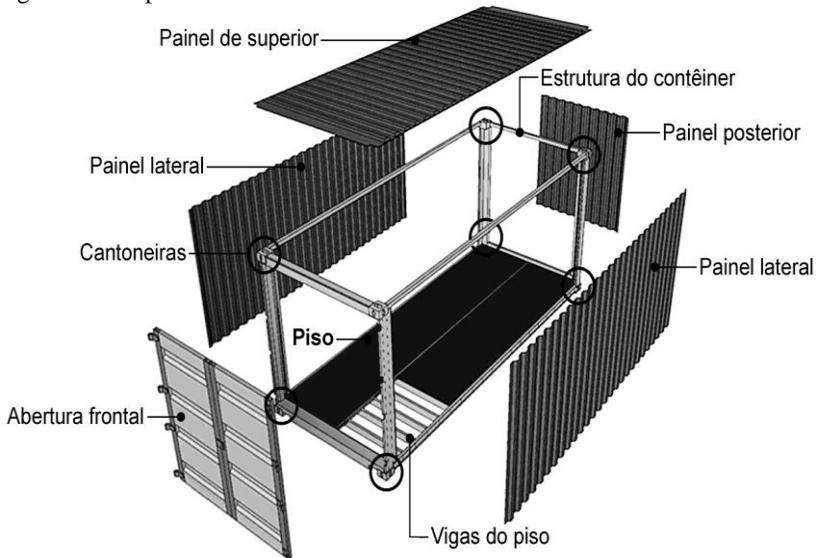


Fonte: Container Alliance (2014)

De acordo com Slawik et al. (2010) a estrutura do contêiner ISO é composta por quatro vigas inferiores e quatro superiores que se conectam por meio de pilares posicionados nas esquinas, formando uma armação intertravada e rígida. Esses quatro montantes são providos de cantoneiras que auxiliam no apoio, manuseio e travamento do conjunto. Os seus fechamentos apresentam três elementos distintos: o piso, que possui um trilho de conexão intermediário soldado às vigas inferiores e que serve de sustentação para as placas de compensado aparafusadas sobre toda a estrutura do chão; o painel frontal, composto por uma porta de duas folhas equipada com dobradiças soldadas nos pilares de sustentação e os painéis laterais, superior e posterior, que são soldados nas vigas perimetrais, como ilustrado na Figura 5.

Segundo Slawik et al. (2010), os painéis que compõem as laterais e a cobertura do contêiner são feitos de chapa de aço trapezoidal com 2 mm de espessura, pois são mais rentáveis e fáceis de reparar. Além disso, apresentam uma rigidez maior do que uma chapa totalmente plana e lisa. Estas chapas estão soldadas na estrutura do contêiner. O piso é feito de madeira, geralmente tábuas ou compensado, e embora a madeira seja relativamente cara, tem grandes vantagens sobre outros materiais, pois é resistente, apresenta pouca deformação e pode ser facilmente substituída durante reparos.

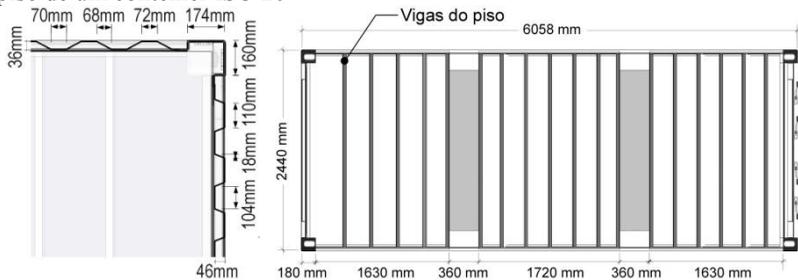
Figura 5- Componentes de um contêiner



Fonte: Autora (2014)

Abaixo do piso estão dispostas vigas transversais de aço que aumentam a resistência do conjunto. A Figura 6-a mostra os detalhes da chapa trapezoidal das laterais do contêiner e a Figura 6-b ilustra a planta do piso de um contêiner ISO 20'.

Figura 6- a) Chapas de aço corrugadas do contêiner em planta e b) planta do piso de um contêiner ISO 20'



Fonte: Autora (2014)

Segundo Slawik et al. (2010), apesar da resistência à corrosão do aço Corten, a camada superficial dos contêineres necessita de uma proteção adicional. Em função disso, eles recebem uma base epóxi de grande durabilidade e três camadas de tinta anticorrosiva.

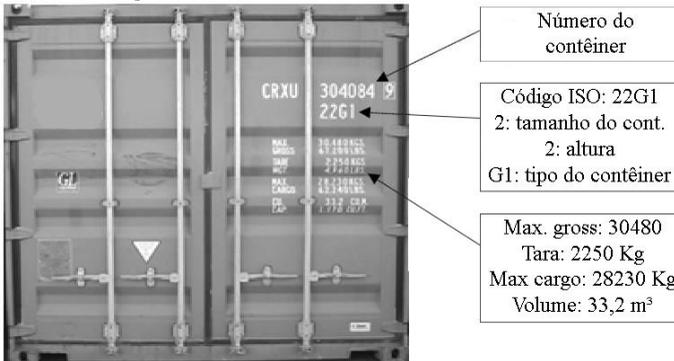
2.2.2 Unidades de medida dos contêineres ISO

De acordo com a CBF Cargo (2014), as unidades de medida utilizadas para a padronização das dimensões dos contêineres ISO são os pés (') e as polegadas ("). Estas medidas fazem referência às suas dimensões externas e o tamanho está associado ao comprimento, sendo a largura limitada em função do transporte rodoviário (2,44 m). A capacidade volumétrica dos contêineres é medida em metros cúbicos (m³) ou pés cúbicos (*cubic feet*) e a capacidade de peso é definida em quilograma e libra (medida inglesa). Além disso, são elementos modulares, tendo como referência o contêiner ISO 20' (vinte pés), considerado como um módulo e denominado TEU. Esse tipo é utilizado para determinar o tamanho dos navios porta-contêiner.

2.2.3 Identificação dos contêineres ISO

Segundo Sobreira (2012), após a difusão do uso dos contêineres ISO no mundo fez-se necessária a padronização de sua identificação, permitindo o controle da movimentação e a localização, rastreamento e fiscalização de mercadorias. Sendo assim, em 1969, foi criado o código de identificação dos contêineres pelo *Bureau International des Containers* (BIC), adotado como padrão pela ISO em 1972. A identificação dos contêineres é composta por um código de três letras que define o operador/proprietário, uma quarta letra para identificação do equipamento, um número serial de seis dígitos e um sétimo dígito (*check digit*) que possibilita a validação do registro e a acuracidade na transmissão dos dados, conforme mostrado na Figura 7.

Figura 7- Identificação dos contêineres



Fonte: Autora (2014)

Este código, de acordo com Sobreira (2012), garante a identificação do contêiner e facilita sua circulação internacional e admissão temporária para efeitos de aduana. Além disso, possibilita o controle do uso dos contêineres manualmente ou por computadores em qualquer estágio da cadeia de transporte, sendo utilizado em 115 países, abrangendo mais de 90% da frota de contêineres.

2.2.4 Tipos de contêineres ISO

De acordo com Slawik et al. (2010), os vários tipos de contêineres existentes foram desenvolvidos em função da mercadoria a ser transportada e são definidos pela norma ISO 830 (1999) *Freight containers- Vocabulary*. Atualmente existem mais de vinte tipos diferentes, que variam de fechados a abertos, com ou sem capacidade para controle da temperatura interna. Neste trabalho foram selecionados alguns dos mais utilizados no Brasil e no mundo, sendo apresentados no Quadro 1.

Quadro 1- Tipos e dimensões dos contêineres ISO usuais

Continua

Contêineres ISO			Dim. internas (m)			Dim. externas (m)		
Tipo	Pés	Função	c	l	h	c	l	h
Dry box	20'	Transporte de cargas gerais secas. Contêineres feitos de aço, com estrutura paralelepipedal e portas frontais.	5,91	2,34	2,40	6,06	2,44	2,59
	40'		12,04	2,34	2,38	12,19	2,44	2,59
	HC 20		5,91	2,34	2,69	6,06	2,44	2,89
	HC 40		12,03	2,35	2,69	12,19	2,44	2,89
Ventilado	20'	Transporte de cargas que requerem ventilação. Este tipo possui aberturas nos fechamentos laterais e sistema de ventilação forçada.	5,90	2,32	2,37	6,06	2,44	2,59
	40'		12,02	2,34	2,38	12,19	2,44	2,59
Refrigerado	20'	Transporte de cargas perecíveis de temperatura controlada. Este tipo é um dos mais caros, pois possui o revestimento do piso em alumínio, portas de aço reforçadas e sistema de refrigeração acoplado.	5,50	2,27	2,27	6,06	2,44	2,59
	40'		11,58	2,26	2,23	12,19	2,44	2,59

Fonte: Supportcargo (2014) e CBF (2014)

Quadro 1- Tipos e dimensões dos contêineres ISO usuais

Contêineres ISO			Dim. internas (m)			Dim. externas (m)			Conclusão
Tipo	Pés	Função	c	l	h	c	l	h	
Granéis	20'	Transporte de granéis sólidos como produtos agrícolas. Este tipo dispensa o uso de embalagens e pode ser carregado pelas escotilhas superiores e descarregado pela abertura frontal. Usado também convencionalmente.	5,89	2,34	2,40	6,06	2,44	2,59	
	40'		12,02	2,34	2,38	12,19	2,44	2,59	
Tanque	20'	Transporte de líquidos e gases. Este tipo apresenta-se como um tanque de aço inoxidável inscrito em moldura de aço.	5,84	2,37	2,37	6,06	2,44	2,59	
Flat Rack	20'	Transporte de cargas pesadas e grandes que excedam as dimensões do contêiner padrão. Este tipo é aberto superior e lateralmente, facilitando o embarque e desembarque de mercadorias.	5,91	2,39	2,32	6,06	2,44	2,59	
	40'		12,02	2,23	1,99	12,19	2,44	2,59	
Plataforma	20'	Transporte de cargas de grandes dimensões ou muito pesadas. Este tipo caracteriza-se como uma plataforma que estrutura a mercadoria acondicionada.	6,02	2,41	-	6,06	2,44	0,23	
	40'		12,15	2,29	-	12,19	2,44	0,63	
Open top	20'	Transporte de mercadorias que excedam a altura do contêiner ou que apresentam facilidade ao serem estivadas por cima. Este tipo é feito em aço e possui fechamento superior removível (tecido ou metálico).	5,89	2,36	2,69	6,06	2,44	2,89	
	40'		12,03	2,35	2,37	12,19	2,44	2,59	

Fonte: Supportcargo (2014) e CBF (2014)

2.2.5 Aspectos da produção dos contêineres ISO

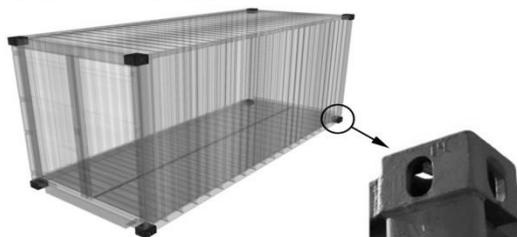
Os contêineres ISO possuem particularidades que determinam o modo como devem ser movimentados, transportados, agrupados-empilhados, sua capacidade de peso e disposição da carga em seu interior, suas características com relação à umidade do ar e da carga acondicionada e sua vida útil no transporte de mercadorias.

a) Movimentação dos contêineres ISO

Com o objetivo de melhorar o manuseio dos contêineres e reduzir os acidentes e perdas de mercadorias foram criados equipamentos especiais adequados para as distintas etapas do processo de transporte, que englobam a movimentação, o empilhamento, o embarque e o desembarque destes produtos. Para tanto, os principais pontos de sustentação dos contêineres são as cantoneiras (*corner fitting*), que se encontram nos oito vértices desses elementos e são produzidas para resistir aos esforços realizados durante seu manuseio, como ilustra a Figura 8 (SLAWIK et al., 2010).

Segundo Goebel (1996), estes dispositivos de canto têm papel essencial, pois permitem que os contêineres sejam manipulados sem restrições pelos equipamentos intermodais, sendo as principais peças para içamento ou imobilização dos contêineres no veículo ou no interior do navio. Além disso, sua resistência e posição estão sujeitas a controle severo de tolerâncias.

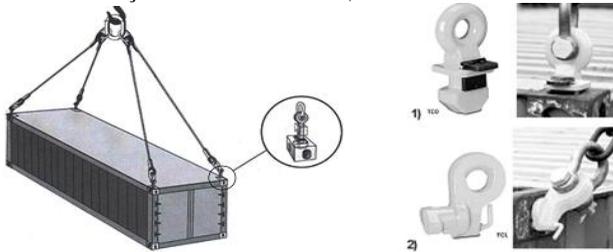
Figura 8- Cantoneiras dos contêineres



Fonte: CIMC (2014)

Segundo Slawik et al. (2010), existem diversos tipos de elementos que se encaixam nas cantoneiras e servem de alças para movimentá-los, podendo ser utilizados com correntes, cabos ou correias. A Figura 9 ilustra dois tipos de alça de fixação flexível, a primeira para ser fixada verticalmente no topo da cantoneira e a segunda em sua lateral.

Figura 9- a) Encaixe da alça nas cantoneiras e b) elementos de movimentação



Fonte: a) LIFTechniques (2014) e b) Intercon (2014)

Outro tipo de alça com gancho de segurança pode ser utilizado na movimentação dos contêineres, como pode ser visto na Figura 10.

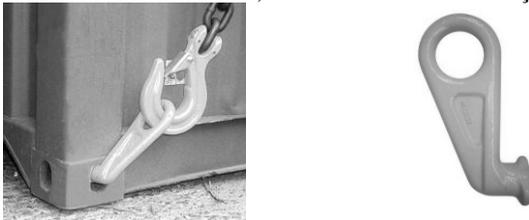
Figura 10- a) Encaixe da alça nas cantoneiras, b) elemento de movimentação



Fonte: a) LIFTechniques (2014) e b) HESWA (2014)

Na Figura 11 pode ser visto um tipo de elemento muito utilizado quando o contêiner é movimentado pelas cantoneiras inferiores, denominado *Eye type*. Este elemento possui um orifício interno de grandes dimensões para facilitar o uso de ganchos de diversos tamanhos.

Figura 11- a) Encaixe na cantoneira e b) Elemento de movimentação

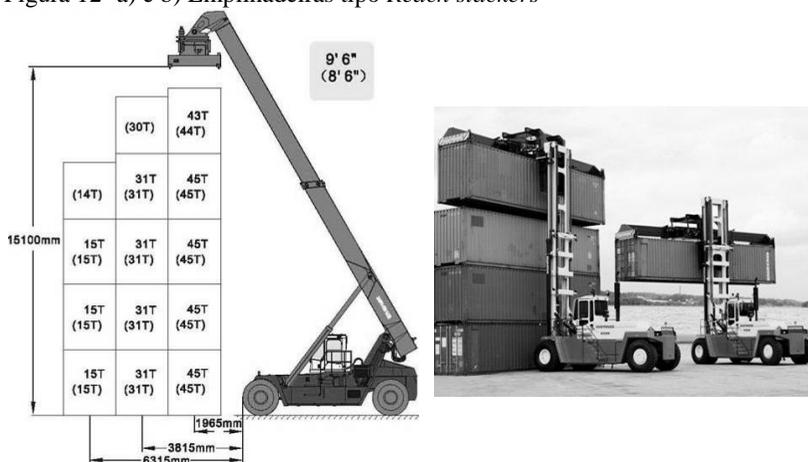


Fonte: HESWA (2014)

Os equipamentos de movimentação dos contêineres ISO variam em função do tipo de operação e do porte do terminal. Segundo Bertolani e Leme (2014), a movimentação dos contêineres nos portos

marítimos é feita com a utilização de *reach stackers* e *transtainers*. Os primeiros são empilhadeiras de alcance que movimentam e fazem o empilhamento dos contêineres, como mostrado na Figura 12. Elas são muito utilizadas em terminais de médio porte e possuem baixo custo e grande flexibilidade de uso.

Figura 12- a) e b) Empilhadeiras tipo *Reach stackers*



Fonte: a) Truckcrane (2014) e b) Nautic (2014)

Os *transtainers* são guindastes montados sobre pneus ou linhas férreas, que empilham e transferem contêineres de um ponto a outro, como pode ser visto na Figura 13. Eles podem operar em empilhamentos de até quatro contêineres, movendo-se somente em linha reta.

Figura 13- a) e b) Guindaste tipo *Transtainer*



Fonte: a) Urssa (2014) e b) CSM (2012)

No desembarque e embarque dos contêineres em navios são utilizados guindastes porticados denominados *portainers*, como ilustrado na Figura 14.

Figura 14- Guindastes tipo *Portainer*



Fonte: CBC (2014)

b) Transporte dos contêineres ISO

De acordo com Goebel (1996), os contêineres ISO não são apenas uma forma de acondicionamento de carga, tendo em vista que são parte integrante das unidades de transporte quer sejam vagões ferroviários, veículos rodoviários ou navios. Segundo Slawik et al. (2010), os meios de transporte de contêineres de maior relevância são o marítimo e o fluvial, caracterizados por aumentos contínuos nos últimos anos, com destaque dos portos asiáticos, cuja movimentação de contêineres dobrou desde 2002. Um dos maiores navios do mundo é o Emma Maersk, de propriedade da empresa de navegação dinamarquesa Maersk. Este navio possui 397 m de comprimento e tem uma capacidade de até quinze mil TEUs.

O transporte de contêineres por caminhões também oferece vantagens devido à rápida e flexível distribuição de mercadorias que proporcionam. Os caminhões padrão são feitos para transportar um contêiner ISO 40' e possuem travas para fixá-lo ao chassi no transporte. No entanto, existem variantes do chassi padrão com travas intermediárias para possibilitar o transporte de dois contêineres ISO 20' e chassis com outros comprimentos.

O transporte ferroviário de contêineres não é tão flexível quanto o rodoviário, mas pode ser muito eficaz se a rede ferroviária for bem

desenvolvida. Além disso, existe a possibilidade de organizar os contêineres em dois patamares, otimizando o espaço nas plataformas dos trens. A Figura 15 mostra o transporte de contêineres por navio, caminhão e trem.

Figura 15- a) navio com contêineres, b) caminhão com contêiner e c) trem com contêineres

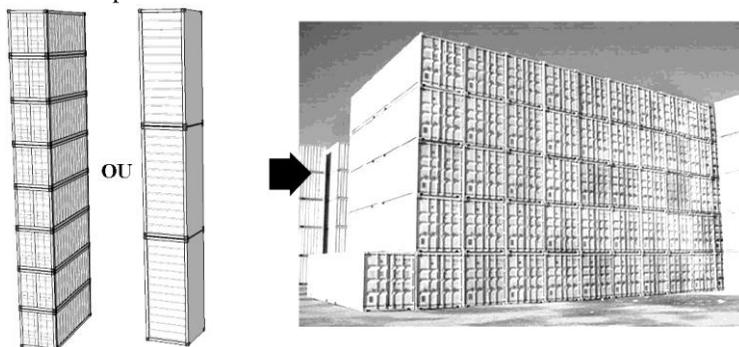


Fonte: a) Gigantes do mundo (2014), b) Shoppocos (2014) e c) Flickr (2014)

c) Agrupamento e empilhamento de contêineres ISO

Os contêineres ISO possuem estrutura reforçada em aço capaz de suportar dez vezes o próprio peso, o que possibilita que formem agrupamentos estáticos de até oito unidades de altura no sentido transversal e três unidades de altura no sentido longitudinal, sem comprometer suas características estruturais, como pode ser visto na Figura 16. Isto é possível, segundo Slawik et al. (2010), porque as cargas horizontais são suportadas e transmitidas das vigas para os pilares e são direcionadas para os pontos de apoio da estrutura, entretanto, é necessário assegurar que as cantoneiras estejam posicionadas uma acima da outra, garantindo assim a eficiência do conjunto.

Figura 16- Empilhamento de contêineres



Fonte: Autora (2014)

d) Capacidade e disposição da carga nos contêineres ISO

De acordo com Slawik et al. (2010), os contêineres ISO estão projetados para transportar cargas pesadas e, portanto, o seu carregamento máximo geralmente não é determinado pelo limite de peso permitido, mas pelo volume da carga a ser transportada. Segundo a NBR ISO 668 (ABNT, 2000), o contêiner ISO 20' possui 2,33 t de peso próprio, capacidade máxima de carga de 21,67 t e capacidade cúbica de 33,2 m³. O contêiner ISO 40' tem 3,55 t de peso próprio, capacidade máxima de carga de 26,93 t e capacidade cúbica de 67,6 m³. O contêiner *High Cube* 40' possui 4,15 t de peso próprio, capacidade máxima de carga de 26,33 t e capacidade cúbica de 76,2 m³. Esta norma determina que os contêineres ISO devam possuir massa bruta máxima de 30,48 t.

f) Umidade do ar e da carga acondicionada

Segundo Gonçalves (2003), os contêineres, apesar de serem bem vedados, estão frequentemente sujeitos à ação da umidade do ar e da própria carga acondicionada, podendo levar ao aparecimento de fungos e apodrecimento das mercadorias. Esta umidade ocorre devido às variações de temperatura no interior dos contêineres.

g) Vida útil dos contêineres ISO

A vida útil dos contêineres ISO é influenciada por muitos fatores, como o material que o constitui, o tipo de carga transportada, a diversidade de intempéries enfrentadas, o maquinário utilizado em seu manuseio, as manutenções sofridas ao longo do tempo, dentre outros. Devido a isso, os contêineres ISO, segundo o WSC (2014), apresentam uma vida útil no transporte de mercadorias de dez a quinze anos. Após esse período ocorre o descarte dos modelos antigos e a substituição por contêineres novos, gerando um crescimento do “lixo” industrial portuário, que se desenvolve paralelamente ao crescimento do sistema de containerização mundial.

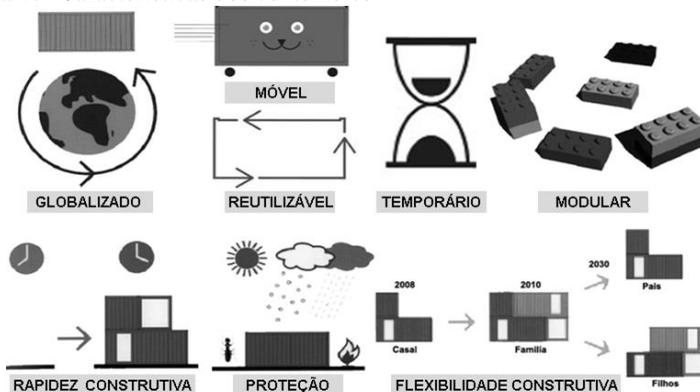
2.3 USO DE CONTÊINERES ISO NA ARQUITETURA

De acordo com dados da WSC (2014), há mais de 18 milhões de contêineres ISO para transporte circulando pelo mundo e cerca de 5% do total de unidades são descartados todos os anos para reciclagem, pois o tempo para utilização dos contêineres nos transportes é entre dez e quinze anos. Após este período surge a necessidade de oferecer um destino alternativo para estes produtos, que por serem produzidos a partir de materiais de grande durabilidade, acabam se acumulando nos

portos. Seu grande potencial de uso se justifica devido à qualidade do material e a sua versatilidade, possibilitando novos usos, tais como abrigos sanitários para obras, shows, feiras e exposições ou ainda como estandes em eventos, depósitos, alojamento, ambulatórios médicos e serviços itinerantes.

Segundo Kotnik (2008) e Slawik et al. (2010), os contêineres ISO apresentam características que podem trazer benefícios à construção de edifícios, pois são pré-fabricados, modulares, compactos, robustos, resistentes às intempéries e podem ser trasladados e instalados de modo temporal. O caráter modular do sistema dá flexibilidade ao projeto, pois possibilita agilizar o processo de montagem e desmontagem das edificações e possibilita a construção em etapas, de acordo com as necessidades dos usuários. Além disso, a produção massiva de contêineres possibilita uma construção com custos reduzidos e de caráter ecológico. Devido a essas características esse tipo de construção se tornou algo atrativo tanto para as empresas como para os clientes. A Figura 17 ilustra essas características citadas pelos autores.

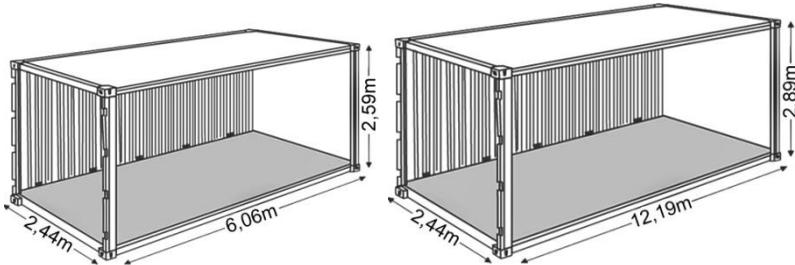
Figura 17- Características dos contêineres



Fonte: Adaptação de Kotnik (2008)

De acordo com o RSCP (2014) os tipos de contêineres ISO mais utilizados nas construções são o tipo ISO 20' e 40' devido a sua grande versatilidade. Uma alternativa para conseguir maiores pés-direitos é a utilização do contêiner *High Cube* 40', que apresenta as mesmas dimensões do contêiner ISO 40', porém com uma altura externa de 2,89 m, como mostrado na Figura 18. Figuerola (2013) cita a possibilidade de embutir as instalações no forro de gesso como uma das vantagens do uso desse contêiner.

Figura 18- a) Contêiner ISO 20' e b) Contêiner HC 40'



Fonte: Brasmar (2014)

Apesar dos aspectos positivos da utilização deste produto, os contêineres não foram feitos para serem habitáveis e, de acordo com Figuerola (2013), eles precisam passar por um rigoroso processo de seleção e transformação antes de serem utilizados nas construções, o que exige conhecimento técnico especializado. Segundo Araujo (2012), a reutilização dos contêineres na construção de edifícios envolve também licenciamento ambiental, desinfecção e teste de radiatividade para poder identificar sua procedência e que tipo de material foi previamente transportado.

A seguir é apresentada a evolução histórica da arquitetura com contêineres ISO no mundo.

2.3.1 Evolução da arquitetura com contêineres ISO

Segundo Kotnik (2008), a utilização de contêineres na arquitetura passou por uma evolução histórica que teve início com seu uso conceitual por arquitetos inovadores evoluindo até a sua utilização como alternativa de arquitetura modular produzida em série, como ilustra a Figura 19.

Figura 19- Evolução do uso de contêineres na arquitetura



Fonte: Adaptado de Kotnik (2008)

De acordo com Kotnik (2008), os primeiros projetos de arquitetura com contêineres ISO surgiram como manifestos arquitetônicos e artísticos de grande poder conceitual, exaltando sua mobilidade e natureza cosmopolita e mostrando que um único contêiner era suficiente para criar um espaço habitável. A maioria dos usuários desse tipo de obra era chamada de nômades urbanos. Um exemplo é a obra denominada *Future Shack*, projetada pelo arquiteto Sean Godsell em 1985, na Austrália. Este projeto caracteriza-se como uma habitação emergencial móvel e adaptável a terrenos irregulares, podendo ser armazenada e transportada em todo o mundo, como ilustra a Figura 20.

Figura 20- *Future Shack*, 1985



Fonte: Seangodsell (2014)

Posteriormente foram sendo adicionadas nos projetos áreas extras por meio da expansão das laterais dos contêineres ISO, com o objetivo de ampliar o espaço interno. Um exemplo é a obra denominada *Mobile Dwelling Unit* (MDU), projetada pela *Lot-ek* em 2003, caracterizada como uma unidade móvel de habitação feita com um contêiner em que as paredes metálicas foram cortadas para gerar volumes extrudados. Esses volumes podem ser deslocados, voltando à configuração inicial do contêiner durante o transporte desta unidade. Quando em uso todos os volumes são empurrados para fora, deixando o interior do contêiner sem obstruções, com todas as funções acessíveis distribuídas nas suas laterais, como ilustra a Figura 21.

Figura 21- *Mobile Dwelling Unit (MDU)*, 2003



Fonte: LOT-EK (2014)

Posteriormente, foram agrupados vários contêineres ISO para produzir espaços mais amplos, sendo também combinados com outros materiais de construção, resultando em projetos mais dinâmicos e de melhor qualidade. Como exemplo tem-se a obra denominada *Redondo Beach House*, uma residência projetada em 2007 pelo escritório De Maria Design. Esta casa está locada na praia Redondo, Califórnia, e é uma residência unifamiliar feita com contêineres em que foram combinadas técnicas construtivas tradicionais e materiais pré-fabricados. Os contêineres foram apoiados sobre uma base de concreto e dispostos em dois andares, conservando a aspecto visual dos contêineres interna e externamente, como ilustra a Figura 22.

Figura 22- a) e b) *Redondo Beach House*, 2007



Fonte: Demaria design (2014)

Outro exemplo é a obra denominada *12 Container House*, uma casa de verão pré-fabricada projetada pelo arquiteto Adam Kalkin e construída em 2002 nos Estados Unidos. A residência está composta por 12 contêineres reciclados e possui uma área de 372 m². Os contêineres foram apoiados em uma base de concreto e estão dispostos em dois andares configurando um “T”, além disso, possuem uma área envidraçada entre eles, permitindo a entrada de luz natural, como mostra a Figura 23.

Figura 23- 12 Container House, 2002



Fonte: Architecture and hygiene (2014)

Posteriormente foram utilizados materiais para revestir os contêineres externamente, o que alterou sua aparência, mas tornou este tipo de arquitetura mais amplamente aceito pelo público, atraindo novos clientes. Como exemplo pode-se citar a residência denominada *Bati'Home*, projetada em 2009 na França pela empresa Batiloc. Esta casa foi feita em aproximadamente três semanas com quatro contêineres e possui 60 m², sendo construída sobre uma laje de concreto com a aparência de uma casa tradicional, como ilustra a Figura 24.

Figura 24- *Bati'Home*, 2009



Fonte: Kotnik (2008)

Segundo Kotnik (2008), os projetos atuais com contêineres não estão mais limitados a propostas inovadoras, sendo cada vez mais utilizados como alternativa de arquitetura modular produzida em série.

2.3.2 Tipos de usos dos contêineres ISO na arquitetura internacional

Kotnik (2008) e Slawik et. al. (2010) destacam alguns exemplos de usos dos contêineres na arquitetura internacional, mostrados no Quadro 2.

Quadro 2- Exemplos de usos dos contêineres na arquitetura internacional

Continua

Dados gerais e características			Imagem
Ampliação de edifícios	Descrição	Adição de mais espaço ou novos usos. Impacto mínimo no local.	 Fonte: House variety (2014)
	Exemplo	Ampliação de edifício, déc. 60.	
	Localiz./ano	Nantes, França / 2009.	
	Projeto	Christophe Nogry.	
	Contêineres	2 ISO 20', 57 m ² de área.	
	Obs.	Contêineres situados no oeste do edifício para ampliar a sala de estar/jantar e criar sala no térreo.	
Contêineres combinados com outros materiais	Descrição	Usados para adequação dos contêineres a terrenos inclinados, para melhorar seu desempenho térmico, etc.	 Fonte: Archdaily (2014)
	Exemplo	<i>Manifesto House</i> .	
	Localiz./ano	Chile / 2009.	
	Projeto	James & Mau.	
	Contêineres	3 <i>High Cube</i> , 160 m ² de área.	
	Obs.	Construída em 3 meses. Revestimento externo com pallets.	
Contêineres em coberturas de edifícios	Descrição	Usados em coberturas, pois são fáceis de instalar e não necessitam de fundações especiais.	 Fonte: Lot-ek (2014)
	Exemplo	<i>Guzman Penthouse</i>	
	Localiz./ano	Nova York, EUA / 1996	
	Projeto	LOT-EK	
	Contêineres	1 ISO 20', 14 m ² de área	
	Obs.	Contêiner utilizado para adicionar um quarto compacto na cobertura de um edifício.	
Contêineres em espaços interiores	Descrição	Usados para compartimentar espaços interiores e trazer programa adicional à edificação.	 Fonte: Containersa (2014)
	Exemplo	<i>Loft</i> da família Wardell & Sagan.	
	Localiz./ano	São Francisco, EUA.	
	Projeto	Wardell & Sagan.	
	Contêineres	2 ISO 20', 28m ² de área.	
	Obs.	Contêineres usados para complementar a coleção de arte contemporânea do dono.	

Fonte: Autora (2015)

Quadro 2- Exemplos de usos dos contêineres na arquitetura internacional

Conclusão

Dados gerais e características			Imagem
Residências unifamiliares	Descrição	Podem ser projetadas de acordo com as necessidades de cada cliente ou como casas pré-fabricadas produzidas em série.	 Fonte: James & Mau (2014)
	Exemplo	Residência <i>El Tiemblo</i> .	
	Localiz./ano	Espanha / 2010.	
	Projeto	James & Mau Arquitetura.	
	Contêineres	4 ISO 40', 190 m ² de área.	
	Obs.	Construída em 6 meses. Casa com 2 andares e configurada em "L".	
Residências multifamiliares	Descrição	A construção de grandes edifícios tem sido impulsionada pela praticidade e economia.	 Fonte: RSCP (2014)
	Exemplo	Moradia estudantil Cité A Docks.	
	Localiz./ano	França / 2010.	
	Projeto	Cattani Architects.	
	Contêineres	100 ISO 40', 24 m ² cada unidade.	
	Obs.	Uma armação metálica serve de suporte para os contêineres, escalonando as unidades.	
Contêineres em eventos	Descrição	Boa opção para eventos, pois possibilitam construções temporárias, várias combinações e instalação em diversos lugares.	 Fonte: Kotnik (2008)
	Exemplo	<i>Expo Arcueducto</i>	
	Localiz./ano	Zaragoza / 2008	
	Projeto	BOPBAA arquitectura	
	Contêineres	13 ISO 20' e 40'	
	Obs.	Galeria e palco ambulante composto por pórtico, espaço para exposições e para eventos.	
Contêineres em obras comerciais	Descrição	Utilizados principalmente em restaurante, lojas e escritórios.	 Fonte: RSCP (2014)
	Exemplo	<i>Rotterdam's Wijn of Water</i> .	
	Localiz./ano	Rotterdam / 2005.	
	Projeto	Bijvoet architectuur.	
	Contêineres	8 ISO 40', 230 m ² de área.	
	Obs.	Instalado em frente ao rio Maas, sendo posteriormente trasladado.	

Fonte: Autora (2015)

2.3.3 Utilização de contêineres ISO nas construções brasileiras

Os contêineres ISO vêm sendo cada vez mais utilizados nas construções brasileiras, servindo como apoio para a produção de edifícios e como matéria prima para a construção de obras residenciais, comerciais, dentre outras. Segundo Yazbek (2015), os tipos mais usados no país são o contêiner ISO 20', com área interna de 14 m², o ISO 40' e o *High Cube* 40', com área interna de 28 m².

Os valores da compra de contêineres usados e novos no Brasil variam de acordo com o tipo e normalmente não incluem o valor do frete. Além disso, estão sujeitos à cotação do dólar, uma vez que na maioria das vezes eles são importados. De acordo com orçamento do Grupo IRS (2014), o contêiner ISO 20' usado custa em torno de R\$ 4.500,00 e novo aproximadamente R\$ 13.000,00. O contêiner ISO 40' usado custa aproximadamente R\$ 5.500,00 e novo em torno de R\$14.000,00, sendo que o contêiner *High Cube* 40' usado custa em torno de R\$ 6.000,00 e novo em torno de R\$15.000,00. Segundo Figuerola (2013), depois de adaptados para a construção de edifícios, eles têm durabilidade estimada de noventa anos, desde que sejam realizadas intervenções periódicas de manutenção.

De acordo com Alexsandra Oliveira, entrevistada por Yazbek (2015), a área média das edificações com contêineres ISO no Brasil varia entre cem e duzentos metros quadrados, com valor aproximado do metro quadrado de mil e quinhentos reais. Esse valor inclui o preço do contêiner, os recortes, o acabamento (piso e forro), as instalações elétricas e hidráulicas e o frete. Os valores variam principalmente de acordo com o acabamento solicitado pelo cliente e com o frete, que pode ser mais caro dependendo da distância que o contêiner deverá percorrer para chegar até o terreno de implantação.

A seguir é apresentada uma das aplicações mais recorrentes dos contêineres no Brasil, como alternativa versátil e econômica para instalações provisórias de canteiros de obra.

2.3.3.1 Uso de contêineres ISO nos canteiros de obra

O canteiro de obras é definido pela NR-18 (BRASIL, 2013) como área de trabalho temporária, onde se desenvolvem operações de apoio e execução de uma obra, é o local que recebe influências de todas as atividades relacionadas ao empreendimento, que segundo a NBR-12284 (ABNT, 1991), está dividido em áreas operacionais e áreas de vivência.

A NR-18 (BRASIL, 2013), prevê que as instalações provisórias em áreas de vivência de canteiro de obras possam ser realizadas com contêineres ISO. Entretanto, seus módulos devem possuir área de ventilação natural efetiva de no mínimo 15 % da área do piso e duas aberturas adequadamente dispostas para permitir a ventilação interna. Estas instalações devem garantir outros requisitos mínimos de conforto e higiene estabelecidos pela norma e possuir pé direito mínimo de 2,40 m. Além disso, a estrutura dos contêineres deve ser aterrada eletricamente, possuindo proteção contra riscos de choque elétrico por contatos indiretos. Na adaptação de contêineres ISO deve ser mantido no canteiro de obras, à disposição da fiscalização do trabalho e do sindicato profissional, um laudo técnico elaborado por profissional legalmente habilitado, que garanta a inexistência de riscos químicos, biológicos e físicos, em que conste o nome da empresa responsável pelas modificações efetuadas.

Segundo Saurin e Formoso (2006), os contêineres são uma alternativa bastante utilizada em países desenvolvidos devido aos benefícios relacionados à rapidez no processo de montagem e desmontagem, além da possibilidade de variados arranjos internos e do reaproveitamento da sua estrutura. Souza (1997) aponta a flexibilidade como uma das vantagens desse produto, considerando-a um dos requisitos mais significativos para definir o leiaute do canteiro de obras, podendo ser determinada pelo grau de reaproveitamento e adaptação das instalações após mudanças significativas no arranjo físico da obra.

A Eurobras (2014) destaca que os contêineres podem ser fabricados ou modificados enquanto o canteiro está sendo preparado, minimizando assim o tempo de projeto e de execução das instalações provisórias, sem atrasos ou interrupções na construção dos edifícios. Em contrapartida, Araújo (2009) aponta problemas relativos ao conforto térmico, pois os contêineres usuais apresentam baixa capacidade de isolamento térmico, fazendo-se necessário algum tipo de isolante para reduzir as amplitudes de temperatura. Existe a opção de comprar contêineres já com o isolamento, porém é possível minimizar este problema com procedimentos relativamente simples, tais como pintar externamente com tonalidades claras, aplicar revestimentos ou prover telhado adicional para melhorar as condições de conforto interno.

Existem várias empresas de venda e/ou locação no Brasil que oferecem opções de entrega de contêineres montados ou de entrega de seus componentes para montagem no local. Segundo Araujo (2012), o valor de venda ou locação depende do tipo de contêiner, variando de acordo com utilização da unidade, a tecnologia utilizada para isolamento

térmico e acústico, o revestimento interno, entre outros atributos. O transporte de contêineres é feito em caminhões equipados com guindastes hidráulicos, sendo necessário prever acessos adequados na chegada e na retirada destes da obra. A Figura 25-a mostra o descarregamento de um contêiner montado e a Figura 25-b apresenta o transporte dos contêineres desmontados, de modo a reduzir significativamente os custos com o frete.

Figura 25- a) Içamento de contêiner e b) Carregamento de contêineres

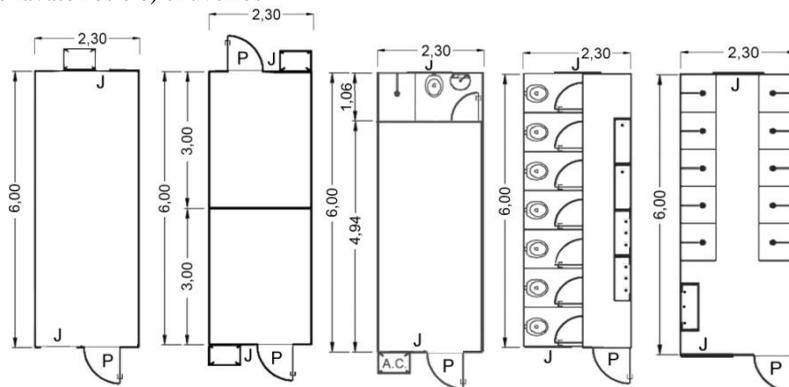


Fonte: Lafaete (2014)

As dimensões mais usuais dos contêineres encontrados no mercado são de aproximadamente 2,44 m x 6,06 m (ISO 20') e 2,44 m x 12,19 m (ISO 40'), ambos com altura de 2,59 m. Para conseguir áreas mais amplas é possível acoplá-los lado a lado e/ou sobrepor dois ou mais contêineres de modo a otimizar o uso do espaço no canteiro de obras.

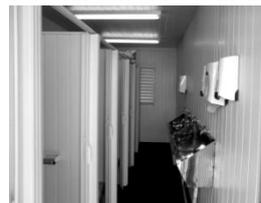
Dentre as opções de contêineres para as instalações provisórias de canteiros de obra destacam-se o modelo vão livre (sem compartimentação), o modelo vão livre com dois acessos, o modelo suíte (com uma instalação sanitária) e os modelos para instalação sanitária (com lavatórios, gabinetes sanitários, mictórios e chuveiros). A Figura 26 apresenta alguns exemplos de plantas baixas das instalações provisórias citadas acima similares ao padrão ISO 20' e a Figura 27 ilustra exemplos de escritórios e instalação sanitária.

Figura 26- a) Vão livre, b) vão livre e 2 acessos, c) suíte, d) gabinetes sanitários e lavatórios e e) chuveiros



Fonte: Lafaete (2014)

Figura 27- a) Contêineres em escritórios e b) interior de um contêiner sanitário



Fonte: Lafaete (2014)

Estes tipos podem ser utilizados nas áreas de vivência de canteiros de obra como instalações sanitárias, vestiários, alojamentos, refeitório e ambulatório e nas áreas de apoio como almoxarifados, escritórios, guarita, dentre outros. A seguir é apresentada outra aplicação mais recente dos contêineres no Brasil, como matéria prima para a construção de edificações comerciais e residenciais.

2.3.3.2 Uso de contêineres ISO em construções no sul do Brasil

O número de edificações realizadas com contêineres ISO reutilizados vem crescendo no Brasil e a maioria delas incorporam questões atreladas à sustentabilidade. Para exemplificar este tipo recente de construção foram selecionados alguns projetos desenvolvidos nos últimos cinco anos na região sul do país, tendo em vista que o foco deste trabalho está nas edificações comerciais realizadas com contêineres ISO

nos estados do Paraná (PR), Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS). O Quadro 3 apresenta alguns exemplos de edificações no Paraná.

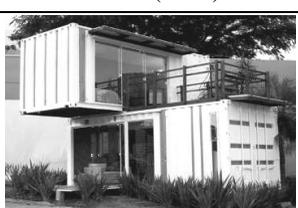
Quadro 3- Edificações com contêineres ISO reutilizados no PR

Dados gerais e características			Imagem
Muzik Hamburg.	Localização	Município de Curitiba	 Fonte: Delta containers (2014)
	Uso/Projeto	Restaurante / Arch+Decor	
	Ano / Porto	2014 / Porto Itajaí e Paranaguá	
	Adaptações	Delta Containers, Campo Largo	
	Contêineres	3 HC 40' e 1 ISO 20' reutilizados	
	Área const.	198 m ²	
Tetris Hostel	Localização	Município de Foz do Iguaçu	 Fonte: Delta containers (2014)
	Uso/Projeto	Hostal / Cyntia Braga	
	Ano / Porto	2013 / Porto Itajaí e Paranaguá	
	Adaptações	Delta Containers, Campo Largo	
	Contêineres	15 HC 40 reutilizados	
	Área const.	498 m ²	
Green Car Wash	Localização	Município de Londrina	 Fonte: Autora (2013)
	Uso/Projeto	Lava Rápido / Thiago F. Zani	
	Ano / Porto	2013 / Paranaguá	
	Adaptações	In loco- Empresa terceirizada	
	Contêineres	3 HC 40' reutilizados	
	Área const.	220,5 m ²	
Madero Container	Localização	Campo Largo, Palmeira, Fazenda Rio Grande, Curitiba	 Fonte: Madero (2015)
	Uso/Projeto	Restaurante / KRD Arquitetura	
	Ano / Porto	2014-2015 / variados	
	Adaptações	Total Storage Brasil, Piraquara	
	Contêineres	8 HC 40' reutilizados	
	Área const.	300 m ²	
Casa Container	Localização	Município de Curitiba	 Fonte: Delta containers (2014)
	Uso/Projeto	Residencial / Danilo Corbas	
	Ano / Porto	2013 / Porto Itajaí e Paranaguá	
	Adaptações	Delta Containers, Campo Largo	
	Contêineres	6 HC 40' reutilizados	
	Área const.	240 m ²	

Fonte: Autora (2015)

O Quadro 4 apresenta alguns exemplos de edifícios construídos com contêineres ISO em Santa Catarina.

Quadro 4- Edificações com contêineres ISO reutilizados em SC

Dados gerais e características			Imagem
Chicken Pollos	Localização	Município de Palhoça	 <p>Fonte: Smart decora (2014)</p>
	Uso/Projeto	Restaurante / Smart Decora	
	Ano / Porto	2014 / porto de Itajaí	
	Adaptações	Smart Decora	
	Contêineres	3 HC 40' reutilizados	
	Área const.	86,5 m ²	
Luminis	Localização	Município de São José	 <p>Fonte: Smart decora (2014)</p>
	Uso/Projeto	Plantão vendas / Smart Decora	
	Ano / Porto	2014 / porto de Itajaí	
	Adaptações	Smart Decora	
	Contêineres	1 HC 40' reutilizados	
	Área const.	29,3 m ²	
Escritório M2K	Localização	Município de Palhoça	 <p>Fonte: M2K (2014)</p>
	Uso/Projeto	Escritório / Marcia Martini	
	Ano / Porto	2012 / Porto de Itajaí	
	Adaptações	Empresa terceirizada	
	Contêineres	2 HC 40' reutilizados	
	Área const.	85 m ²	
Madero Container	Localização	Brusque, Chapecó, Itapema, Barra Velha	 <p>Fonte: Madero (2014)</p>
	Uso/Projeto	Restaurante / KRD Arquitetura	
	Ano / Porto	2014-2015 / variados	
	Adaptações	Total Storage Brasil, Piraquara	
	Contêineres	8 HC 40' reutilizados	
	Área const.	300 m ²	
Casa Container	Localização	Florianópolis	 <p>Fonte: Ferraro (2013)</p>
	Uso/Projeto	Residencial / Livia Ferraro	
	Ano / Porto	2010 / Porto de Itajaí	
	Contêineres	2 ISO 20'	
	Área const.	45 m ²	

Fonte: Autora (2015)

O Quadro 5 apresenta alguns exemplos de edifícios construídos com contêineres ISO no Rio Grande do Sul.

Quadro 5- Edificações com contêineres ISO reutilizados no RS

Dados gerais e características			Imagem
Container Store	Localização	Novo Hamburgo, Cassino, Porto Alegre	
	Uso/Projeto	Loja multimarcas/ André Krai	
	Ano / Porto	2008-2015 / Variados	
	Adaptações	Variados	
	Contêineres	1- 4 HC 40' reutilizados	
	Área const.	30-120 m ²	
			Fonte: Loja container (2014)
Garagem	Localização	Portão	
	Uso/Projeto	Restaurante / Vagão Urbano	
	Ano / Porto	2013 / Porto de Rio Grande	
	Adaptações	Vagão Urbano + terceirizados	
	Contêineres	7 HC 40' reutilizados	
	Área const.	210 m ²	
			Fonte: Vagão Urbano (2014)
Taishi Sushi	Localização	Canoas	
	Uso/Projeto	Restaurante / Vagão Urbano	
	Ano / Porto	2013 / Porto de Rio Grande	
	Adaptações	Vagão Urbano + terceirizados	
	Contêineres	1 ISO 20, 1 ISO 40 reutilizados	
	Área const.	42 m ²	
			Fonte: Vagão Urbano (2014)
Container Store	Localização	Portão	
	Uso/Projeto	Loja calçados / Vagão Urbano	
	Ano / Porto	2014 / Porto de Rio Grande	
	Adaptações	Vagão Urbano + terceirizados	
	Contêineres	4 HC 40' reutilizados	
	Área const.	119 m ²	
			Fonte: Vagão Urbano (2014)
Casa Container	Localização	Campo Bom	
	Uso/Projeto	Residencial / Luis Maldaner	
	Ano / Porto	2012 / Porto de Itajaí	
	Contêineres	8 ISO 40' reutilizados	
	Área const.	300 m ²	
			Fonte: Maldaner (2014)

Fonte: Autora (2015)

3 ASPECTOS DO DESEMPENHO DOS CONTÊNERES ISO NA ARQUITETURA

Neste capítulo serão analisados os principais aspectos de desempenho dos contêneres ISO na arquitetura, abordando conceitos e características referentes aos aspectos projetuais, construtivos e normativos do desempenho térmico.

3.1 ASPECTOS PROJETUAIS

As peculiaridades e características inerentes aos contêneres ISO influenciam no projeto de arquitetura, sendo necessária uma reflexão sobre o processo de projeto que envolve a reutilização deste material na arquitetura. Segundo Mahfuz (1984), todo projeto é uma resposta espacial a uma necessidade humana que visa atender a uma atividade, possibilitando o seu desempenho. Existem inúmeras formas possíveis e satisfatórias que poderiam responder a essa necessidade. A reutilização de contêneres nas construções pode ser uma dessas possíveis respostas e se justifica pelo seu potencial ambiental, econômico e social. De acordo com Gasperini (1988) o projetar em arquitetura deve considerar o processo de projeto desde o surgimento da ideia, na exteriorização desta ideia a partir do método e na materialização da proposta por meio da linguagem.

a) A ideia

A palavra ideia deriva do grego *idéa* ou *eidea*, cuja raiz etimológica é *eidos* (imagem). Uma ideia é uma representação mental que o espírito forma de qualquer coisa- é uma inspiração, uma concepção artística (FERREIRA, 2010). Segundo Gasperini (1988) a arquitetura é uma área do conhecimento basicamente criativa e, como em qualquer procedimento criativo é necessariamente originária de uma ideia. O processo de criação caracteriza-se por um processo mental complexo, onde o conhecimento geral assimilado pelo projetista e sua memória visual agem como estímulo para a transformação da ideia em uma imagem mental. Nesse processo a história tem participação ativa e contínua, portanto, é de suma importância compreender o contexto que está por traz de toda a criação. Como foi dito anteriormente nos dias atuais há uma crescente preocupação com a sustentabilidade ambiental e enquanto produtores do meio ambiente construído faz parte do papel social do arquiteto considerar as questões ambientais no seu processo de projeto. A ideia da reutilização dos contêneres ISO nas construções

surge então dessa preocupação, relacionada com o impacto da indústria da construção de edifícios e somada à grande oferta de contêineres em desuso nos portos marítimos.

A etapa que segue é referente ao método que será utilizado pelo projetista para transformar os contêineres em espaços habitáveis.

b) O método

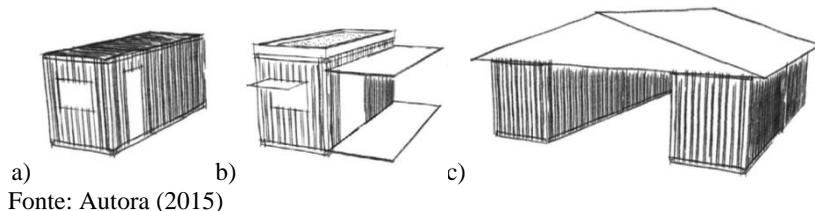
A palavra método deriva do grego *methodos*, *met'hodos* que significa um conjunto dos meios dispostos convenientemente para alcançar um fim. O método, segundo Michaelis (2014), é constituído por uma série de passos codificados que se têm de tomar, de forma esquemática, para atingir um determinado objetivo. De acordo com Gaperini (1988), o método projetual reflete a forma como o projeto será desenvolvido desde sua concepção até sua materialização. É a maneira como as ideias serão organizadas e hierarquizadas. Deste modo, o método deve conter a estratégia adotada pelo projetista para a utilização dos contêineres ISO no projeto e uma análise do modo como eles vão ser transformados, estruturados e acoplados.

Slawik et al. (2010) aponta três estratégias principais a serem adotadas ao utilizar contêineres em construções arquitetônicas: A primeira é a aceitação, estratégia adotada quando o contêiner é utilizado na sua forma original e suas características são aceitas como parte do projeto de arquitetura. Neste caso, o contêiner possui uma utilização conceitual, não como espaço habitável, mas como parte de uma obra de arte. A segunda é a utilização de acessórios e equipamentos, estratégia adotada quando o contêiner é usado como módulo para a construção de edifícios, sendo equipado com outros materiais e recursos. Deste modo, são feitas modificações nos contêineres para contemplar os acessórios e equipamentos técnicos necessários à obra. A terceira estratégia é a combinação com outras estruturas, sendo adotada para adequar os contêineres ao uso por meio da combinação deste módulo com outros componentes, que cumprem os requisitos de utilização da construção prevista. Isto pode incluir uma fachada externa, uma cobertura adicional ou uma envoltória separada do contêiner. Uma alternativa econômica é a utilização destes módulos como unidades funcionais no interior de estruturas de edifícios existentes. Neste caso não é necessário realizar grandes modificações nos contêineres, mas apenas aquelas necessárias para que eles sejam utilizados como espaços habitáveis.

De modo geral, os contêineres podem ser transformados de três modos: O primeiro por meio de pequenas adaptações em sua envoltória para conferir habitabilidade, sem que isso resulte em grandes

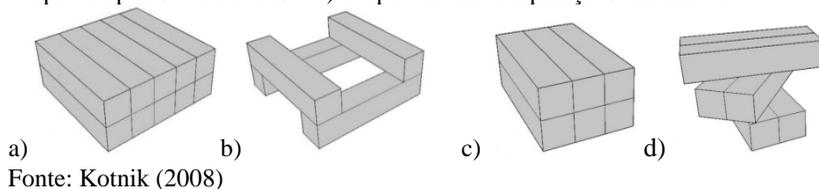
modificações na sua configuração original. O segundo a partir de um processo de expansão, onde além das adaptações na envoltória são adicionados outros elementos em seu exterior. O terceiro utiliza o contêiner como elemento de organização e delimitação espacial. A Figura 28 mostra esquematicamente essas três formas de transformação dos contêineres.

Figura 28- Transformações: a) Adaptação, b) Expansão, c) Organização espacial



Com relação à estruturação dos contêineres, Kotnik (2008) define que estes podem ser estruturados de duas formas: com as unidades empilhadas formando um todo único ou separadas criando espaços abertos entre elas. A primeira opção é usada geralmente em projetos mais simples, especialmente aqueles temporários que venham a ser trasladados a outros locais, como ilustra a Figura 29-a. A segunda é usada para criar plantas mais diversas incluindo outros materiais de construção na composição, como ilustra a Figura 29-b. Neste caso, um menor número de contêineres é necessário para criar a mesma superfície interna, porém com a desvantagem de ser menos móvel e temporária que a anterior. Os contêineres foram feitos para serem acoplados uns em cima dos outros pelas cantoneiras, que é a forma mais eficaz e rápida de empilhar estes módulos, porém pode gerar composições monótonas. No entanto, os contêineres também podem ser organizados em composições dinâmicas, conformando estruturas mais atraentes. Segundo Slawik et al. (2010) isso geralmente exige um reforço estrutural nos módulos. As Figuras 29-c e d ilustram essas duas possibilidades de acoplamento.

Figura 29- a) Contêineres em um todo único, b) espaços entre os contêineres, c) acoplados pelas cantoneiras e d) acoplados em composições dinâmicas



Cada uma dessas modalidades de transformar, estruturar e acoplar os contêineres tem variadas possibilidades de composição e cabe ao projetista definir qual é a que melhor se adapta às suas ideias. A etapa que segue é referente à materialização da proposta por meio da linguagem.

c) A linguagem

A palavra portuguesa linguagem deriva do francês antigo *langage*. De acordo com Marcondes (2009), a linguagem é uma forma de expressão do pensamento entre os homens e opera por meio de signos vocais (a fala) e eventualmente gráficos (a escrita), formando uma língua. Gasperini (1988) define a linguagem como um sistema simbólico que dá significado à arquitetura por meio de sinais adequados, transmitindo ideias e pensamentos. A linguagem corresponde à forma de expressão do projeto, configurando a materialização da arquitetura por meio da combinação de volumes, materiais, texturas e cores.

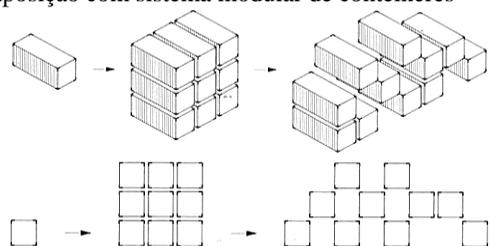
Para compreender como a reutilização de contêineres ISO na construção se traduz na linguagem arquitetônica surgem alguns questionamentos: Qual o significado da edificação? Como esta se relaciona com a sociedade atual? De que modo a utilização de contêineres influencia na linguagem arquitetônica dos projetos? Para responder a esses questionamentos é necessário compreender o contexto em que se vive.

Atualmente a arquitetura tradicional tem sido bastante questionada nos seus princípios de estabilidade e durabilidade. Segundo Ferraro (2009), mostram-se necessárias novas alternativas espaciais fundamentadas na mobilidade, flexibilidade, mutabilidade e reciclagem. Neste contexto, a evolução da construção com contêineres direciona ao desenvolvimento de um novo sistema construtivo, baseado em um princípio de modulação espacial, no qual existe a possibilidade de encaixe e conexão entre seus elementos. Os aspectos de flexibilidade e ampliabilidade da construção geram inúmeras possibilidades de criação e modificação de ambientes, conformando espaços com caráter multifuncional e dinâmicos. Nessa conjuntura, a arquitetura com contêineres apresenta-se como uma alternativa na concepção de edificações flexíveis, possibilitando aos seus usuários a criação de espaços complacentes com as suas necessidades temporais.

Segundo Slawik et al. (2010), a linguagem da arquitetura com contêineres tem influência principalmente na composição e no aspecto visual da obra, podendo ser descrita do seguinte modo:

- **Linguagem compositiva:** os contêineres são modulares e possuem medidas padronizadas internacionalmente, possibilitando maior flexibilidade compositiva aos projetos. Além disso, a facilidade no encaixe e empilhamento das unidades possibilita explorar distintas alternativas de arranjos espaciais. De forma geral, o projeto pode conter um único módulo ou pode estar composto de mais de um módulo por meio do agrupamento e empilhamento das unidades, como ilustra a Figura 30.

Figura 30- Composição com sistema modular de contêineres



Fonte: Slawik et al. (2010)

A padronização dimensional dos módulos é uma facilidade agregada ao sistema construtivo com contêineres ISO e sua praticidade de conexão estrutural possibilita a construção em etapas, o que resulta em uma grande capacidade evolutiva do projeto.

A primeira norma brasileira de coordenação modular das edificações data de 1950 (NB-25R) e deu origem a NBR 15873 (2010), que adota como padrão a medida de 100 mm como módulo básico. Entretanto, as dimensões dos contêineres ISO estão em medidas inglesas (pés e polegadas), o que dificulta a sua utilização em um sistema métrico de coordenação modular, tendo em vista que o sistema de medidas adotado no Brasil é o sistema internacional de unidades, baseado no sistema MKS (metro, quilograma e segundo).

- **Linguagem do aspecto visual:** Segundo Kotnik (2008), o arquiteto pode optar por adotar o aspecto visual dos contêineres ISO, conferindo à obra uma exterioridade sóbria com um caráter mais industrial. É possível não adotar esse aspecto, utilizando revestimentos externos aplicados sobre seus painéis de fechamento, como mostrado na Figura 31. De acordo com Slawik et al. (2010), os contêineres são compatíveis com uma grande variedade de materiais, podendo-se escolher praticamente qualquer tipo de fachada, o que aumenta a aceitabilidade deste tipo de construção no mercado. A escolha entre

essas duas possibilidades terá influencia nos materiais que serão utilizados e na identidade visual da obra final.

Figura 31- a) Casa que utiliza o aspecto visual dos contêineres b) Casa que não utiliza seu aspecto visual



Fonte: a) Fabrica habitat (2010) e b) Construindo (2013)

A seguir é apresentado o método utilizado neste trabalho para realizar a análise morfológica dos projetos com contêineres ISO, sendo posteriormente aplicado nas análises dos aspectos projetuais dos estudos de caso.

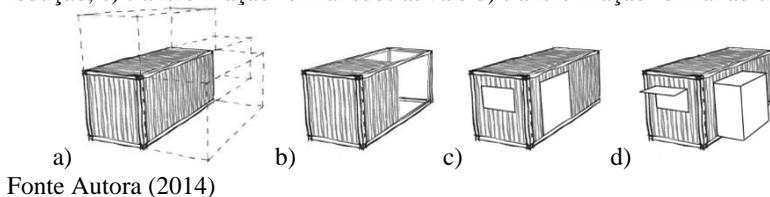
3.1.1 Análise morfológica

Este método está embasado nos conceitos e análises morfológicas apresentados por Ching (1995), que tratam das transformações da forma, da definição dos espaços por meio de elementos verticais e aberturas, da organização das formas e dos espaços, da aproximação e acesso ao edifício, da proporção geométrica e da simetria da composição.

a) Transformações da forma

Segundo Ching (1995), existem três tipos de transformações da forma: a dimensional, a subtrativa e a aditiva. A primeira ocorre quando as dimensões da forma são modificadas sem que esta perca sua identidade. No caso dos contêineres esta transformação ocorre quando é aumentada ou reduzida sua altura, largura e/ou comprimento, como ilustra a Figura 32-a e 32-b. A segunda transformação acontece quando são subtraídas partes do volume, que no caso dos contêineres pode ocorrer quando são feitas aberturas para portas e janelas na sua envoltória, como mostrado na Figura 32-c. A terceira transformação ocorre quando são adicionados elementos ao volume inicial como, por exemplo, ao instalar marquises, coberturas, decks externos, dentre outros, como mostra a Figura 32-d.

Figura 32- a) transformação formal-ampliação, b) transformação formal-redução, c) transformação formal subtrativa e d) transformação formal aditiva

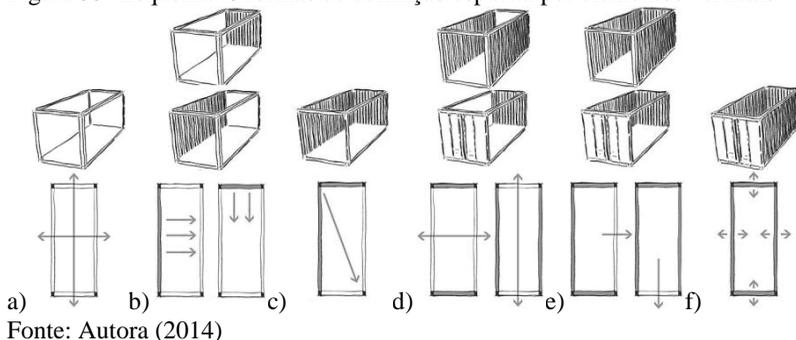


b) Definição dos espaços por meio de elementos verticais

Segundo Ching (1995), os elementos verticais são utilizados para estabelecer visualmente os limites de um espaço, controlando a continuidade visual e espacial entre o interior e o exterior, além de atuarem como filtros para o fluxo de ar, de luz, de ruídos, etc.

A definição de um espaço por meio de elementos verticais pode ocorrer de seis formas: a primeira quando elementos lineares verticais e horizontais definem as arestas do volume, configurando planos transparentes com grande continuidade visual e espacial entre o interior e o exterior. A segunda quando um plano vertical articula o espaço em frente a ele, sendo necessário que outros elementos formais, como vigas e colunas, façam parte do conjunto para definir um volume espacial. A terceira por meio de uma configuração em “L” formada por dois planos, criando um campo espacial que parte do vértice ao exterior por uma linha diagonal. A quarta quando dois planos paralelos definem entre si um volume espacial que se orienta axialmente aos extremos abertos. A quinta quando três planos dispostos em “U” delimitam um volume espacial orientado à extremidade aberta. A sexta quando quatro planos delimitam um espaço e articulam o campo espacial que os rodeia. A Figura 33 ilustra as seis formas de definição do espaço.

Figura 33- Esquema: 6 formas de definição espacial por elementos verticais



c) Aberturas

Segundo Ching (1995), as aberturas podem ser feitas de três modos, nos planos, nas esquinas e entre os planos. No primeiro caso as aberturas se situam por inteiro no plano, podendo estar centralizadas, descentralizadas, agrupadas ou salientes. No segundo caso as aberturas podem estar posicionadas rentes a uma aresta, entre duas arestas, agrupadas ou contornando a esquina. No terceiro caso as aberturas podem ser verticais (entre a cobertura e o piso) ou horizontais (entre as paredes laterais), além disso, podem ocupar grande parte da superfície ou até mesmo a sua totalidade, como ilustra a Figura 34.

Figura 34- a) Aberturas nos planos, b) aberturas nas esquinas e c) aberturas entre os planos

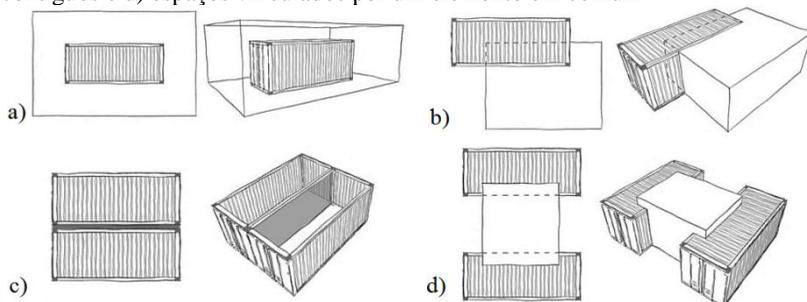


Fonte: Autora (2014)

d) Organização das formas e dos espaços

Segundo Ching (1995) as relações espaciais podem ocorrer de quatro formas: com um espaço no interior de outro, com espaços conexos, com espaços contíguos ou com espaços vinculados por um elemento em comum. No primeiro caso a continuidade visual e espacial que une os dois volumes é facilmente perceptível, porém o volume interno depende do externo para relacionar-se com o exterior. No segundo caso dois volumes se sobrepõem para criar uma zona espacial comum, conservando a identidade visual inicial de cada volume, com a possibilidade de configurar variadas organizações volumétricas. O terceiro caso é o mais frequente e possibilita a identificação clara dos volumes. Neste caso, o grau de continuidade espacial e visual entre os espaços dependerá das características do plano que os une e os separa. No quarto caso, dois volumes separados se conectam ou se relacionam por meio de um elemento que atua como intermediário. Neste caso, a relação que une os dois volumes é resultante das características deste elemento. A Figura 35 ilustra as quatro formas de relações espaciais.

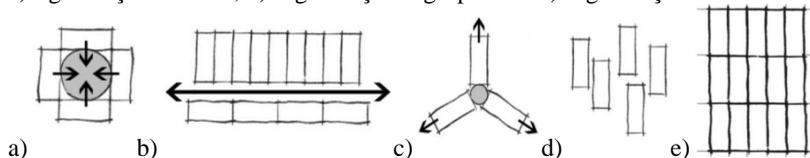
Figura 35- Relações espaciais: a) espaço interior, b) espaços conexos, c) espaços contíguos e d) espaços vinculados por um elemento em comum



Fonte: Autora (2014)

De acordo com Ching (1995), as organizações espaciais se dividem em cinco tipos. As organizações centralizadas, onde espaços secundários se agrupam ao redor de um dominante. As organizações lineares, formadas por uma sequencia linear de espaços repetidos. As organizações radiais, formadas por espaços lineares que se estendem centrifugamente a partir de um ponto central. As organizações agrupadas, resultantes do agrupamento de espaços que possuem características visuais comuns. As organizações em trama, que correspondem a espaços organizados por uma malha estrutural que pode ser bidimensional ou tridimensional. A Figura 36 ilustra esses cinco tipos de organizações espaciais.

Figura 36- a) organizações centralizadas, b) organizações lineares, c) organizações radiais, d) organizações agrupadas e e) organizações em trama



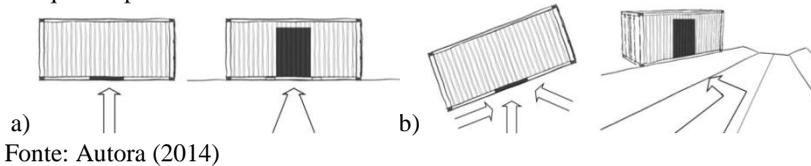
Fonte: Autora (2014)

d) Aproximação e acesso ao edifício

A aproximação das pessoas ao edifício pode ocorrer de forma frontal, segundo Ching (1995), conduzindo diretamente à entrada principal por meio de um caminho direto e axial. Também pode ser realizada de modo oblíquo, o que engrandece o efeito de perspectiva da fachada principal e da volumetria do edifício, com variadas

possibilidades de aproximação. A Figura 37 ilustra estas duas formas de aproximação ao edifício.

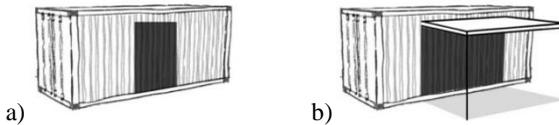
Figura 37- a) Aproximação frontal em planta e fachada e b) aproximação oblíqua em planta e fachada



Fonte: Autora (2014)

O acesso ao interior de um edifício pode ser feito através de aberturas no plano vertical ou com elemento saliente. A primeira conserva a continuidade superficial da parede e a segunda evidencia a sua função, servindo de proteção ao acesso, como ilustra a Figura 38.

Figura 38- a) Acesso através de abertura no plano e b) acesso com elemento saliente



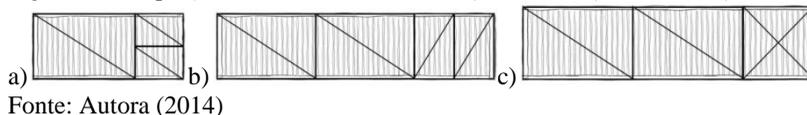
Fonte: Autora (2014)

e) Proporção geométrica

A volumetria paralelepipedal dos contêineres estabelece no conjunto um caráter estático. Entretanto, como o comprimento deles predomina sobre a largura a composição adquire um dinamismo, podendo mais facilmente ser subdivididos em partes. Desta forma, as edificações formadas por contêineres ISO 40' são mais dinâmicas que as formadas por contêineres ISO 20', pois os primeiros possuem o dobro do comprimento dos segundos.

Em agrupações formadas pela união de contêineres a proporção entre os volumes cria uma ordem no conjunto, estabelecendo relações visuais entre as partes do edifício e entre estas e o todo. Nas faces laterais dos contêineres ISO 20', ISO 40' e *High Cube* 40' podem ser identificadas a proporção áurea. O primeiro está composto por três retângulos áureos, o segundo por quatro retângulos áureos e o terceiro por dois retângulos áureos e um quadrado, conforme sinalizado na a Figura 39.

Figura 39- Proporção áurea nos contêineres: a) ISO 20', b) ISO 40' e c) HC 40'

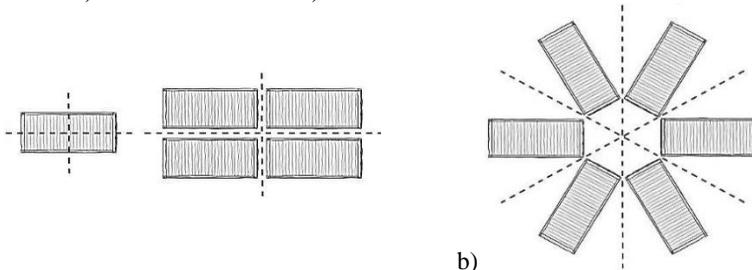


Fonte: Autora (2014)

f) Simetria da composição

Segundo Ching (1995), a condição de simetria de uma composição depende da existência de um eixo ou um centro que estructure o conjunto. Existem dois tipos de simetria: a bilateral e a central. A primeira consiste na distribuição equilibrada de partes iguais separadas por um eixo comum e a segunda está composta de partes equivalentes dispostas ao redor de dois ou mais eixos que se cortam num ponto central. Deste modo, pode-se observar que um único contêiner ou um conjunto de contêineres organizados lado a lado possuem simetria bilateral. Por outro lado, para conseguir uma simetria central é necessário o agrupamento de vários contêineres ao redor de um centro comum, como ilustra a Figura 40.

Figura 40- a) Simetria bilateral e b) simetria central em Planta Baixa



a)
Fonte: Autora (2014)

3.2 ASPECTOS CONSTRUTIVOS

Além dos aspectos projetuais, é necessária também a avaliação dos aspectos que interferem na produção da arquitetura feitas com contêineres. Dentre as principais questões a ser consideradas estão:

a) Os custos embutidos e seleção dos contêineres ISO

A construção com contêineres pode ser realizada por meio de um contrato com empresas especializadas ou por iniciativa própria. No primeiro caso as questões de gerenciamento e administração ficam a cargo da empresa, o que reduz o tempo da obra devido à experiência

prévia no manuseio com o material e maquinário. Neste caso, é necessário possuir de antemão o projeto de arquitetura para que a empresa possa providenciar um orçamento da transformação dos contêineres. No segundo caso, o custo final é inferior, porém, como o transporte e manuseio dos contêineres exigem equipamentos especiais os processos construtivos podem elevar os custos de montagem. Além disso, muitas vezes é necessária a aquisição de mão de obra qualificada para realizar reparos e modificações no invólucro dos contêineres.

Segundo Figuerola (2013), a seleção técnica dos contêineres que serão utilizados no projeto é a primeira etapa do processo, que acontece ainda no terminal de contêineres. Nesta etapa, de acordo com Castilho (2014), é verificada a existência de resíduos químicos, o estado do piso, o alinhamento do contêiner (que pode refletir no revestimento interno), o amassamento em seu invólucro e principalmente a integridade da estrutura do contêiner. Posteriormente, são selecionados os contêineres, sendo desamassados com o auxílio de um martelo e removidos os adesivos e outros elementos que possam atrapalhar na pintura.

Para a utilização dos contêineres na construção de edifícios, segundo a Deltacontainers (2014), também é necessário conhecer a legislação vigente no local, assim como suas restrições (pé direito mínimo, áreas mínimas, etc.). A documentação necessária para a liberação do projeto deve ser feita com a prefeitura da cidade, etapa em que são tirados também os alvarás e licenças. O custo final da obra engloba, de modo geral, o valor dos contêineres, das transformações realizadas em sua envoltória (aberturas, pintura, etc.), do frete e descarregamento, dos acabamentos e revestimentos utilizados interna e/ou externamente e do mobiliário interno.

b) O transporte e manipulação dos contêineres ISO

Segundo Slawik et al. (2010), na utilização dos contêineres para a construção de edifícios deve-se considerar o tipo de transporte e o equipamento de manipulação, pois os custos com o deslocamento porto-obra e o tempo de montagem podem encarecer a construção e inviabilizar o processo. De acordo com Figuerola (2013), o maquinário usado para o manuseio e transporte dos módulos também pode interferir no fluxo viário próximo ao terreno e na concepção do plano do canteiro de obras, pois necessita de um grande espaço para sua movimentação. O transporte é realizado com a utilização de um caminhão convencional e o descarregamento com guindaste ou caminhão tipo *Munck*, como pode ser visto na Figura 41.

Figura 41- a) Transporte do contêiner e b) Manipulação do contêiner

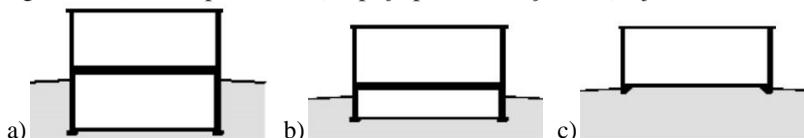


Fonte: a) Delta containers (2014) e b) Lafaete (2014)

c) Fundações

Segundo Slawik et al. (2010), as edificações feitas com contêineres costumam requerer algum tipo de fundação, que depende da geometria do projeto, da temporalidade da obra e das propriedades geofísicas do terreno. O segundo aspecto define a configuração da construção ao longo do tempo (caráter permanente ou efêmero). Com relação às propriedades do terreno devem ser levadas em consideração a declividade, a drenagem e a instabilidade do solo. De acordo com RSCP (2014), existem três tipos básicos de fundação: o primeiro quando se constrói uma área de porão embaixo da edificação, o segundo quando se deixa espaço para tubulações e fiações sob o contêiner e o terceiro quando se apoia a edificação sobre o solo, como ilustra a Figura 42.

Figura 42- a) Porão profundo, b) espaço para instalações e c) laje sobre o solo



Fonte: Adaptado de RSCP (2014)

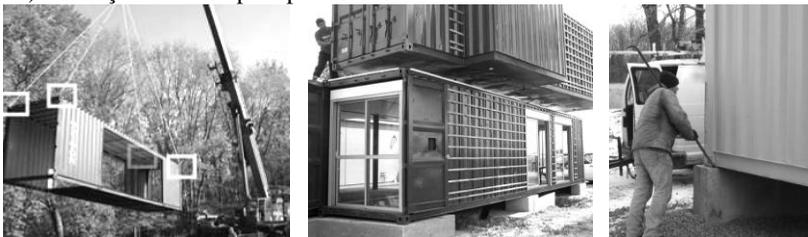
Segundo Figuerola (2013), o terceiro tipo é o mais comum na construção com contêineres, sendo muito utilizado o sistema de radier, as vigas baldrame e, na maioria das vezes, as sapatas isoladas de concreto.

Em geral os contêineres devem ser fixados na fundação pelas quatro cantoneiras inferiores, utilizando uma peça metálica ajustável cuja altura pode ser nivelada. Essa peça transfere as cargas da edificação para o solo, devendo a fixação impedir que a edificação tenha movimentações indesejadas devido à ação do vento (SLAWIK et al., 2010).

d) Levantamento e apoio dos contêineres ISO

De acordo com Slawik et al. (2010), o levantamento e apoio dos contêineres deve ser realizado apenas pelas cantoneiras que se encontram nos oito vértices dos contêineres, pois foram dimensionadas para os esforços realizados durante o manuseio, como ilustra a Figura 43-a e b. O posicionamento do contêiner na base pode ser feito com a ajuda de uma barra, como mostrado na Figura 43-c.

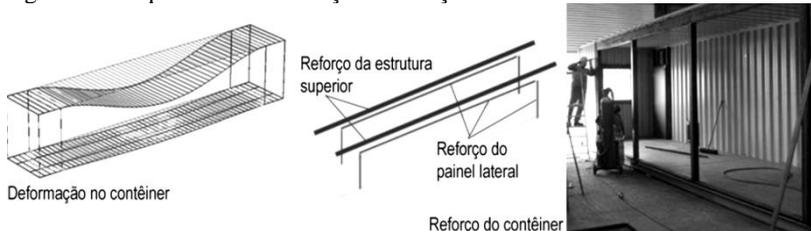
Figura 43- a) Levantamento de contêiner, b) apoio de contêiner nas cantoneiras e c) utilização de barra para posicionar o contêiner



Fonte: a) RSCP (2014), b) Negao internauta (2014) e c) Tincan cabin (2014)

Segundo o RSCP (2014), a rigidez da estrutura do contêiner possibilita seu empilhamento em até oito unidades sem que a sua integridade seja comprometida. Entretanto, de acordo com Figuerola (2013), os vãos com medidas superiores a 1/3 do comprimento do contêiner exigem reforços estruturais. Estes reforços podem ser feitos com vigas e colunas “I” ou tubos retangulares metálicos do tipo Metalon, como ilustrado na Figura 44.

Figura 44- Esquema de deformação e reforço estrutural no contêiner



Fonte: Adaptado de RSCP (2014)

e) Acoplamento

A standardização das medidas dos contêineres possibilita maior flexibilidade nos projetos, possibilitando que os módulos sejam

encaixados conforme as necessidades dos clientes, como ilustra a Figura 45.

Figura 45- Unidades encaixadas conforme a necessidade dos clientes



Fonte: Delta containers (2014)

Além disso, possibilita a criação de maior dinamismo nas composições, conforme mostrado na Figura 46.

Figura 46- Casa de estudantes “CROU”, França, 2010



Fonte: Container Alliance (2014)

Segundo Slawik et al. (2010), o acoplamento de unidades pode ser feito por ligações permanentes do tipo solda ou por ligações reversíveis do tipo acoplamento ou aparafusamento, como ilustra a Figura 47. Entretanto, quando várias unidades são interligadas é necessário criar juntas de dilatação da estrutura ao longo da edificação.

Figura 47- a) contêiner soldado-fundação e b) contêineres soldados- cantoneiras



Fonte: Tincan cabin (2014)

f) Aberturas

De acordo com Figuerola (2013), os contêineres normalmente chegam à obra parcialmente adaptados, com aberturas recortadas, molduras soldadas (que substituem os contramarcos) e instalações técnicas embutidas, pois a maioria das empresas que vendem os contêineres têm os equipamentos necessários para fazer essas modificações. Os recortes geralmente são realizados com máquinas de plasma com ar comprimido e devem ser executados com precisão. Posteriormente, são instalados os requadros no painel e lixados, como ilustra a Figura 48. Para emendar peças que tenham recortes com ângulos de 45° são usados discos de corte ou lixadeiras.

Figura 48- Recorte da chapa do contêiner e instalação do requadro no painel



Fonte: Delta containers (2014)

Os requadros das aberturas devem ser realizados com o mesmo material do contêiner, pois ligas metálicas diferentes podem levar a corrosão de um dos metais empregados. O tipo de esquadria mais utilizado é o de aço com folha de vidro, como ilustrado na Figura 49. Além de considerar os aspectos construtivos das aberturas deve-se verificar o melhor posicionamento e dimensionamento das mesmas, visando promover a ventilação natural cruzada e a adequada iluminação natural.

Figura 49- a) e b) Esquadria de alumínio e vidro



Fonte: Container homes (2014)

Depois de realizados os recortes nos contêineres são feitos a limpeza para a remoção de graxa ou óleo, o tratamento abrasivo e a pintura externa, como ilustra a Figura 50.

Figura 50- Limpeza dos contêineres e pintura



Fonte: Delta containers (2014)

g) Compartimentação e revestimentos internos

Segundo o RSCP (2014), a compartimentação e os revestimentos internos são realizados após o nivelamento e estabilização dos contêineres. As soluções mais empregadas são do tipo parede seca com quadros de madeira (*wood frame*) ou de aço (*steel frame*), como ilustra a Figura 51-a. Essas opções de estruturação interna são as mais usuais, pois possibilitam que as instalações elétricas, hidrossanitárias e as camadas de isolamento térmico localizem-se entre os fechamentos internos e os externos, facilitando a montagem. Os revestimentos internos mais utilizados são o *Medium-Density Fiberboard* (MDF), o *Oriented Strand Board* (OSB), os painéis de argamassa armada e o gesso acartonado, como mostrado na Figura 51-b.

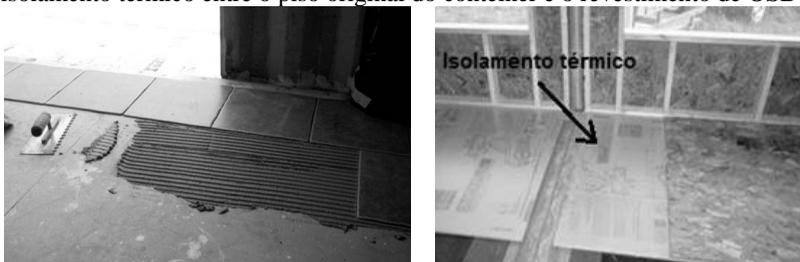
Figura 51- a) Estrutura tipo *wood frame* e b) revestimento com gesso acartonado



Fonte: a) RSCP, 2014 e b) Container tech (2014)

No piso pode ser mantido o material original que é de compensado naval ou podem ser adicionados outros revestimentos, como a cerâmica, o piso laminado emborrachado, a madeira, o OSB, o piso vinílico, dentre outros, como ilustrado na Figura 52-a. Além disso, entre o piso original e o novo pode ser aplicada uma camada de isolamento térmico, como mostrado na Figura 52-b.

Figura 52- a) Instalação de piso cerâmico no contêiner e b) Camada de isolamento térmico entre o piso original do contêiner e o revestimento de OSB



Fonte: a) Container homes (2014) e b) Tincan cabin (2014)

Externamente os revestimentos mais frequentemente utilizados são os painéis de argamassa armada, chapas laminadas, lambris de madeira tipo *sidding*, painéis fenólicos, entre outros, como mostrado na Figura 53-a e b. Com relação à proteção da cobertura podem ser utilizados recobrimentos como madeira, vegetação ou polímeros. Além disso, pode ser adicionada outra cobertura aos contêineres, como mostrado na Figura 53-c.

Figura 53- a) e b) instalação de revestimento externo tipo *sidding* e c) estrutura de madeira para instalação de uma cobertura adicional nos contêineres

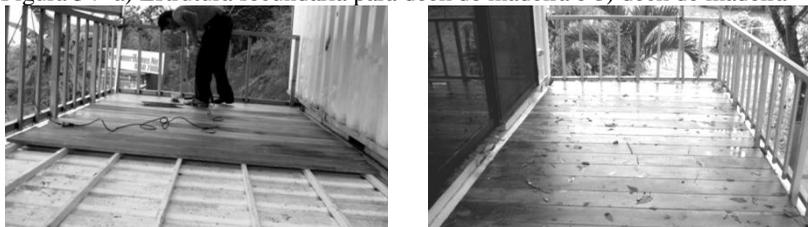


Fonte: Jackson ville (2014) e Tincan cabin (2014)

Outra opção é a utilização da cobertura de um contêiner térreo como deck para o contêiner superior. Neste caso deve ser feita uma

estrutura secundária sobre a cobertura do térreo para poder instalar o piso do deck, como ilustra a Figura 54.

Figura 54- a) Estrutura secundária para deck de madeira e b) deck de madeira



Fonte: Container homes (2014)

h) Instalações elétricas e hidrossanitárias

As instalações elétricas e hidrossanitárias podem ser feitas externamente ou internamente. No primeiro caso devem-se considerar os efeitos das intempéries e no segundo caso é necessária sua previsão no projeto de arquitetura, uma vez que podem diminuir a área dos ambientes internos, como ilustra a Figura 55.

Figura 55- a) e b) Instalações elétricas e hidráulicas



Fonte: Tincan cabin (2014)

i) Isolamento térmico

Uma das maiores dificuldades na utilização dos contêineres ISO em construções é assegurar o conforto térmico, uma vez que a chapa de aço usada na sua envoltória não é um bom material isolante. Para isso, podem ser utilizadas camadas de isolamento internamente e externamente. Segundo Slawik et al. (2010), praticamente qualquer isolamento térmico convencional pode ser utilizado, porém, deve-se considerar a espessura do material ao aplicar o isolamento internamente, pois pode resultar em uma perda da área de utilização interna. De acordo

com Figuerola (2013) os materiais mais utilizados para o isolamento térmico são as placas de poliestireno expandido, lã de PET, lã de rocha, lã de vidro, poliuretano extrudado, aglomerados de cortiça ou espuma de poliuretano, como ilustra a Figura 56.

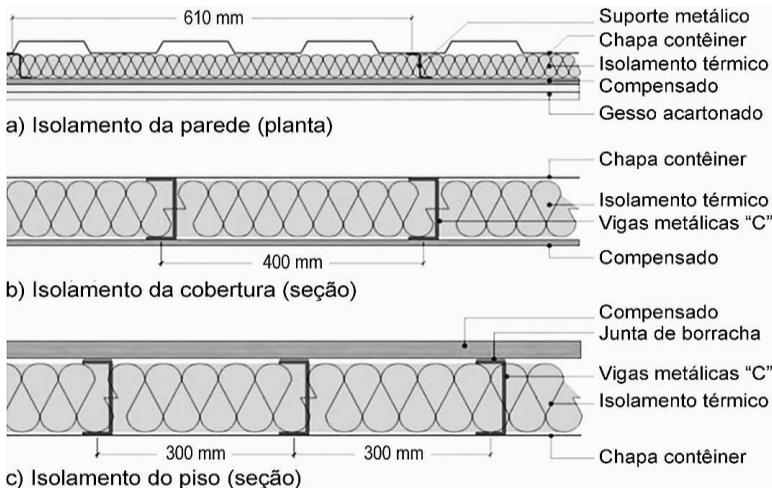
Figura 56- a) Placas de poliestireno e b) espuma de poliuretano



Fonte: Container tech (2014)

A Figura 57 exemplifica alguns detalhamentos de isolamento térmico para parede, teto e piso de contêineres segundo o RSCP (2014).

Figura 57- Isolamento térmico de parede, cobertura e piso de contêineres



Fonte: Adaptado de RSCP (2014)

3.3 ASPECTOS NORMATIVOS DO DESEMPENHO TÉRMICO

Nesta parte do trabalho serão abordados alguns aspectos normativos referentes ao desempenho térmico da envoltória dos contêineres, sendo adotado como método de análise o cálculo simplificado das transmitâncias térmicas (U), atraso térmico (φ) e fator calor solar (FS_o), estabelecidos pela norma NBR 15220-2 (2005).

De acordo com Figuerola (2013), as edificações feitas com contêineres devem atender aos critérios da Norma de Desempenho NBR 15575 (2013), da mesma forma que as construções feitas com sistemas convencionais ou inovadores. Esta norma estabelece como exigências dos usuários para cumprir os requisitos de desempenho a segurança, a habitabilidade e a sustentabilidade. A primeira engloba a segurança estrutural, a segurança contra o fogo e a segurança no uso e operação. A segunda diz respeito à estanqueidade, ao desempenho térmico, ao desempenho acústico, ao desempenho lumínico, a saúde, higiene e qualidade do ar, à funcionalidade e acessibilidade e ao conforto tátil e antropodinâmico. A terceira faz referência à durabilidade, manutenibilidade e impacto ambiental.

Os aspectos relevantes ao desempenho relativos às exigências do usuário, segundo Blàchere (1978), são definidos pela habitabilidade e estão ligadas aos processos fisiológicos, psicológicos e sociais. Também pelas condições de exposição ambientais de origens natural, geográfica e imposta pelo homem e pelas condições de ocupação impostas pelo usuário e pela concepção do produto.

Segundo Malard (2001) a habitabilidade é a essência da edificação e possibilita a adequação ao uso, que é a relação experiencial entre o homem e o edifício. A habitabilidade compreende três grandes grupos de qualidade. O primeiro relaciona-se com a dimensão pragmática, ou seja, a proteção contra as intempéries. O segundo está relacionado com a dimensão cultural e simbólica, que estão vinculadas à segurança, à aceitabilidade e ao conforto. O terceiro refere-se aos aspectos funcionais, que compreendem a circulação, os equipamentos e o leiaute. No que se refere à habitabilidade, Figuerola (2013) cita o desempenho térmico como um dos maiores entraves ao utilizar contêineres nas construções devido à elevada condutibilidade térmica do metal, que resulta na baixa capacidade térmica das vedações e cobertura dos contêineres.

O desempenho térmico de uma edificação é propiciado principalmente pelo desempenho de sua envoltória, podendo ser obtido pela média ponderada da resistência térmica dos elementos de vedação e

cobertura que a compõem. No Brasil as normas que tratam do desempenho térmico de edificações são a NBR 15220 (2005) e a NBR 15575 (2013). A NBR 15220 (2005) estabelece procedimentos para o cálculo das seguintes propriedades térmicas de elementos e componentes de edificações: transmitância (U), capacidade térmica (C), atraso térmico (ϕ) e fator calor solar (FS_o). Além disso, esta norma define oito zonas bioclimáticas para o Brasil e estabelece valores limites destes parâmetros para os elementos de vedação e cobertura conforme as regiões bioclimáticas, abrangendo um conjunto de recomendações e estratégias construtivas sem caráter normativo. Já a NBR 15575 (2013) define requisitos e critérios de desempenho para edificações com até cinco pavimentos avaliando a transmitância térmica em três níveis de desempenho: mínimo (M), intermediário (I) e superior (S).

A seguir, são determinados os parâmetros de desempenho térmico dos painéis de vedação e de cobertura dos contêineres.

3.3.1 Avaliação de desempenho térmico

Para a avaliação do desempenho térmico da envoltória do contêiner ISO em seu estado natural foi aplicado o método simplificado de cálculo das transmitâncias térmicas (U), atraso térmico (ϕ) e fator calor solar (FS_o), estabelecidos pela norma NBR 15220-2 (2005). Após isso foi feita uma análise comparativa entre os resultados obtidos nos cálculos e as exigências da NBR 15220-3 (2005) e da NBR 15575 (2013) para a zona bioclimáticas 3, onde as obras selecionadas se encontram. De acordo com a norma, nesta zona bioclimática as vedações devem ser leves e refletoras e a cobertura deve ser leve e isolada. A Tabela 1 mostra as exigências normativas com relação à transmitância térmica (U), atraso térmico (ϕ) e fator calor solar (FS_o).

Tabela 1- Exigências normativas para cada tipo de vedação

Vedações externas		Transmitância	Atraso	Fator
		térmica - U	térmico- ϕ	solar- FS _o
		W/m ² .K	Horas	%
Paredes	Leve	$U \leq 3,00$	$\phi \leq 4,3$	FS _o $\leq 5,0$
	Leve refletora	$U \leq 3,60$	$\phi \leq 4,3$	FS _o $\leq 4,0$
	Pesada	$U \leq 2,20$	$\phi \geq 6,5$	FS _o $\leq 3,5$
Cobertura	Leve isolada	$U \leq 2,00$	$\phi \leq 3,3$	FS _o $\leq 6,5$
	Leve refletora	$U \leq 2,30$.FT	$\phi \leq 3,3$	FS _o $\leq 6,5$
	Pesada	$U \leq 2,00$	$\phi \geq 6,5$	FS _o $\leq 6,5$

Fonte: NBR 15220 (2005)

Ao realizar os cálculos para o contêiner ISO em seu estado natural, ou seja, sem revestimentos, deve-se considerar apenas a chapa de aço com espessura de 2,0 mm, a condutividade térmica (λ) do aço igual a 55 W/m.K e coeficiente de absorção solar (α) para o contêiner na cor zarcão, equivalente a 0,7 (NBR 15220-2, 2005).

a) Cálculo da transmitância térmica (U) da envoltória

Para calcular a transmitância térmica (U) deve-se primeiramente calcular a resistência térmica (R) da envoltória, conforme a equação 1.

$$R = e / \lambda = 0,002 / 55 = 0,00004 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W} \quad (1)$$

A resistência térmica total (RT) da vedação é definida pelo somatório da resistência da vedação com a resistência superficial interna (Rsi) e externa (Rse) representada pela equação 2.

$$RT = R_{si} + R_t + R_{se} = 0,13 + 0,00004 + 0,04 = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W} \quad (2)$$

De maneira análoga, para a cobertura tem-se, conforme as equações 3 e 4:

$$RT_{\text{verão}} = R_{si} + R_t + R_{se} = 0,17 + 0,00004 + 0,04 = 0,21 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W} \quad (3)$$

$$RT_{\text{inverno}} = R_{si} + R_t + R_{se} = 0,1 + 0,00004 + 0,04 = 0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W} \quad (4)$$

A partir da resistência térmica total (RT) pode-se determinar a transmitância térmica (U), que é a função inversa da resistência total (RT) que, para a vedação, pode ser representado pela equação 5.

$$U = 1 / RT = 1 / 0,17 = 5,88 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K} \quad (5)$$

De maneira análoga, para a cobertura tem-se, conforme as equações 6 e 7:

$$U_{\text{verão}} = 1 / RT = 1 / 0,21 = 4,76 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K} \quad (6)$$

$$U_{\text{verão}} = 1 / RT = 1 / 0,14 = 7,14 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K} \quad (7)$$

A referida norma estabelece que a transmitância térmica (U) para as vedações seja menor ou igual a 3,6 W/(m².K) para a zona bioclimática 3. Da mesma forma, esta norma define para a cobertura que a transmitância térmica (U) para a zona bioclimática 3 seja menor ou igual a 2,0 W/(m².K). Observa-se assim, que o contêiner padrão sem revestimentos apresenta transmitância térmica (U) superior aos critérios estabelecidos pela norma para esta zona bioclimática brasileira, ressaltando a necessidade de incrementar o isolamento térmico da envoltória para satisfazer as exigências normativas.

b) Cálculo do atraso térmico (ϕ) da envoltória

Para calcular o atraso térmico (ϕ) deve-se primeiramente calcular a capacidade térmica (C) da envoltória, que neste caso é composta apenas da chapa de aço do contêiner, representada na equação 8.

$$C_T = \sum_{i=1}^n e_i \cdot c_i \cdot \rho_i = 0,0065 \cdot 0,46 \cdot 7800 = 23,32 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \quad (8)$$

A partir da capacidade térmica total (CT) da envoltória pode-se determinar o atraso térmico (ϕ), que no caso de não ter revestimento pode-se considerar a parede e a cobertura como homogêneas, apresentando o mesmo valor, determinado pela equação 9.

$$\phi = 0,7284 \cdot \sqrt{(Rt \cdot CT)} = 0,7284 \cdot \sqrt{(0,0001 \cdot 23,3)} = 0,035 \text{ horas} \quad (9)$$

Segundo a norma, para esta zona bioclimática, as paredes devem possuir atraso térmico (ϕ) menor ou igual a 4,3 horas e a cobertura deve possuir atraso térmico (ϕ) menor ou igual a 3,3 horas. Desta forma a envoltória satisfaz as exigências normativas para este requisito.

c) Cálculo do fator calor solar (FS_o) da envoltória

O fator calor solar (FS_o) é definido como o quociente da taxa de radiação solar transmitida através de um componente opaco pela taxa da radiação solar total incidente sobre a superfície externa do mesmo. Os valores para a vedação e a cobertura do contêiner são diferentes em função dos valores das respectivas transmitâncias térmicas (U). Considerou-se o coeficiente de absorção solar (α) para o contêiner na cor zarcão, equivalente a 0,7. O fator calor solar (FS_o) da parede pode ser então determinado pela equação 10.

$$FS_o = 4 \cdot U \cdot \alpha = 4 \cdot 5,88 \cdot 0,7 = 16,46\% \quad (10)$$

De maneira análoga o fator solar (FS_o) para a cobertura é determinado, conforme as equações 11 e 12, por:

$$FS_{o\text{verão}} = 4 \cdot U \cdot \alpha = 4 \cdot 4,76 \cdot 0,7 = 13,33\% \quad (11)$$

$$FS_{o\text{inverno}} = 4 \cdot U \cdot \alpha = 4 \cdot 7,14 \cdot 0,7 = 19,99\% \quad (12)$$

A referida norma estabelece para as vedações da zona bioclimática 3 que o fator calor solar (FS_o) seja menor ou igual a 4%. Com relação à cobertura, esta norma define que o fator calor solar (FS_o) seja menor ou igual a 6,5%. Observa-se que neste aspecto as paredes e a cobertura apresentam um fator solar superior que a estabelecida pela

norma, ressaltando a necessidade de melhorias na envoltória do contêiner para atender às exigências normativas.

A Tabela 2 mostra os resultados dos cálculos da transmitância térmica (U), atraso térmico (ϕ) e fator calor solar (FS_o) para o contêiner em seu estado natural e apresenta as exigências normativas da NBR 15220-3 e da NBR 15575 para a zona bioclimática 3. Observa-se que a segunda norma não avalia o atraso térmico (ϕ) e o fator calor solar (FS_o), porém, é mais rígida com relação à transmitância térmica (U), determinando valores mínimos (M), intermediários (I) e superiores (S) e relacionando-a com o coeficiente de absorção solar (α).

Tabela 2- Resultados dos cálculos e exigências normativas

Contêiner	NBR 15220-3 (ZB 3)			NBR 15575 (ZB 3)			U ($\alpha \geq 0,6$)		
	U m ² .K/w	ϕ horas	FS _o %	U m ² .K/w	ϕ horas	FS _o %	M	I	S
Parede	5,88	0,03	16,46	$\leq 3,6$	$\leq 4,3$	$\leq 4,0$	$\leq 2,5$	-	-
C. Verão	4,76	0,03	13,33	$\leq 2,0$	$\leq 3,3$	$\leq 6,5$	$\leq 1,5$	$\leq 1,0$	$\leq 0,5$
C. inverno	7,14	0,03	19,99						

M= mínimo I= intermediário S= superior

Fonte: Autora (2014)

A partir destas análises constatou-se que o contêiner em seu estado natural não atende às exigências normativas por apresentar parâmetros de desempenho térmico muito superiores aos mínimos exigidos pelas duas normas brasileiras, com exceção do atraso térmico que obteve resultados satisfatórios. Sendo assim, faz-se necessária a realização de melhorias na envoltória dos contêineres para que estes possam ser utilizados nas construções arquitetônicas.

4 ESTUDOS DE CASO

Neste capítulo serão apresentados os estudos de caso selecionados segundo os critérios definidos no item 1.4 deste trabalho e as análises dos aspectos projetuais, construtivos e de desempenho térmico destas edificações. As obras selecionadas, localizadas na zona bioclimática três, foram: o lava rápido denominado *Green Car Wash & Conveniência*, situado no município de Londrina- PR e construído em 2013. O escritório de arquitetura M2K, situado no município de Palhoça- SC e construído em 2012. A loja denominada *Container Shoes*, situada no município de Portão- RS e construída em 2014. A Figura 58 mostra a localização das obras selecionadas no sul do Brasil.

Figura 58- a) Mapa com a localização dos estudos de caso, b) estudo de caso de Londrina-PR, c) estudo de caso da Palhoça-SC e c) estudo de caso de Portão-RS



Fonte: Autora (2014)

4.1 ESTUDO DE CASO DE LONDRINA-PR

Este estudo de caso está localizado na Rua Bento Munhoz da Rocha Neto, às margens do Lago Igapó, na cidade de Londrina, Paraná, como ilustra a Figura 59.

Figura 59- Localização do empreendimento na cidade de Londrina-PR



Fonte: Autora (2015)

Na edificação, mostrada na Figura 60, foram reutilizados três contêineres *High Cube 40'* trazidos do porto de Paranaguá ao custo individual de sete mil reais. As atividades realizadas no local

compreendem a lavagem de carros e uma loja de conveniência, sendo esta direcionada aos frequentadores da área de lazer no entorno do Lago Igapó.

Figura 60- Edifício comercial Green Car Wash & Conveniência



Fonte: Autora (2014)

- Tipo funcional: arquitetura comercial- lava rápido.
- Clientes: Fernando T. Kadoya e Paulo Henrique T. Kadoya.
- Localização e ano de execução: Londrina- PR, 2013.
- Área do terreno: 688 m².
- Área construída: 163,50 m² (térreo) e 29,75 m² (pav. superior).
- Projeto de arquitetura: arquiteto Thiago F. Zani.

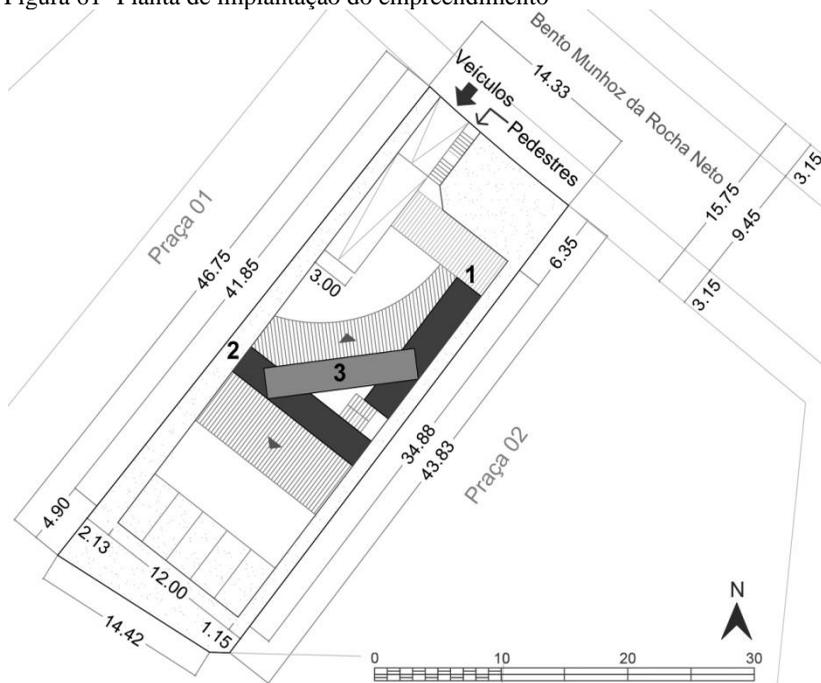
4.1.1 Aspectos projetuais

O projeto teve início no final de agosto de 2013 e as obras foram finalizadas em dezembro do mesmo ano, sendo que a etapa de estudo e o projeto executivo levaram em torno de trinta dias para serem concluídos. O custo total do empreendimento foi de cento e trinta mil reais, dos quais seis mil reais foram gastos com a movimentação de terra, pois o terreno possuía um aclave de aproximadamente seis metros.

A edificação está composta por dois contêineres no pavimento térreo e um contêiner no pavimento superior. O acesso a este último contêiner é feito por meio de uma escada metálica descoberta. Além disso, um deck de madeira foi construído no pavimento térreo na parte frontal do terreno para servir de área de estar aos clientes. O terreno possui aproximadamente quinze metros de largura por quarenta e cinco metros de comprimento, apresentando acesso pela Rua Bento Munhoz da Rocha Neto. O acesso de veículos é feito por uma rampa e o de

pedestres por uma escada que conduz ao deck de madeira, conforme mostra a Figura 61.

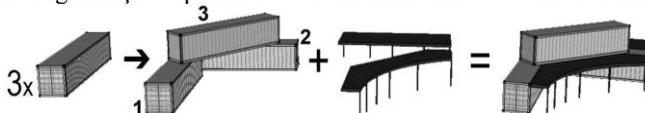
Figura 61- Planta de implantação do empreendimento



Fonte: Autora (2014)

A posição dos contêineres no terreno foi definida de modo a aproveitar a vista para o lago Igapó. Para tanto, os contêineres foram posicionados configurando um “L” no pavimento térreo e o contêiner superior foi rotacionado e apoiado em cima dos anteriores. Além disso, foram adicionadas duas coberturas metálicas: uma frontal para proteger o acesso principal, minimizar a radiação solar direta e realizar a conexão entre os contêineres e outra na parte posterior, que também serve para a cobertura da área de lavagem de carros, conforme ilustra a Figura 62.

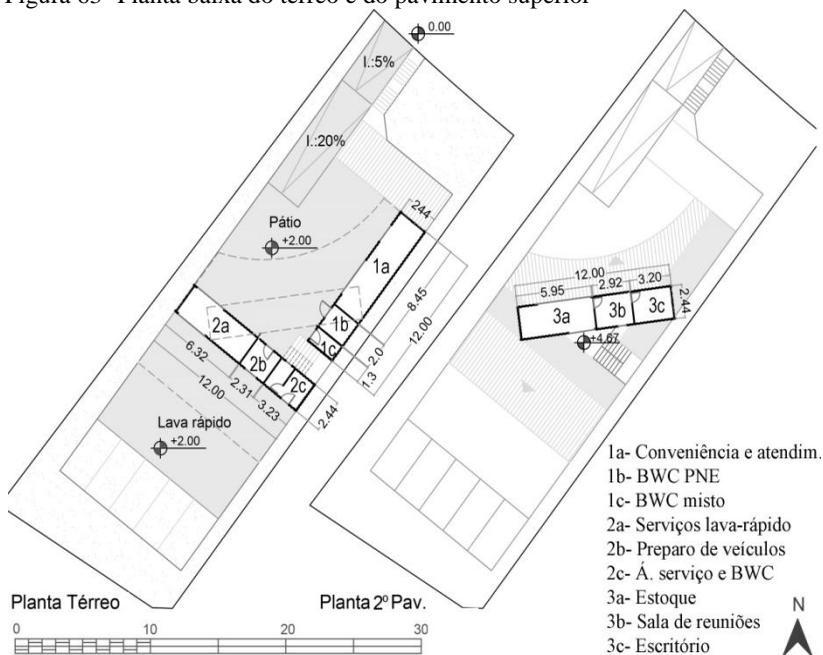
Figura 62- Organização espacial dos 3 contêineres HC 40' e das coberturas



Fonte: Autora (2014)

O contêiner térreo (número 1) está dividido em três ambientes: a loja de conveniências e atendimento aos clientes com 19,12 m² de área, um banheiro para portadores de necessidades especiais com 4,53 m² e um banheiro de uso misto com 2,82 m². O contêiner térreo (número 2) está composto por três ambientes: o primeiro destinado aos serviços do lava rápido com área de 14,49 m², o segundo destinado ao preparo dos veículos com área de 5,22 m² e o terceiro que corresponde a uma área de serviço com área de 7,05 m² que contém um toailete. O contêiner superior (número 3) comporta o escritório com área de 6,94 m², a sala de reunião com área de 6,62 m² e o estoque de materiais com 12,93 m². A figura 63 mostra a configuração das plantas baixas do pavimento térreo e do pavimento superior.

Figura 63- Planta baixa do térreo e do pavimento superior



Fonte: Autora (2014)

4.1.1.1 Análise morfológica do estudo de caso

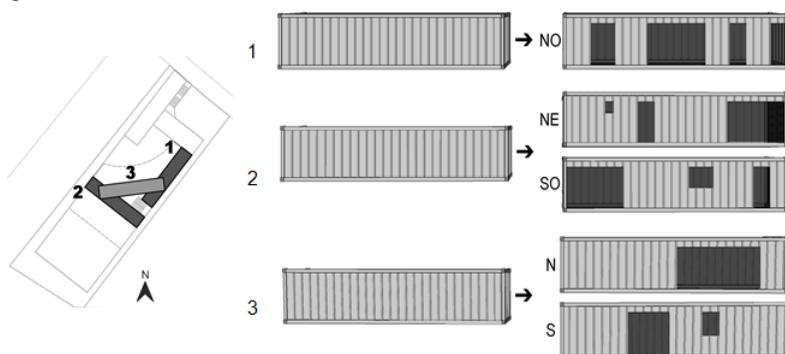
O método aplicado neste estudo de caso está embasado nos conceitos e análises morfológicas apresentados por Ching (1995), que tratam das transformações da forma; da definição dos espaços por meio

de elementos verticais e aberturas; da organização das formas e dos espaços; da aproximação e acesso ao edifício; da proporção geométrica e da simetria da composição.

a) Transformações da forma

No projeto pode-se identificar que os três contêineres passaram por transformações formais subtrativas, pois partes das laterais foram removidas para criar aberturas de portas e janelas, como pode ser visto na Figura 64. Os volumes conservaram sua identidade original, uma vez que as partes retiradas não modificaram os vértices e as arestas da estrutura dos contêineres. Além disso, os contêineres inferiores também passaram por transformações formais aditivas, pois foram adicionadas duas coberturas metálicas para protegê-los das intempéries.

Figura 64- Aberturas dos contêineres 1, 2 e 3



Fonte: Autora (2014)

O conjunto da obra se caracteriza por uma transformação dimensional aditiva com formas agrupadas, pois é resultante da junção de volumes que possuem características visuais comuns relacionadas com a linguagem e a volumetria paralelepipedal do contêiner.

b) Definição dos espaços por meio de elementos verticais e aberturas

Os elementos verticais do conjunto são compostos por quatro planos que definem espaços confinados, possuindo, no entanto, uma continuidade visual e espacial com os espaços adjacentes por meio das aberturas de portas e janelas, que influenciam na iluminação, na visualização do espaço externo, nos fluxos de pessoas e veículos e na utilização do ambiente interno. Essas aberturas possuem formas

retangulares similares aos planos dos volumes paralelepipedais, reforçando a linguagem compositiva do conjunto. Além disso, observa-se uma hierarquia, destacando-se as aberturas com maiores dimensões, como pode ser visto na Figura 65.

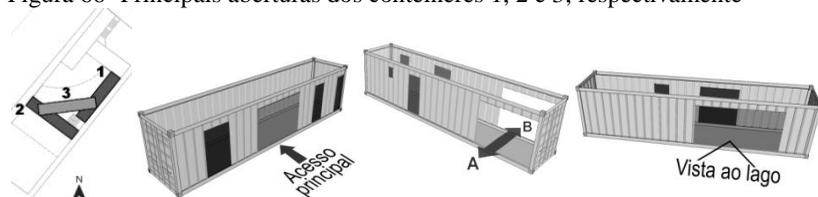
Figura 65-Aberturas que se destacam nos volumes



Fonte: Autora (2014)

No primeiro contêiner o plano voltado para Noroeste é o único que apresenta aberturas, fazendo com que esta seja a fachada principal deste volume. Dentre as aberturas deste plano a que se destaca é a porta da loja de conveniência que apresenta grandes dimensões e demarca o acesso principal. O segundo contêiner possui duas grandes aberturas nas fachadas opostas Nordeste e Sudoeste que servem como acesso dos carros à zona de lavagem, propiciando uma continuidade espacial entre as áreas A e B. Por fim, o terceiro contêiner, posicionado no pavimento superior, possui aberturas nas fachadas Norte e Sul, sendo que a abertura principal se destaca por sua grande dimensão, permitindo a visualização do lago Igapó. A Figura 66 mostra o posicionamento dos três contêineres e as respectivas aberturas.

Figura 66- Principais aberturas dos contêineres 1, 2 e 3, respectivamente



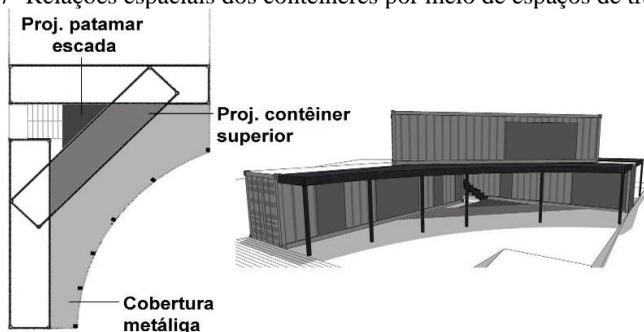
Fonte: Autora (2014)

c) Organização das formas e dos espaços

As relações espaciais nesta obra ocorrem, segundo denominação utilizada por Ching (1995), por espaços vinculados a partir de outro comum, ou seja, os volumes dos três contêineres se relacionam por meio de um espaço central que atua como elemento intermediador. Este espaço pode ser subdividido em três setores: o primeiro está posicionado

entre os três contêineres, sendo delimitado pela projeção do patamar triangular da escada, criando uma área de transição e integração vertical e horizontal. O segundo setor é o referente à projeção do contêiner superior, que gera uma área de transição parcialmente fechada. O terceiro setor é definido pela cobertura metálica que une externamente os três contêineres, formando uma zona de transição mais externa, delimitada por uma série de colunas que configuram o espaço e possibilitam a visualização e a continuidade espacial. A Figura 67 mostra as relações espaciais por espaços de transição.

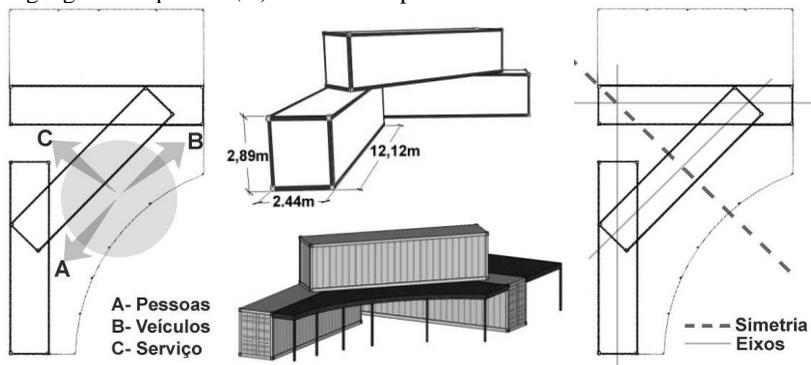
Figura 67- Relações espaciais dos contêineres por meio de espaços de transição



Fonte: Autora (2014)

As organizações espaciais ocorrem pelo agrupamento de três volumes principais com características visuais comuns, que estão agrupados em torno do ponto de entrada por onde se distribuem os fluxos, conforme ilustra a Figura 68-a. Estas características comuns são a forma e a sua materialização. A forma com geometria paralelepipedal apresenta dimensões iguais nos três volumes. A materialização deste projeto é caracterizada pelo uso do metal em todos os elementos do conjunto e pela linguagem específica dos contêineres, que confere à obra uma exterioridade sóbria com caráter industrial, como ilustrado na Figura 68-b. Outro elemento visual que inter-relaciona esses volumes é dado pela configuração simétrica em planta e pelos eixos de referência, que formam um triângulo e unificam os componentes da organização, conforme pode ser observado na Figura 68-c.

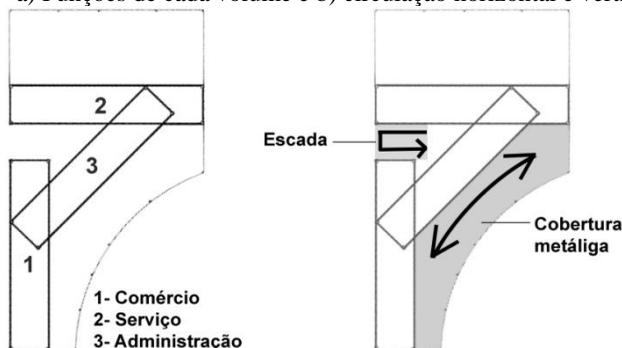
Figura 68- a) Ponto de entrada e distribuição dos fluxos, b) geometria e linguagem compositiva, c) simetria em planta e eixos de referência



Fonte: Autora (2014)

Os contêineres possuem funções específicas de acordo com os usos e tipos de serviço oferecidos. O contêiner 1 está voltado para atividades comerciais, o contêiner 2 para atividades do lava rápido e o contêiner 3 para atividades administrativas, conforme ilustrado na Figura 69-a. Entretanto, estes contêineres possuem necessidades em comum, como, por exemplo, a iluminação e ventilação natural, uma vez que inicialmente são desprovidos de aberturas. A conexão entre eles é feita por meio de uma cobertura metálica e uma escada, definindo uma circulação horizontal e outra vertical, como ilustra a Figura 69-b.

Figura 69- a) Funções de cada volume e b) circulação horizontal e vertical

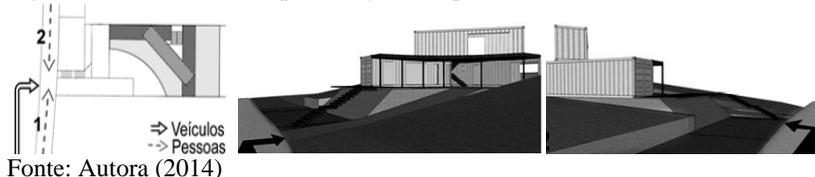


Fonte: Autora (2014)

d) Aproximação e acesso ao edifício

A modalidade de aproximação do observador ao edifício se dá de forma oblíqua, o que aumenta o efeito de perspectiva da fachada principal. Entretanto, o efeito visual depende do sentido de aproximação do pedestre ao edifício. O observador tem uma visão do conjunto mais expressiva quando se aproxima do edifício no sentido do fluxo 1, devido ao posicionamento dos contêineres no terreno, conforme pode ser observado na Figura 70.

Figura 70- a) Sentidos de aproximação oblíqua ao edifício, b) Efeito visual 1 e 2



Fonte: Autora (2014)

No primeiro contato com o edifício, o acesso se dá por meio de um pórtico definido pela cobertura metálica que une os contêineres, como pode ser visto na Figura 71-a. Este pórtico, além de demarcar o acesso, também protege os volumes das intempéries. Após isso, as entradas de pessoas e veículos são feitas por aberturas nas faces dos volumes, conservando a continuidade superficial destes e mantendo as mesmas características geométricas. Na Figura 71-b o acesso de pessoas é marcado pelo número 1 e o de veículos pelo número 2. O acesso de pessoas, indicado pelo número 3 na Figura 71-c, corresponde a circulação vertical.

Figura 71- a) Acesso demarcado pelo pórtico, b) acessos de pessoas e de veículos e c) acesso de pessoas pela escada



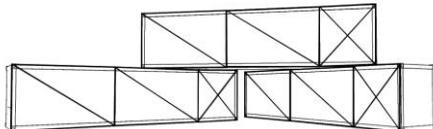
Fonte: Autora (2014)

e) Proporção geométrica

A forma paralelepipedal dos contêineres confere um caráter rígido ao conjunto, onde seu comprimento predomina sobre a largura. A proporção entre os volumes cria uma sistematização do conjunto, estabelecendo relações visuais entre as partes do edifício e entre estas e

o todo. Nas faces laterais dos volumes pode ser identificada a proporção áurea, sendo cada face composta por dois retângulos áureos e um quadrado, conforme sinalizado na Figura 71.

Figura 72- Proporção áurea nas faces laterais dos volumes

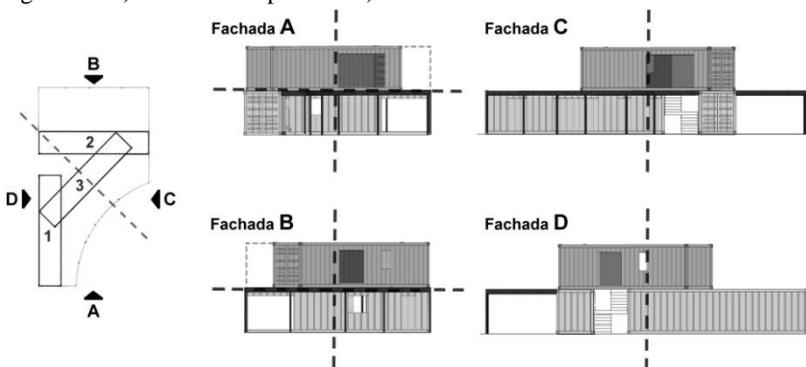


Fonte: Autora (2014)

f) Simetria da composição

A simetria da composição pode ser observada na planta baixa e nas fachadas. A simetria na planta baixa é definida por um eixo diagonal que passa pela extremidade superior do contêiner 2, como ilustra a Figura 73-a. As fachadas A e B apresentam uma forma predominantemente retangular, evidenciando a simetria biaxial do conjunto. Nas fachadas C e D predomina a horizontalidade dos contêineres térreos, caracterizando apenas um eixo de simetria. A Figura 73-b ilustra a simetria nas fachadas.

Figura 73- a) Simetria em planta e b) simetria nas fachadas



Fonte: Autora (2014)

4.1.2 Aspectos construtivos

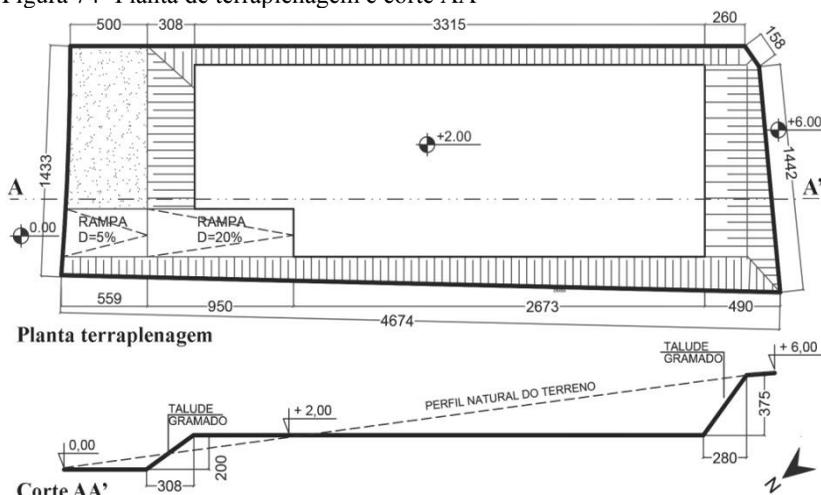
A utilização dos contêineres na construção exige o estabelecimento de uma logística de implantação e manuseio. Apesar de não implicar em grande impacto no preparo do terreno pressupõe-se que

as movimentações do terreno e preparo das fundações já se encontram pré-dispostas no local.

a) Movimentação de terra

O local de implantação possui uma área de 688 m², com aproximadamente 15 m de largura por 45 m de comprimento. A movimentação de terra foi uma das etapas mais demoradas da construção devido ao aclive do terreno, que inicialmente era de 6 m. Após a escavação, foi feito um patamar de 2 m acima do nível da rua, com aproximadamente 12 m de largura por 33 m de comprimento, como pode ser visto na Figura 74.

Figura 74- Planta de terraplenagem e corte AA'

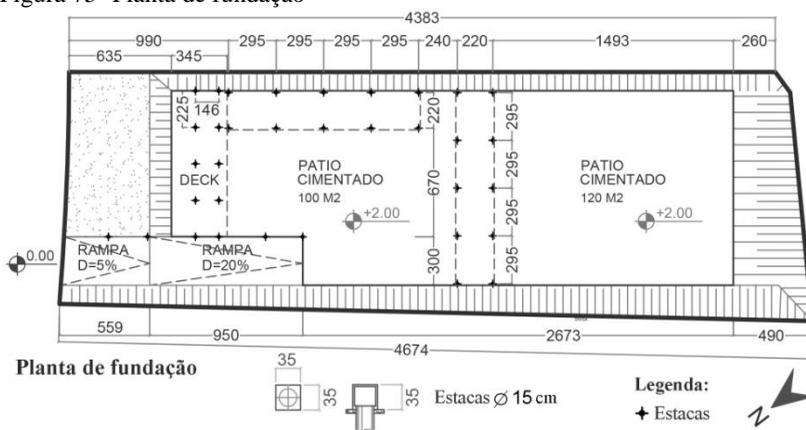


Fonte: Autora (2014)

b) Fundações

Após a movimentação de terra foram feitas as fundações com estacas de concreto do tipo broca com blocos de 35 x 35 cm. Para cada contêiner utilizaram-se dez brocas com três metros de profundidade, 15 cm de diâmetro e três toneladas cada. Os contêineres foram elevados quinze centímetros do solo, sendo colocada embaixo uma camada de brita. O projeto de fundação e a execução das estacas no terreno podem ser vistos nas Figuras 75 e 76.

Figura 75- Planta de fundação



Fonte: Autora (2014)

Figura 76- a) e b) Estacas sendo executadas no terreno

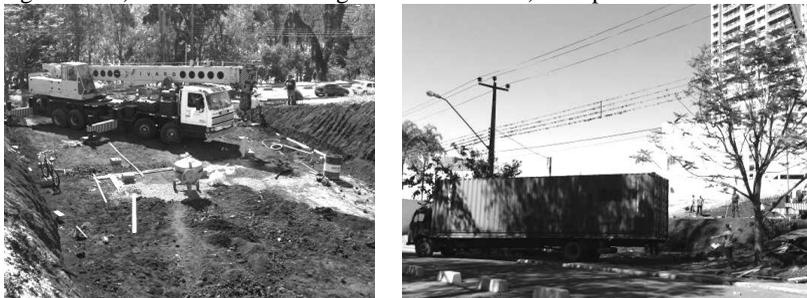


Fonte: Zani (2014)

c) Transporte e manipulação dos contêineres

O transporte dos contêineres foi feito por meio de um caminhão convencional, com doze metros de comprimento. Para a movimentação foi utilizado um caminhão grua previamente posicionado na parte central do terreno. Esta etapa foi dificultada pela existência de uma rede de alta tensão. Para não danificar a rede foi necessário entrar de ré com o caminhão até que fosse possível retirar o contêiner com a grua e posicioná-lo no terreno. As Figuras 77-a e b ilustram este processo.

Figura 77- a) Posicionamento da grua no terreno e b) transporte do contêiner



Fonte: Zani (2014)

d) Montagem dos contêineres

Após o transporte e a manipulação, os contêineres foram montados no terreno conforme o projeto de arquitetura. Primeiramente posicionou-se o contêiner térreo posterior em cima dos blocos seguido do contêiner térreo frontal, como pode ser visto na Figura 78-a e b.

Figura 78- a) Montagem do 1º contêiner e b) montagem do 2º contêiner



Fonte: Zani (2014)

Por fim, posicionou-se o contêiner superior sobre os outros dois contêineres, como pode ser visto na Figura 79-a. A Figura 79-b ilustra os três contêineres já montados no terreno.

Figura 79- a) Montagem do 3º contêiner e b) contêineres montados no terreno

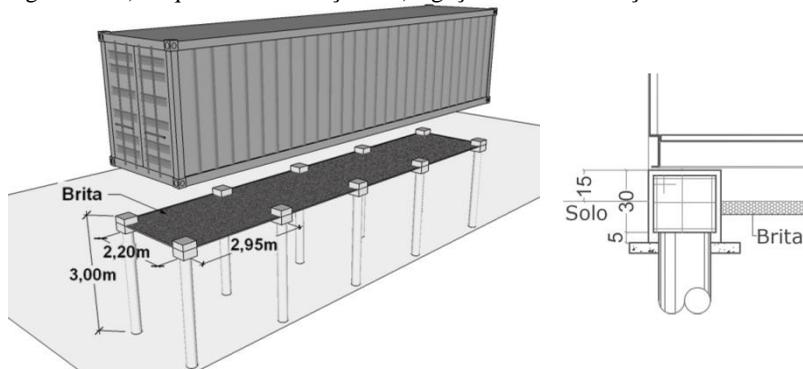


Fonte: Zani (2014)

e) Ligações entre a fundação e o contêiner

Os contêineres foram apoiados em blocos de concreto sobre estacas tipo broca, sem nenhuma fixação, sendo elevados 15 cm do solo. O modelo esquemático do apoio dos contêineres nos blocos pode ser visto na Figura 80-a e o detalhe construtivo do apoio na cabeça de estaca podem ser visto na Figura 80-b.

Figura 80- a) Esquema da fundação e b) ligação entre a fundação e o contêiner



Fonte: Autora (2014)

Como pode ser observado nas Figuras 81-a e b não existe nenhum elemento de fixação das extremidades inferiores do contêiner nos blocos. Embaixo dos contêineres térreos foi colocada uma camada de brita para possibilitar o resfriamento e circulação do ar com o objetivo de melhorar o conforto interno, como pode ser observado na Figura 81-c

Figura 81- a), b) Contêiner apoiado nos blocos e c) brita embaixo do contêiner



Fonte: Autora (2014)

f) Ligações entre os contêineres

Inicialmente o contêiner superior foi apenas apoiado nos contêineres térreos. Durante esta fase inicial ocorreu uma pequena movimentação do contêiner superior devida à ação do vento. Para evitar este tipo de ocorrência este contêiner foi soldado nos outros dois contêineres de modo a evitar movimentações indesejadas. Os pontos de apoio e de fixação dos contêineres podem ser vistos na Figura 82.

Figura 82- a) e b) Contêiner superior apoiado nos contêineres térreos



Fonte: Autora (2014)

Os contêineres térreos apresentaram uma deformação devido ao peso do contêiner superior, que foi aplicado nas laterais dos contêineres térreos, fragilizadas pela execução de grandes aberturas, conforme ilustra a Figura 83-a. Para corrigir este problema foi feito um reforço estrutural nestas áreas debilitadas com uma estrutura secundária de tubos de aço de seção retangular de 10 x 10 cm, tipo Metalon, formando um pórtico, conforme pode ser visto na Figura 83-b.

Figura 83- a) Deformação do Contêiner e b) Reforço estrutural com pórtico



Fonte: Autora (2014)

g) Ligações entre os contêineres e a cobertura metálica

Uma cobertura metálica foi adicionada nas faces noroeste e sudoeste para proteger os contêineres da radiação solar direta e das intempéries, como ilustram as Figuras 84 e 85. Estas coberturas possuem estrutura metálica treliçada confeccionada em viga “U” de 75 x 40 mm e chapa #11 nos montantes das treliças, das tesouras e das terças longitudinais, utilizando cantoneira de 0,25 x 3 m, nas treliças internas. Os fechamentos frontais das treliças foram feitos com chapa lisa #16 e o superior com telha trapezoidal de aço galvanizado, sendo a cobertura sustentada por colunas verticais de seção retangular de 80 x 80 mm, tipo Metalon.

Figura 84- Estrutura da cobertura adicionada na face noroeste



Fonte: Zani (2014)

Figura 85- Estrutura da cobertura adicionada na face sudoeste

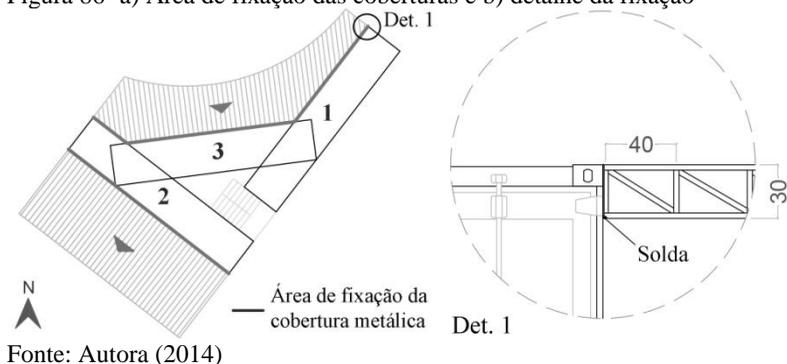


Fonte: Zani (2014)

A cobertura posterior voltada para Sudoeste foi soldada no contêiner térreo número 2, como mostrado na Figura 86-a, e a cobertura frontal voltada para Noroeste foi soldada na lateral dos três contêineres. Na Figura 86-a podem ser observadas em destaque as linhas de fixação

das coberturas nos respectivos contêineres e na Figura 86-b pode ser visto o detalhe da fixação na elevação do canto superior do contêiner.

Figura 86- a) Área de fixação das coberturas e b) detalhe da fixação



As inclinações das coberturas estão indicadas na Figura 86-a. A cobertura da frente possui calha rente à área de contato desta com os contêineres, conforme mostra a Figura 87. A cobertura posterior voltada para Sudoeste não apresenta calha, fazendo com que as águas pluviais caíam diretamente no piso do estacionamento de veículos.

Figura 87- a) Calha no contêiner número 1 e b) calha no contêiner número 2



A fixação das coberturas metálicas foi feita após a execução das aberturas e da instalação das esquadrias de portas e janelas. As Figuras 88-a e b ilustram a cobertura Sudoeste apoiada no contêiner térreo número 2, sendo que a cobertura Noroeste foi soldada no contêiner térreo número 1, conforme mostrado na Figura 88-c

Figura 88- a) e b) Cobertura sudoeste apoiada no contêiner térreo de traz c) cobertura noroeste soldada no contêiner térreo da frente



Fonte: Autora (2014)

Estas coberturas receberam o fechamento com telhas metálicas trapezoidais de aço galvanizado com pintura de fábrica, como pode ser visto na Figura 89.

Figura 89- a) Cobertura noroeste e b) cobertura sudoeste

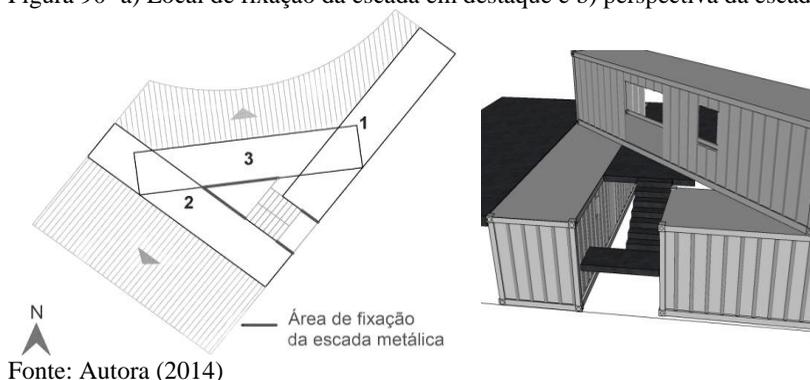


Fonte: Autora (2014)

h) Ligações entre os contêineres e a escada metálica

Após a instalação das coberturas foi soldada a escada metálica nas laterais dos três contêineres, conforme ilustrado na Figura 90. Esta escada está confeccionada em chapa dobrada #14 com montantes estruturais de 50 x 200 mm, travessas de reforço tipo Metalon 80 x 80 mm e chapa antiderrapante nos degraus, formando os espelhos e os patamares. O corrimão de aço apresenta seção tubular de 40 mm e o guarda corpo é realizado com perfis tipo Metalon de 30 x 30 mm e 20 x 30 mm nas travessas e perfil de seção tubular de 20 mm nos montantes verticais.

Figura 90- a) Local de fixação da escada em destaque e b) perspectiva da escada



Para instalar a escada foi feita primeiramente uma estrutura triangular, servindo de base para o piso metálico do patamar. Esta estrutura foi soldada nos contêineres número 2 e 3, como pode ser visto na Figura 90 e 91-a. Posteriormente foi soldado o piso metálico do patamar na estrutura metálica triangular e instalados o guarda-corpo e o corrimão, como mostrado na Figura 91-b.

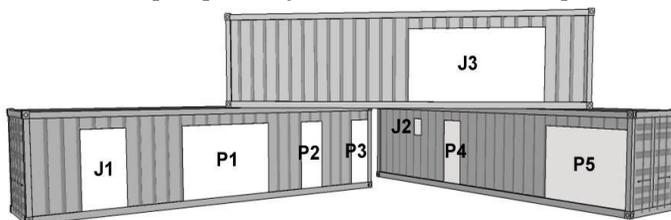
Figura 91- a) Estrutura metálica triangular do patamar soldada nos contêineres e b) fixação do guarda-corpo e corrimão



i) Aberturas de portas e janelas

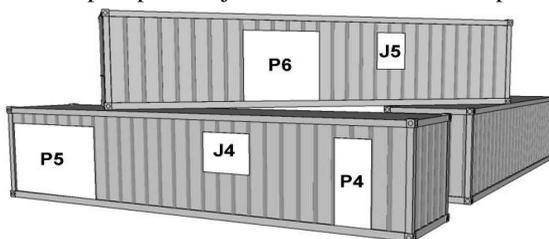
As aberturas para portas e janelas foram recortadas e estruturadas no terreno por uma empresa terceirizada. Estas aberturas foram realizadas com a utilização de um maçarico e posteriormente a superfície das portas foi finalizada com a chapa trapezoidal obtida no recorte dos contêineres. As Figuras 92 e 93 apresentam as aberturas nos contêineres e o Quadro 6 as dimensões das portas e janelas.

Figura 92- Aberturas para portas e janelas da fachada voltada para o Norte



Fonte: Autora (2014)

Figura 93- Aberturas para portas e janelas da fachada voltada para o Sul



Fonte: Autora (2014)

Quadro 6- Dimensões das portas e janelas dos contêineres

Tipo		Descrição	Dimensões	
			L x h	Peitoril
Portas	P1	Porta de correr com duas folhas metálicas que se deslocam fora do vão da abertura.	3,20 x 2,20	-
	P2-P4	Portas de abrir com uma folha móvel metálica.	0,80 x 2,20	-
	P3		0,70 x 2,20	-
	P5-P6	Portas de correr com uma folha móvel metálica que se deslocam fora do vão.	2,80 x 2,20	-
Janelas	J1	Janela de correr metálica com uma folha fixa de vidro e uma folha móvel de vidro.	1,60 x 2,20	-
	J2	Janela basculante metálica com um módulo contendo duas bandeiras móveis de vidro e uma inferior fixa de vidro.	0,60 x 0,65	1,55
	J3	Janela de correr com uma folha metálica que se deslocam fora do vão da abertura.	4,40 x 2,20	-
	J4	Janela de correr metálica com uma folha fixa de vidro e uma folha móvel de vidro.	1,20 X 1,10	1,10
	J5		0,80 x 1,20	1,00

Fonte: Autora (2014)

A Figura 94 mostra os contêineres após terem sido feitos os recortes das aberturas.

Figura 94- Aberturas para portas e janelas nos contêineres



Fonte: Autora (2014)

Por último, as portas e janelas foram pintadas de branco nos contêineres inferiores e de verde no contêiner superior, como mostrado Figura 95.

Figura 95- Portas de correr dos contêineres após a pintura



Fonte: Autora (2014)

Os trilhos metálicos das portas de correr após a pintura podem ser vistos na Figura 96.

Figura 96- a) e b) Trilhos inferior e superior das portas de correr após a pintura

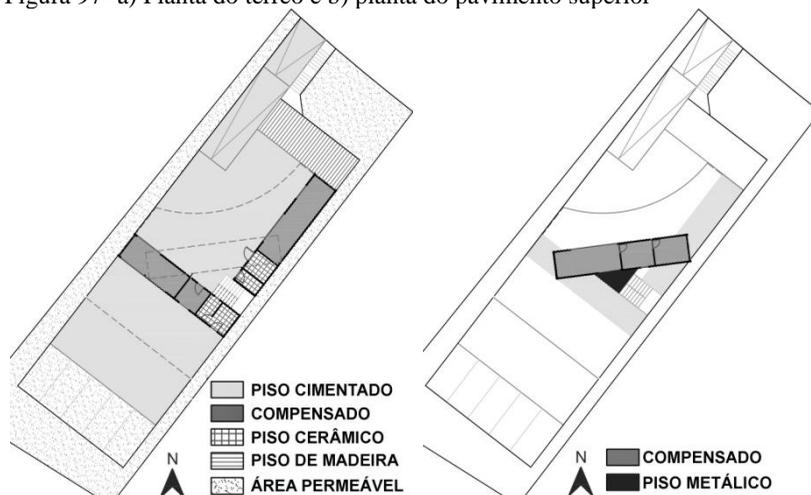


Fonte: Autora (2014)

j) Materiais de revestimento dos pisos

Nas áreas internas dos contêineres foi mantido o piso original de compensado naval, sendo apenas lixado e envernizado, com exceção dos banheiros, onde foi aplicado um piso cerâmico. Externamente foi feito um piso cimentado em quase toda a área térrea, com exceção da parte frontal, em que foi instalado um deck de madeira. Na parte posterior do térreo foi deixada uma área permeável, correspondente ao estacionamento. A Figura 97 apresenta a planta baixa do térreo e do pavimento superior, sinalizando os materiais utilizados para os pisos.

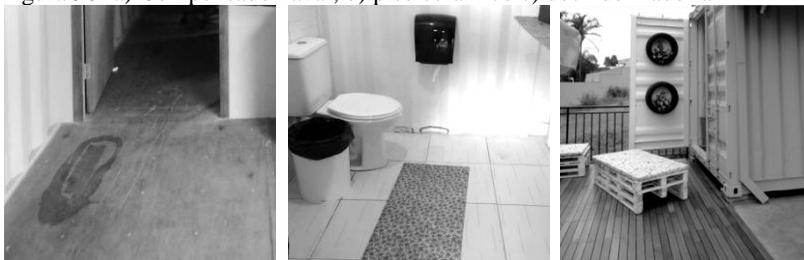
Figura 97- a) Planta do térreo e b) planta do pavimento superior



Fonte: Autora (2014)

O piso de compensado naval, o piso cerâmico do banheiro, o deck de madeira e o piso cimentado podem ser vistos nas Figuras 98-a, b e c.

Figura 98- a) Compensado naval, b) piso cerâmico c) deck de madeira



Fonte: Autora (2014)

k) Materiais de revestimento nas laterais dos contêineres e divisórias internas

As faces laterais dos contêineres foram deixadas aparentes externamente e internamente, com exceção dos banheiros, onde foi instalado um revestimento cerâmico, como pode ser visto na Figura 99.

Figura 99- a) face lateral interna aparente e c) revestimento cerâmico no BWC



Fonte: Autora (2014)

Os dois contêineres térreos foram pintados por dentro e por fora na cor branca e o contêiner superior recebeu uma pintura branca internamente e verde externamente. A pintura externa foi realizada com tinta de esmalte sintético que possui propriedade antiferruginosa. A pintura interna foi feita com tinta esmalte sintético antioxidante que pode ser aplicada diretamente sobre a superfície oxidada sem necessidade de fundo prévio.

Internamente foram feitas divisórias de gesso acartonado pintadas na cor branca com espessura resultante de 10 cm.

l) Materiais de revestimento das coberturas

A cobertura dos três contêineres foi mantida sem revestimentos externa e internamente, tendo sido pintada por dentro na cor branca com a mesma tinta das paredes internas e com as instalações elétricas deixadas aparentes, conforme a Figura 100-a e b. Na parte externa das coberturas foi aplicada uma tinta térmica que apresenta propriedade de isolamento térmico por refletância. Este tratamento possibilita a redução de aproximadamente 4°C na temperatura interna. Nos contêineres térreos foi usada a cor branca e no contêiner superior foi utilizada a cor verde.

Figura 100- a), b) Teto com pintura e instalações elétricas deixadas aparentes



Fonte: Autora (2014)

m) Adequações e complementações

Com o objetivo de destacar o caráter ecológico do projeto foram utilizados elementos reciclados no mobiliário. Para tanto, foram reutilizados pneus de automóveis nos bancos e floreiras, pallets nos sofás, tonéis de aço nas mesas e madeira reciclada nos painéis internos e na bancada de atendimento. Para melhorar o conforto térmico do contêiner térreo, onde está localizada a loja de conveniência, foi utilizado um sistema de ventilação forçada. Estes mobiliários e equipamento de ventilação podem ser vistos nas Figuras 101-a, b e c.

Figura 101- a) e b) Pallets utilizados em sofás e pneus para floreiras e bancos e c) equipamento de ventilação forçada



Fonte: Autora (2014)

Segundo o arquiteto foi mais rápido e fácil executar esta obra do que as convencionais. Apesar disso, a execução da obra foi dificultada em função da demora na liberação do alvará de construção pela prefeitura municipal por causa da técnica construtiva adotada. Inicialmente a obra foi considerada pelos técnicos da prefeitura como

uma montagem. Posteriormente a obra recebeu o alvará de construção. Os reforços estruturais necessários em função das grandes aberturas no contêiner também provocaram certa demora no desenvolvimento da obra. Outro aspecto a destacar, segundo o arquiteto, é a necessidade de um laudo para verificar possíveis níveis de contaminação dos contêineres.

4.1.3 Avaliação de desempenho térmico

Para a avaliação do desempenho térmico da envoltória foi aplicado o método simplificado de cálculo que determina a transmitância térmica (U), o atraso térmico (φ) e o fator calor solar (FS_o), estabelecidos pela Norma de Desempenho Térmico de Edificações NBR 15220-2 (2005). Posteriormente foi feita uma análise comparativa entre os resultados obtidos nos cálculos e as exigências da NBR 15220-3 (2005) e da NBR 15575 (2013), considerando as condições climáticas de Londrina, que está situada na Zona Bioclimática 3. Segundo a NBR 15220-3 (2005) as paredes do contêiner para esta zona devem ser leves e refletoras e a cobertura deve ser leve e isolada.

A seguir foram feitos os cálculos do desempenho térmico da envoltória da edificação deste estudo de caso, que recebeu uma pintura branca nas paredes do contêiner inferior e verde nas paredes do contêiner superior e, na cobertura, recebeu pintura térmica branca nos contêineres do pavimento térreo e na cor verde no pavimento superior.

A transmitância térmica (U) e o atraso térmico (φ) são os mesmos do cálculo feito previamente para o contêiner em seu estado natural, pois não foram adicionados outros revestimentos nas paredes e coberturas. Apenas o fator calor solar (FS_o) foi alterado em função da pintura realizada na envoltória dos contêineres.

Desta forma, a transmitância térmica (U) das vedações é de 5,88 W/(m².K) e da cobertura no verão é de 4,76 W/(m².K) e no inverno 7,14 W/(m².K). O atraso térmico (φ) apresenta valor equivalente a 0,035 horas para as coberturas e vedações.

Para calcular o fator calor solar (FS_o) das vedações dos contêineres térreos considerou-se o coeficiente de absorção solar (α) para o contêiner pintado na cor branca, equivalente a 0,2. O fator calor solar (FS_o) das vedações pode ser então determinado pela equação 13.

$$FS_o = 4.U.\alpha = 4.5,88.0,2 = 4,7 \% \quad (13)$$

Na cobertura dos contêineres térreos foi aplicada a pintura térmica na cor branca cujo coeficiente de absorção solar (α) equivale a

0,1. O fator calor solar (FS_o) das coberturas pode ser então determinado pela equação 14 na situação de verão e pela equação 15 na situação de inverno.

$$FS_{o,ver\tilde{a}o} = 4.U.\alpha = 4.4,76.0,1 = 1,09 \% \quad (14)$$

$$FS_{o,inverno} = 4.U.\alpha = 4.7,14.0,1 = 2,86 \% \quad (15)$$

A referida norma estabelece que nesta zona bioclimática o fator calor solar (FS_o) seja menor ou igual a 4 % para as vedações e menor ou igual a 6,5 % para a cobertura. Observa-se que neste aspecto, apesar de ter sido aplicada a pintura na cor branca, as paredes apresentam FS_o superior à estabelecida pela norma, tornando necessário outras melhorias nas paredes do contêiner. Entretanto, a pintura térmica aplicada na cobertura mostrou-se satisfatória com relação às exigências normativas.

Para calcular o fator calor solar (FS_o) das vedações do contêiner superior considerou-se o coeficiente de absorção solar (α) para o contêiner pintado na cor verde, equivalente a 0,5, sendo calculado na equação 16.

$$FS_o = 4.U.\alpha = 4.5,88.0,5 = 11,76 \% \quad (16)$$

Na cobertura dos contêineres térreos foi aplicada a pintura térmica na cor verde que apresenta o coeficiente de absorção solar (α) igual a 0,1. O fator calor solar (FS_o) da cobertura é determinado pela equação 17 na situação de verão e pela equação 18 na situação de inverno.

$$FS_{o,ver\tilde{a}o} = 4.U.\alpha = 4.4,76.0,1 = 1,09 \% \quad (17)$$

$$FS_{o,inverno} = 4.U.\alpha = 4.7,14.0,1 = 2,86 \% \quad (18)$$

Observa-se que ao pintar as paredes do contêiner superior na cor verde o desempenho destas foi insatisfatório com relação ao fator calor solar (FS_o) ressaltando a necessidade de outras melhorias. Entretanto, assim como nos contêineres térreos, a pintura térmica aplicada na cobertura mostrou-se satisfatória com relação às exigências normativas.

Na Tabela 3 podem ser comparados os resultados dos cálculos para os contêineres após a pintura aplicada em suas envoltórias com os valores exigidos pelas normas. Observa-se que, diferentemente da norma NBR 15220-3, a NBR 15575 não avalia o atraso térmico (φ) e o fator calor solar (FS_o). Apesar disso, esta última norma é mais rígida com relação à transmitância térmica (U), determinando valores

mínimos, intermediários e superiores para ela e relacionando-a com o coeficiente de absorção solar (α).

Tabela 3- Resultados dos cálculos e exigências normativas

Contêineres com pintura	NBR 15220			NBR 15575					
	U m ² .K/w	φ horas	FS _o % Cont. T _é reo Cont. Sup.	U m ² .K/w	φ horas	FS _o %	U ($\alpha \leq 0,6$) m ² .K/w M I S		
Paredes	5,88	0,03	4,70 11,8	$\leq 3,6$	$\leq 4,3$	$\leq 4,0$	$\leq 3,7$	-	-
C. verão	4,76	0,03	1,09 1,09	$\leq 2,0$	$\leq 3,3$	$\leq 6,5$	$\leq 2,3$	$\leq 1,5$	$\leq 1,0$
C. inverno	7,14	0,03	2,86 2,86						

M= mínimo I= intermediário S= superior

Fonte: Autora (2014)

Pode-se observar que as modificações feitas nos contêineres não trouxeram muitas melhorias no desempenho térmico da sua envoltória, principalmente com relação à transmitância térmica (U), que permaneceu com os mesmos valores obtidos para o contêiner em seu estado natural, não satisfazendo as exigências das normas. O único quesito que se mostrou satisfatório após a pintura foi o fator calor solar (FS_o) das coberturas, como pode ser observado na Tabela 4.1. Sendo assim, faz-se necessária a realização de outras melhorias na envoltória dos contêineres deste empreendimento para atender plenamente as exigências normativas.

O segundo estudo de caso analisado foi o escritório de arquitetura denominado M2K, mostrado a seguir.

4.2 ESTUDO DE CASO DA PALHOÇA-SC

Este estudo de caso está localizado na Avenida Pedra Branca, município de Palhoça, Santa Catarina, como ilustra a Figura 102.

Figura 102- Localização do empreendimento no município de Palhoça, SC



Fonte: Autora (2015)

Na edificação, mostrada na Figura 103, foram reutilizados dois contêineres *High Cube* 40' trazidos do porto de Itajaí. As instalações visam o atendimento de clientes do escritório de arquitetura e o desenvolvimento de projetos.

Figura 103- Escritório de Arquitetura M2K



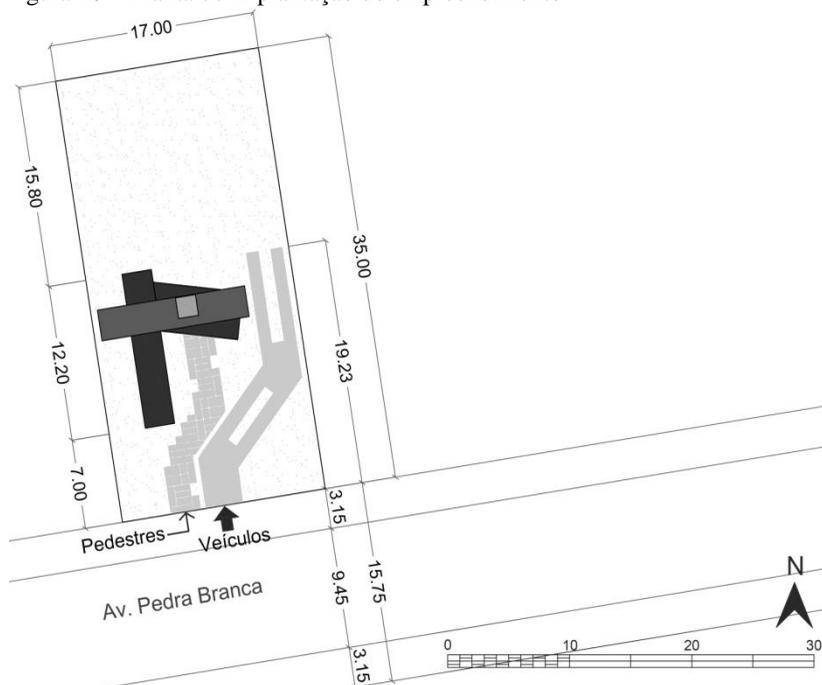
Fonte: M2K (2014)

- Tipo funcional: arquitetura comercial- escritório de arquitetura.
- Localização e ano de execução: Palhoça- SC, 2012.
- Área do terreno: 600 m².
- Área construída: 55,35 m² (térreo) e 29,75 m² no (pav. superior).
- Projeto de arquitetura: arquiteta Marcia Martini.

4.2.1 Aspectos projetuais

O projeto teve início em 2012 e durou aproximadamente seis meses até a obra ser concluída. Segundo a arquiteta responsável, a obra poderia ter sido executada em aproximadamente 45 dias, porém a empresa terceirizada estava realizando outras obras, atuando neste empreendimento apenas nos dias em que estava disponível. O terreno possui aproximadamente 17 m de largura por 35 m de comprimento, apresentando acesso pela Avenida Pedra Branca. O acesso de veículos e de pedestres é independente, sendo ambos realizados por um pavimento feito com corpos de prova reutilizados, conforme mostra a Figura 104.

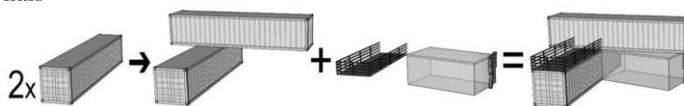
Figura 104- Planta de implantação do empreendimento



Fonte: Autora (2015)

A edificação está composta por um contêiner no pavimento térreo e outro no pavimento superior, sendo estes posicionados configurando um “L”. O acesso a este último contêiner é feito por meio de uma escada localizada no interior do edifício. Além disso, foi adicionado um deck de madeira no 2º pavimento e uma área envidraçada no térreo por onde é feito o acesso de pedestres ao escritório. Para sustentar o contêiner superior foi construído um pilar de concreto na extremidade da área envidraçada, sendo este posteriormente revestido com madeira, conforme mostrado na Figura 105.

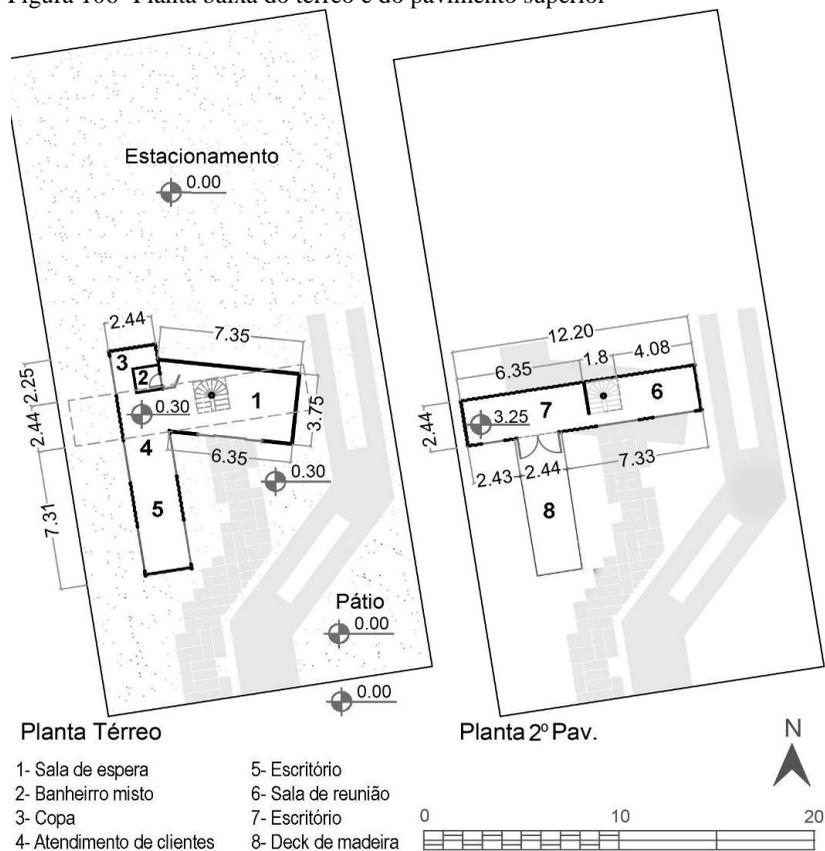
Figura 105- Organização espacial dos 2 contêineres HC 40' e elementos adicionais



Fonte: Autora (2015)

O contêiner térreo está dividido em três ambientes: um escritório com área de 23,66 m², um banheiro de uso misto com 1,54 m² e uma copa com 2,82 m². A área envidraçada térrea está composta por dois ambientes: o primeiro destinado a uma sala de espera com área de 14 m² e o segundo destinado ao atendimento de clientes com área de 5,20 m². Entre estas áreas está locada a escada helicoidal que dá acesso ao pavimento superior. O contêiner superior comporta a sala de reunião com área de 9,30 m² e o escritório com área de 14,85 m², por onde é feito o acesso ao deck de madeira externo que tem área de 17 m². A Figura 106 mostra a configuração das plantas baixas do pavimento térreo e do pavimento superior.

Figura 106- Planta baixa do térreo e do pavimento superior



Fonte: Autora (2015)

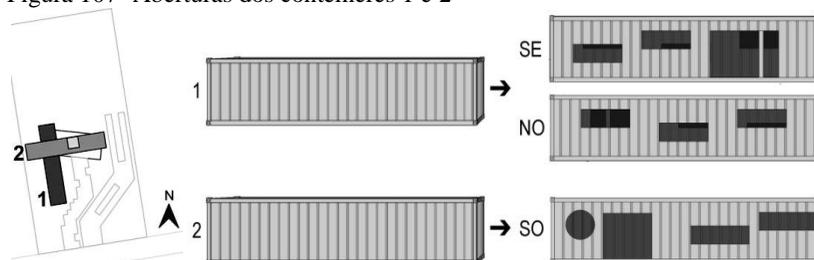
4.2.1.1 Análise morfológica do estudo de caso

Assim como no estudo de caso anterior o método aplicado neste estudo de caso está embasado nos conceitos e análises morfológicas apresentados por Ching (1995), que tratam das transformações da forma; da definição dos espaços por meio de elementos verticais e aberturas; da organização das formas e dos espaços; da aproximação e acesso ao edifício; da proporção geométrica e da simetria da composição.

a) Transformações formais

No projeto pode-se identificar que os dois contêineres passaram por transformações formais subtrativas, pois partes das laterais foram removidas para criar as aberturas de portas e janelas, como pode ser visto na Figura 107. Os volumes conservaram sua identidade original, uma vez que as partes retiradas não modificaram os vértices e as arestas da estrutura dos contêineres. Além disso, o contêiner inferior também passou por uma transformação formal aditiva, pois foi adicionado um deck de madeira em sua cobertura.

Figura 107- Aberturas dos contêineres 1 e 2



Fonte: Autora (2015)

O conjunto da obra se caracteriza por uma transformação dimensional aditiva com formas agrupadas, pois é resultante da junção de volumes que possuem características visuais comuns estabelecidas pela linguagem e pela volumetria paralelepipedal do contêiner e da área envidraçada.

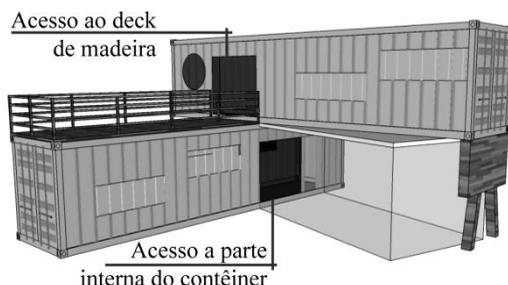
b) Definição dos espaços por meio de elementos verticais e aberturas

Os elementos verticais do conjunto são compostos por quatro planos que definem espaços confinados, possuindo, no entanto, uma continuidade visual e espacial com os espaços adjacentes por meio das

aberturas de portas e janelas, que influenciam na iluminação, na visualização do espaço externo e no fluxo de pessoas que utilizam o ambiente interno. Essas aberturas possuem formas retangulares similares aos planos dos volumes paralelepipedais, reforçando a linguagem compositiva do conjunto e formas circulares, dando destaque a algumas aberturas. Além disso, observa-se uma hierarquia, destacando-se as aberturas com maiores dimensões.

O contêiner térreo possui aberturas nos planos voltados para Sudeste e Noroeste, sendo que a fachada Sudeste se destaca por apresentar maiores aberturas. Dentre elas a principal é a que faz a conexão da área envidraçada com a parte interna do contêiner térreo. O segundo contêiner possui aberturas apenas no plano voltado para Sudoeste, sendo que a abertura principal se destaca por sua grande dimensão permitindo o acesso ao deck de madeira. A Figura 108 mostra o posicionamento dos dois contêineres e as respectivas aberturas.

Figura 108-Aberturas que se destacam nos contêineres

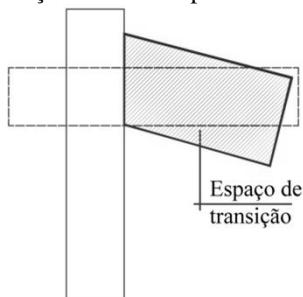


Fonte: Autora (2015)

c) Organização das formas e dos espaços

As relações espaciais nesta obra ocorrem, segundo denominação utilizada por Ching (1995), por espaços vinculados a partir de um espaço comum, ou seja, os dois contêineres se relacionam por meio de um espaço que atua como elemento intermediador. Este espaço está delimitado por paredes de vidro, criando uma área de transição parcialmente fechada que possibilita a continuidade espacial e visual com o exterior. Além disso, esta área faz a conexão entre os dois contêineres, possibilitando uma integração vertical e horizontal. A Figura 109 mostra o espaço de transição delimitado pela área envidraçada do térreo.

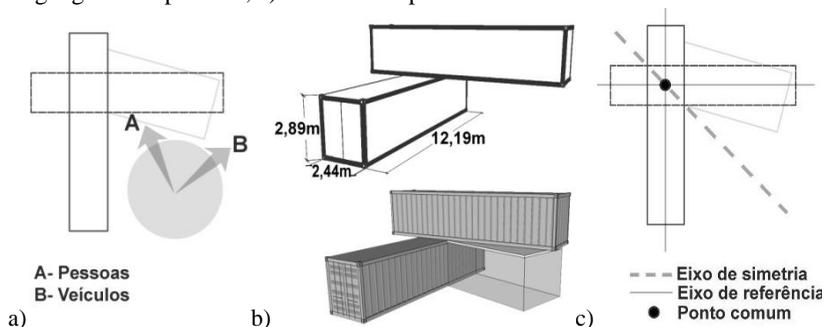
Figura 109- Espaço de transição delimitado pela área envidraçada do térreo



Fonte: Autora (2015)

A organização espacial ocorre por meio do agrupamento de dois volumes principais com características visuais comuns em torno do ponto de entrada, por onde se distribuem os fluxos, como ilustra a Figura 110-a. Estas características comuns são a forma e a sua materialização. A geometria paralelepipedal é semelhante para os dois volumes. A materialização deste projeto é caracterizada pelo uso do metal nos dois elementos principais e pela linguagem específica dos contêineres, que confere à obra uma exterioridade sóbria com caráter industrial, como ilustra a Figura 110-b. Outro elemento visual de destaque é dado pela configuração simétrica em planta e pelos eixos de referência, que se interceptam em um ponto comum e unificam os componentes da organização, como pode ser observado na Figura 110-c.

Figura 110- a) Ponto de entrada e distribuição dos fluxos, b) geometria e linguagem compositiva, c) simetria em planta e eixos de referência

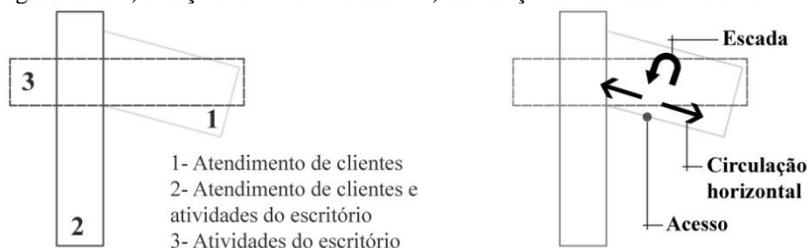


Fonte: Autora (2015)

Os volumes possuem funções específicas de acordo com os usos e tipos de serviço oferecidos. A área envidraçada está voltada para o

atendimento de clientes, o contêiner térreo para atendimento de clientes e atividades do escritório e o contêiner superior apenas para atividades do escritório, conforme ilustrado na Figura 111-a. Entretanto, os dois contêineres possuem necessidades em comum, como, por exemplo, a iluminação e ventilação naturais, uma vez que inicialmente são desprovidos de aberturas. A conexão entre eles é realizada por meio de uma área envidraçada, que possibilita a entrada de luz natural e define uma circulação horizontal e outra vertical, por meio de uma escada helicoidal, como ilustra a Figura 111-b.

Figura 111- a) Funções de cada volume e b) circulação horizontal e vertical



Fonte: Autora (2015)

d) Aproximação e acesso ao edifício

A modalidade de aproximação do observador ao edifício se dá de forma oblíqua, o que aumenta o efeito de perspectiva da fachada principal. Entretanto, o efeito visual depende do sentido de aproximação do pedestre ao edifício. O observador tem uma visão do conjunto mais expressiva quando se aproxima do edifício no sentido do fluxo 1, devido ao posicionamento dos contêineres no terreno, conforme pode ser observado na Figura 112.

Figura 112- a) Aproximação oblíqua, b) efeito visual 1 e c) efeito visual 2

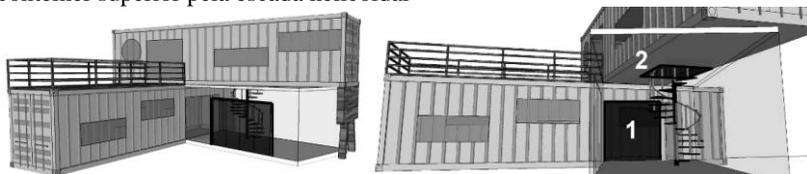


Fonte: Autora (2015)

O acesso principal ocorre por meio de uma porta de vidro posicionada no volume de vidro que une os dois contêineres, como pode ser visto na Figura 113-a. O acesso ao contêiner térreo é feito por meio

de uma abertura na face lateral, sendo marcado pelo número 1, e o acesso ao contêiner superior é feito por meio de uma abertura no seu piso, sendo marcado pelo número 2, conforme Figura 113-b.

Figura 113- a) Acesso principal, b) acesso 1 ao contêiner térreo e acesso 2 ao contêiner superior pela escada helicoidal

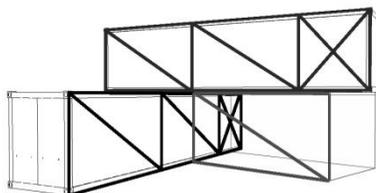


Fonte: Autora (2015)

e) Proporção geométrica

A forma paralelepipedal dos contêineres confere um caráter rígido ao conjunto, onde o comprimento dos contêineres predomina sobre a largura. A proporção entre os volumes cria uma sistematização do conjunto, estabelecendo relações visuais entre as partes do edifício e entre estas e o todo. Nas faces laterais dos volumes pode ser identificada a proporção áurea, sendo cada face dos contêineres composta por dois retângulos áureos e um quadrado e a face do volume de vidro composta por um retângulo áureo, conforme sinalizado na Figura 114.

Figura 114- Proporção áurea nas faces laterais dos volumes

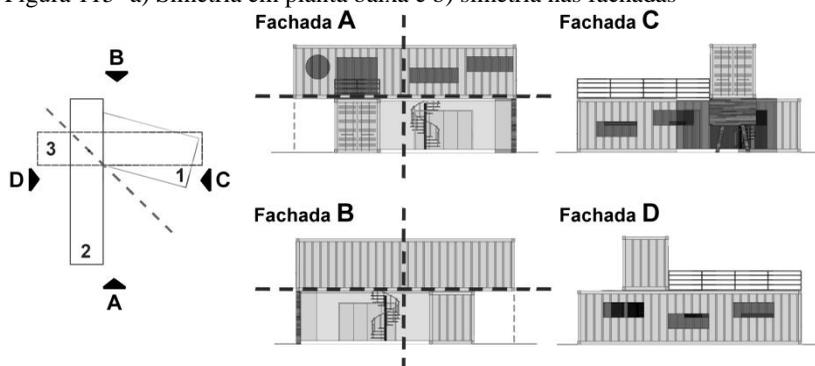


Fonte: Autora (2015)

f) Simetria da composição

A simetria da composição pode ser observada na planta baixa e em duas fachadas. Na planta baixa ela é definida por um eixo diagonal que passa pelos pontos de intersecção dos dois contêineres, dividindo o conjunto em duas partes quase iguais. As fachadas A e B apresentam uma forma predominantemente retangular, evidenciando a simetria biaxial do conjunto. Nas fachadas C e D predomina a horizontalidade do contêiner térreo, caracterizando um volume assimétrico, como mostrado na Figura 115.

Figura 115- a) Simetria em planta baixa e b) simetria nas fachadas



Fonte: Autora (2015)

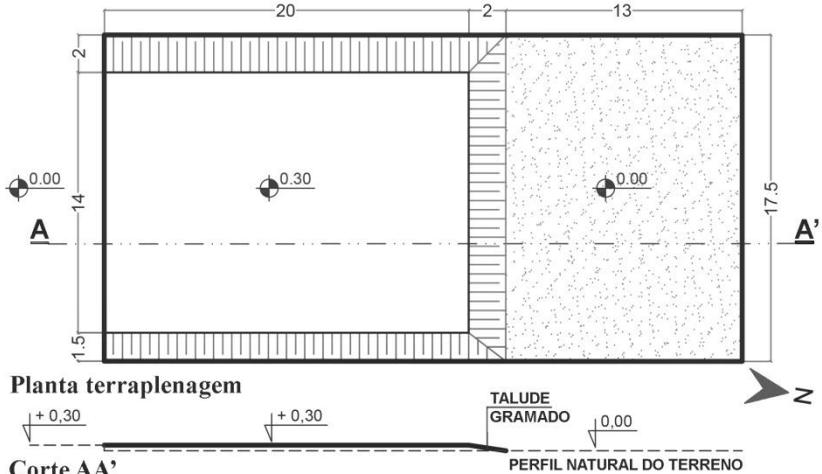
4.2.2 Aspectos construtivos

A utilização dos contêineres na construção exige o estabelecimento de uma logística de implantação e manuseio. Apesar de não implicar em grande impacto no preparo do terreno pressupõe-se que as movimentações do terreno e preparo das fundações já se encontrem pré-dispostas no local.

a) Movimentação de terra

O local de implantação possui uma área de 600 m², com aproximadamente 17 m de largura por 35 m de comprimento. Não houve necessidade de grande movimentação de terra, pois o terreno era relativamente plano, sendo necessário apenas elevar um pouco a área onde o edifício foi construído, pois esta estava abaixo da altura da avenida. A Figura 116 apresenta a planta de terraplenagem e o corte AA'.

Figura 116- Planta de terraplenagem e corte AA'

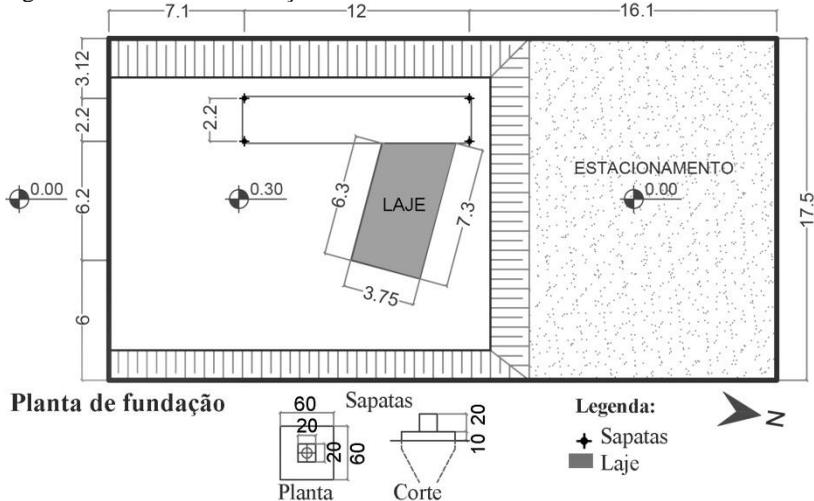


Fonte: Autora (2015)

b) Fundações

A fundação do contêiner foi realizada com quatro sapatas isoladas de concreto de 60 por 60 cm posicionadas nas cantoneiras inferiores deste contêiner e na área envidraçada foi utilizada uma laje de concreto de 7 por 3,75 m. O projeto de fundação pode ser visto na Figura 117.

Figura 117- Planta de fundação



Fonte: Autora (2015)

c) Transporte e manipulação dos contêineres

O transporte dos contêineres foi feito por meio de um caminhão convencional, com doze metros de comprimento e para a movimentação foram utilizados dois caminhões tipo *Munck*. As Figuras 118- a e b ilustram este processo.

Figura 118- a) Transporte do contêiner e b) manipulação do contêiner com 2 caminhões tipo Muncks



Fonte: M2K (2014)

d) Montagem dos contêineres

Após o transporte e a manipulação, os contêineres foram montados no terreno conforme o projeto de arquitetura. Primeiramente posicionou-se o contêiner térreo em cima das sapatas e depois disso foi posicionado o contêiner do segundo pavimento, sendo este apoiado no contêiner inferior e em um pilar de concreto situado na outra extremidade, conforme ilustrado na Figura 119.

Figura 119- Contêineres montados no terreno



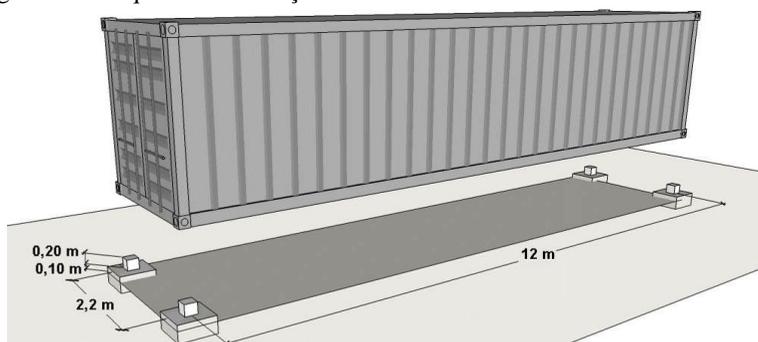
Fonte: M2K (2014)

e) Ligações

Ligações entre a fundação e o contêiner

O contêiner térreo foi apoiado em quatro sapatas, sem receber fixação, estando elevado 30 cm do solo. Posteriormente foi colocada uma camada de brita embaixo do contêiner, como ilustra a Figura 120.

Figura 120- Esquema da fundação do contêiner térreo



Fonte: Autora (2015)

Como pode ser observado na Figura 121-a, não existe elemento de fixação das extremidades inferiores do contêiner nas sapatas. A Figura 121-b ilustra a base do contêiner após ter sido aterrada e finalizada com grama e corpos de prova.

Figura 121- a) Contêiner apoiado nas sapatas e b) contêiner após a finalização



Fonte: M2K (2014)

Ligações entre os contêineres

O contêiner superior foi apoiado no contêiner térreo, sendo feitos alguns pontos de solda na área de contato entre eles, conforme pode ser visto nas Figuras 122-a e b. O contêiner de cima foi apoiado em zona próxima às laterais do contêiner onde foi executada uma grande abertura, porém não foi realizado reforço estrutural e não houve deformação excessiva no contêiner.

Figura 122- a) e b) Contêiner superior apoiado no contêiner térreo



Fonte: M2K (2014)

Ligações entre os contêineres e a área envidraçada

Uma área envidraçada foi adicionada no térreo, servindo de acesso ao escritório, acomodando a sala de estar e dando acesso ao segundo pavimento por meio de uma escada helicoidal situada na sua parte central, como pode ser visto na Figura 123-a. Os vidros utilizados nesta área foram fixados em uma estrutura metálica soldada nos dois contêineres, como ilustram a Figura 123-b e as Figuras 124-a, b e c.

Figura 123- a) Área envidraçada no térreo e b) estrutura metálica



Fonte: M2K (2014)

Figura 124- a), b) e c) Pontos de solda da estrutura metálica nos contêineres



Fonte: Autora (2015)

Esta área envidraçada foi rotacionada em relação ao contêiner superior, sendo colocada uma cobertura de policarbonato na região desencontrada para permitir a entrada de luz ao interior do edifício, como ilustram as Figuras 125-a e b.

Figura 125- a) e b) Local onde foi colocada a cobertura de policarbonato



Fonte: Autora (2015)

Ligações entre o contêiner superior e o pilar de concreto

O contêiner superior foi apoiado em um pilar de concreto em forma de “V” invertido sem nenhum elemento de fixação, sendo revestido posteriormente com lambris de madeira fixados em uma caixa interna, como pode ser visto nas Figuras 126- a, b e c.

Figura 126- a) Pilar de concreto, b) e c) contêiner superior apoiado no pilar de concreto após ter sido revestido com madeira



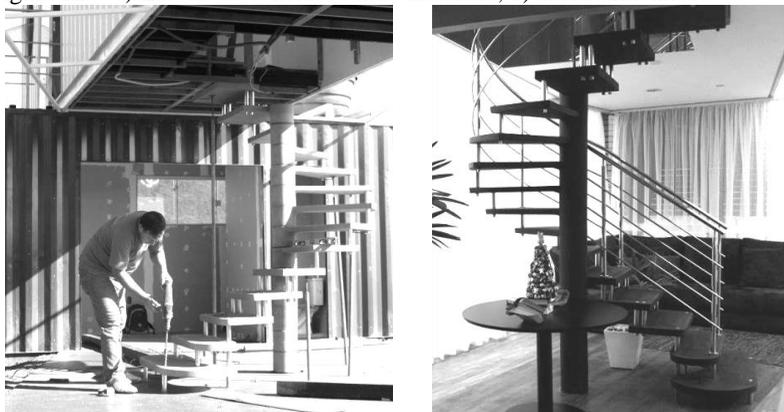
Fonte: M2K (2014)

Ligações entre o contêiner superior e a escada helicoidal

A instalação da escada helicoidal de concreto foi realizada após a montagem dos contêineres e a execução da laje. Esta escada foi aparafusada no piso da área envidraçada e no piso do contêiner superior,

sendo feita uma abertura no piso deste contêiner para possibilitar o acesso ao pavimento superior, como pode ser visto na Figura 127-a. Posteriormente, os degraus da escada e seu pilar de sustentação foram pintados de preto, sendo fixados na escada o guarda-corpo e o corrimão metálicos, conforme ilustrado na Figura 127-b.

Figura 127- a) Escada de concreto sendo instalada, b) escada finalizada



Fonte: M2K (2014)

Ligações entre o deck de madeira e os contêineres

Na parte superior da cobertura do contêiner térreo foi feito um deck de madeira descoberto. As ripas de madeira foram aparafusadas em longarinas metálicas instaladas na cobertura deste contêiner para não perfurá-lo. O acesso a este deck é feito por meio de uma abertura no contêiner superior. Após a finalização do deck foi instalado um guarda-corpo de madeira, sendo aparafusado em uma estrutura metálica, conforme ilustram as Figuras 128-a e b.

Figura 128- a) Deck de madeira e b) guarda corpo do deck de madeira



Fonte: Autora (2015)

f) Aberturas

As aberturas para portas e janelas foram recortadas e estruturadas por uma empresa terceirizada antes dos mesmos serem transportados ao local de implantação. Estas aberturas foram feitas com a utilização de um maçarico e as partes retiradas não foram reutilizadas. A instalação das esquadrias foi feita in loco. A Figura 129 apresenta as aberturas nos contêineres e o Quadro 7 as dimensões de portas e janelas.

Figura 129- a) Aberturas para portas e janelas da fachada Sudeste e b) aberturas de janelas da fachada Noroeste



Fonte: Autora (2015)

Quadro 7- Dimensões das portas e janelas dos contêineres

Tipo	Descrição	Dimensões	
		L x h	Peitoril
Portas	P1	3,30 x 2,10	-
	P2	2,20 x 2,10	-
	P3	60 x 2,10	-
	P4	2,20 x 2,10	-
Janelas	J1, J4 e J7	2,24 x 80	85
	J2, J5, J6 e J8	2,24 x 80	1,45
	J3	1,20	1,00

Fonte: Autora (2015)

A Figura 130 mostra os contêineres após terem sido feitos os recortes e a estruturação de algumas de suas aberturas.

Figura 130- a) e b) Aberturas do contêiner térreo e superior



Fonte: M2K (2014)

Posteriormente os contêineres foram pintados e transportados para o terreno de implantação, onde foram instaladas as esquadrias metálicas das portas e janelas com folhas de vidro, sendo pintadas de branco, como ilustrado na Figura 131-a. Na parte interna das portas e janelas foram instaladas persianas horizontais brancas de PVC, como mostrado na Figura 131-b.

Figura 131- a) Contêineres pintados e montados no terreno e b) venezianas instaladas nas janelas do contêiner superior



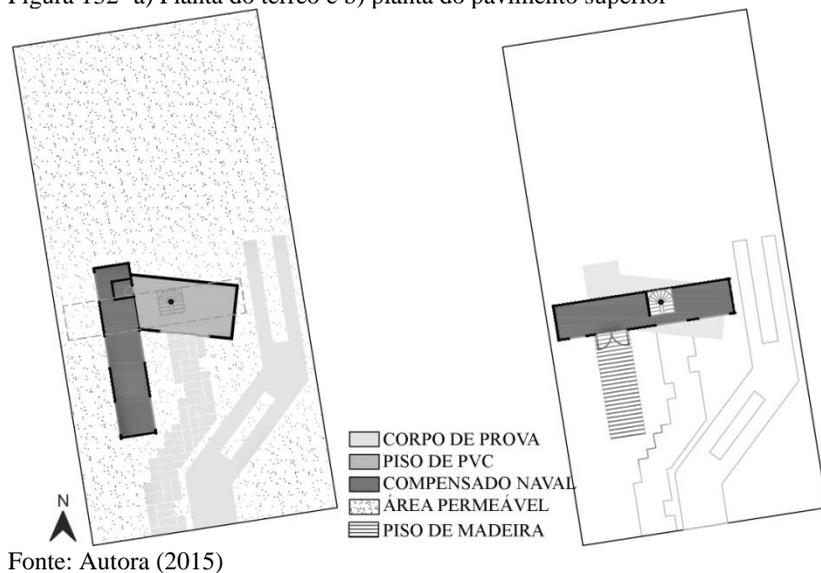
Fonte: M2K (2014)

Além das aberturas para portas e janelas feitas nas paredes dos contêineres foram realizadas aberturas no piso do contêiner superior para instalação da escada helicoidal e no teto deste contêiner para entrada de luz natural. Nesta abertura zenital foi colocado policarbonato para iluminar a área da escada, porém esta abertura tem permitido a passagem de calor, o que tem gerado um superaquecimento do pavimento inferior.

g) Materiais de revestimento dos pisos

Nas áreas internas dos contêineres, inclusive no banheiro, foi mantido o piso original de compensado naval, sendo apenas lixado e envernizado. Na área externa do pavimento superior foi feito um deck de madeira e na área envidraçada do piso inferior foi colocado um piso de PVC. Externamente foi feito um jardim gramado e um caminho com corpos de prova reutilizados demarcando o acesso principal e o acesso de veículos. A Figura 132 apresenta a planta baixa do térreo e do pavimento superior, sinalizando os materiais utilizados para os pisos.

Figura 132- a) Planta do térreo e b) planta do pavimento superior



O piso de compensado naval, o deck de madeira e o piso de PVC podem ser vistos nas Figuras 133-a, b e c.

Figura 133- a) Piso de compensado, b) deck de madeira e c) piso de PVC



h) Materiais de revestimento nas laterais dos contêineres e divisórias internas

Nas faces laterais internas dos contêineres foi feito um revestimento com *wood frame* e gesso acartonado, sendo colocado um isolamento térmico de lã de rocha. As superfícies foram lixadas e pintadas com tinta nas cores branca e creme; em alguns locais, foi colocado papel de parede e espelhos, como ilustrado na Figura 134. As divisórias internas foram feitas com drywall com 10 cm de espessura e também foram pintadas com tinta na cor branca.

Figura 134-a) Execução das faces internas do contêiner térreo e b) faces internas do escritório finalizadas



Fonte: M2K (2014)

Externamente as paredes foram lixadas e pintadas com tinta anticorrosiva própria para contêineres antes deles terem sido levados para o local de implantação. O contêiner inferior foi pintado na cor vermelha e o contêiner superior na cor branca.

i) Materiais de revestimento das coberturas

O teto dos dois contêineres foi revestido internamente com *wood frame*, gesso acartonado e lã de rocha, tendo sido pintados na cor branca. As instalações elétricas foram embutidas nas laterais e cobertura interna dos contêineres, conforme pode ser visto na Figura 135.

Figura 135- a) e b) Cobertura do contêiner inferior e superior pintadas na cor branca com as instalações elétricas embutidas



Fonte: Autora (2015)

Na parte externa da cobertura do contêiner térreo foi feito um deck de madeira e na parte externa da cobertura do contêiner superior foi aplicada uma tinta anticorrosiva própria para contêiner na cor branca.

j) Adequações e complementações

Com o objetivo de destacar o caráter ecológico do projeto foram utilizados elementos reciclados na decoração e no jardim externo do edifício. Para tanto, foram reutilizados canos de PVC para fazer divisórias, rolos de fio elétrico para fazer mesas e corpos de prova para fazer caminhos no jardim externo, como ilustrado na Figura 136-a. Para melhorar o conforto térmico no interior dos contêineres foram instalados quatro aparelhos de ar-condicionado, um em cada ambiente, como mostrado na Figura 136-b.

Figura 136- a) Corpos de prova utilizados no caminho e b) aparelho de ar-condicionado instalado no pavimento inferior



Fonte: M2K (2014)

Segundo os projetistas é mais rápido e fácil de executar esta obra do que as convencionais, além disso, esse tipo de construção possibilita maior mobilidade e flexibilidade construtiva. Entretanto, a execução da

obra foi dificultada em função da empresa terceirizada estar trabalhando também em outras construções.

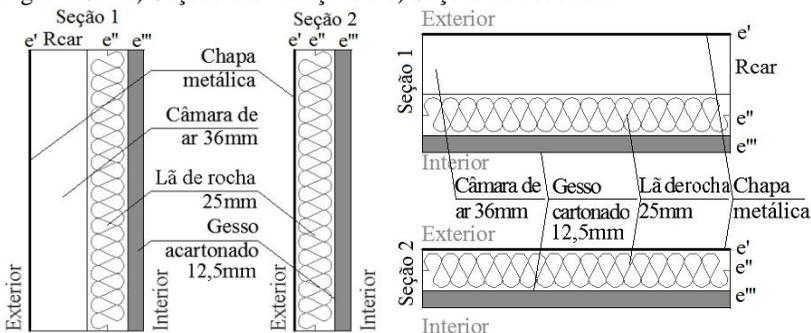
4.2.3 Avaliação de desempenho térmico

Para a avaliação do desempenho térmico da envoltória foi aplicado o método simplificado de cálculo que determina a transmitância térmica (U), o atraso térmico (ϕ) e o fator calor solar (FS_o), estabelecidos pela Norma de Desempenho Térmico de Edificações NBR 15220-2 (2005). Posteriormente foi feita uma análise comparativa entre os resultados obtidos nos cálculos e as exigências da NBR 15220-3 (2005) e da NBR 15575 (2013), considerando as condições climáticas do município de Palhoça, que está situada na Zona Bioclimática 3. Segundo a NBR 15220-3 (2005) as paredes do contêiner para esta zona devem ser leves e refletoras e a cobertura deve ser leve e isolada.

Como as vedações originais dos contêineres possuem reentrâncias, para o cálculo do desempenho térmico com os revestimentos utilizados foram considerados dois tipos de seções, um contendo uma câmara de ar de 3,6 cm e o outro sem câmara de ar.

A seguir foram feitos os cálculos do desempenho térmico das paredes e das coberturas da edificação deste estudo de caso com base nos materiais propostos pela arquiteta. Segundo esta, foi utilizado internamente um revestimento de gesso acartonado com uma camada de isolamento térmico de lã de rocha, com espessuras de 12,5 mm e 25 mm respectivamente. Externamente o contêiner inferior foi pintado com uma tinta na cor vermelha e o superior na cor branca. Na Figura 137 são apresentadas as seções com e sem câmara das vedações e da cobertura.

Figura 137- a) Seções das vedações e b) Seções da cobertura



Fonte: Autora (2015)

Para o cálculo da transmitância térmica (U) considerou-se a condutividade térmica (λ) do gesso acartonado equivalente a 0,35 W/(m.K) e a condutividade térmica (λ) da lã de rocha equivalente a 0,045 W/(m.K), conforme a NBR 15220-2 (2005). A transmitância térmica (U) das vedações pode ser calculada por meio da equação 19:

$$U = 1/RT \quad (19), \text{ onde:}$$

$$RT = R_{si} + R_t + R_{se}, R_t = A_1 + A_2/(A_1/R_1 + A_2/R_2), R_1 = e'/\lambda + R_{car} + e''/\lambda + e'''/\lambda, R_2 = e'/\lambda + e''/\lambda + e'''/\lambda.$$

Deste modo tem-se: $R_1 = 0,75 \text{ m}^2.\text{K}/\text{w}$, $R_2 = 0,59 \text{ m}^2.\text{K}/\text{w}$, $R_t = 0,7 \text{ m}^2.\text{K}/\text{w}$ e $RT = 0,87 \text{ m}^2.\text{K}/\text{w}$, sendo a transmitância térmica (U) calculado pela equação 20.

$$U = 1/0,87 = 1,15 \text{ w}/(\text{m}^2.\text{K}) \quad (20)$$

Segundo a NBR 15220 (2005), a parede da edificação na Zona Climática 3 deve ser leve e refletora, com a transmitância térmica (U) menor que $3,6 \text{ W}/\text{m}^2.\text{K}$. A parede deste edifício possui $U = 1,15 \text{ W}/\text{m}^2.\text{K}$ satisfazendo o critério exigido. Na cobertura foram considerados os mesmos materiais utilizados nas vedações verticais, ou seja, 12,5 mm de gesso acartonado com 25 mm de lã de rocha.

A transmitância térmica (U) da cobertura no verão pode ser calculada por meio da equação 21:

$$U_{\text{verão}} = 1/RT_{\text{verão}} \quad (21), \text{ onde:}$$

$$RT_{\text{verão}} = R_{si} + R_t + R_{se}, R_{t\text{verão}} = A_1 + A_2/(A_1/R_1 + A_2/R_2), R_{1\text{verão}} = e'/\lambda + R_{car} + e''/\lambda + e'''/\lambda, R_2 = e'/\lambda + e''/\lambda + e'''/\lambda.$$

Deste modo tem-se: $R_{1\text{verão}} = 0,77 \text{ m}^2.\text{K}/\text{w}$, $R_2 = 0,59 \text{ m}^2.\text{K}/\text{w}$, $R_{t\text{verão}} = 0,72 \text{ m}^2.\text{K}/\text{w}$ e $RT = 0,93 \text{ m}^2.\text{K}/\text{w}$, sendo a transmitância térmica (U) calculado pela equação 22.

$$U_{\text{verão}} = 1/0,93 = 1,07 \text{ w}/(\text{m}^2.\text{K}) \quad (22)$$

A transmitância térmica (U) da cobertura no inverno pode ser calculada por meio da equação 23:

$$U_{\text{inverno}} = 1/RT_{\text{inverno}} \quad (23), \text{ onde:}$$

$$RT_{\text{inverno}} = R_{si} + R_t + R_{se}, R_{t\text{inverno}} = A_1 + A_2/(A_1/R_1 + A_2/R_2), R_{1\text{inverno}} = e'/\lambda + R_{car} + e''/\lambda + e'''/\lambda, R_2 = e'/\lambda + e''/\lambda + e'''/\lambda.$$

Deste modo tem-se: $R1_{\text{inverno}} = 0,73 \text{ m}^2.\text{K}/\text{w}$, $R2 = 0,59 \text{ m}^2.\text{K}/\text{w}$, $Rt_{\text{inverno}} = 0,69 \text{ m}^2.\text{K}/\text{w}$ e $RT = 0,83 \text{ m}^2.\text{K}/\text{w}$, sendo a transmitância térmica (U) calculado pela equação 24.

$$U_{\text{inverno}} = 1/0,83 = 1,2 \text{ w}/(\text{m}^2.\text{K}) \quad (24)$$

De modo similar, a NBR 15220 (2005) define que a cobertura na Zona climática 3 deva ser leve e isolada, com a transmitância térmica (U) menor que $2,0 \text{ W}/\text{m}^2.\text{K}$. A cobertura adotada possui transmitância térmica na condição de verão $U_{\text{verão}} = 1,07 \text{ W}/\text{m}^2.\text{K}$ e na condição de inverno $U_{\text{inverno}} = 1,2 \text{ w}/(\text{m}^2.\text{K})$, satisfazendo assim os critérios exigidos.

Outro fator que determina o desempenho térmico das paredes e da cobertura é o atraso térmico (ϕ). No caso da envoltória ser heterogênea o atraso térmico pode ser calculado pela equação 25:

$$\phi = 1,38.Rt.\sqrt{(B1+B2)} \quad (25), \text{ onde:}$$

$B0 = CT - C_{\text{Text}}$, $B1 = 0,226.B0/Rt$, $B2 = 0,205 [(\lambda. \rho.c)_{\text{ext}}/Rt]. [R_{\text{ext}} - (Rt - R_{\text{ext}}/10)]$

Na parede do estudo de caso, a resistência da camada externa do contêiner é muito pequena, por ser de aço, fazendo com que o B2 seja negativo. Segundo a norma, B2 deve ser então considerada igual a zero. Deste modo tem-se: $B0 = 11,25$ e $B1 = 3,63$, sendo o atraso térmico (ϕ) calculado pela equação 26.

$$\phi = 1,38.0,7. \sqrt{3,63} = 1,84 \text{ h} \quad (26)$$

Este valor se mostra satisfatório por ser inferior ao limite estabelecido pela norma para a zona bioclimática 3, que deve ser menor ou igual a 4,3 h. Na cobertura do contêiner, cuja camada externa também é de aço tem-se B2 negativo, sendo também considerado igual a zero. Para o cálculo do atraso térmico da cobertura no verão tem-se: $B0 = 11,25$ e $B1_{\text{verão}} = 3,53$, sendo calculado pela equação 27.

$$\phi_{\text{verão}} = 1,38.0,72. \sqrt{3,53} = 1,87 \text{ h} \quad (27)$$

Para o cálculo do atraso térmico da cobertura no inverno tem-se: $B0 = 11,25$ e $B1_{\text{inverno}} = 3,68$, sendo calculado pela equação 28:

$$\phi_{\text{inverno}} = 1,38.0,69. \sqrt{3,68} = 1,83 \text{ h} \quad (28)$$

Observa-se que os valores obtidos para a cobertura no verão e no inverno também se mostram satisfatórios por serem inferiores ao limite estabelecido pela norma, que estabelece um máximo de 3,3 h. O último

questo exigido pela referida norma para determinar o desempenho térmico é o fator calor solar (FS_o), que pode ser calculado por meio da equação 29:

$$FS_o = 100.U.\alpha.Rse = 100.U. \alpha.0,04 = 4.U.\alpha \quad (29)$$

Para calcular o fator calor solar (FS_o) das vedações e cobertura do contêiner térreo considerou-se o coeficiente de absorção solar (α) para o contêiner pintado na cor vermelha, equivalente a 0,74, conforme a NBR 15220-2 (2005). O fator calor solar (FS_o) das vedações pode ser então determinado pela equação 30.

$$FS_o = 4.U.\alpha = 4.1,15.0,74 = 3,4\% \quad (30)$$

De modo similar, pode-se calcular o fator calor solar (FS_o) para a cobertura, conforme a equação 31 na situação de verão e a 32 na situação de inverno.

$$FS_{o\text{verão}} = 4.U.\alpha = 4.1,07.0,74 = 3,17\% \quad (31)$$

$$FS_{o\text{inverno}} = 4.U.\alpha = 4.1,2.0,74 = 3,55\% \quad (32)$$

A referida norma estabelece que nesta zona bioclimática o fator calor solar (FS_o) seja menor ou igual a 4% para as vedações e menor ou igual a 6,5% para a cobertura. Observa-se que neste aspecto, a pintura vermelha aplicada nas vedações e cobertura do contêiner térreo foi eficaz, satisfazendo as exigências normativas.

Para calcular o fator calor solar (FS_o) das vedações e cobertura do contêiner superior considerou-se o coeficiente de absorção solar (α) para o contêiner pintado na cor branca, equivalente a 0,2, conforme a NBR 15220-2 (2005), sendo calculado na equação 33.

$$FS_o = 4.U.\alpha = 4.1,15.0,2 = 0,92\% \quad (33)$$

De modo similar, pode-se calcular o fator calor solar (FS_o) para a cobertura, conforme a equação 34 na situação de verão e a 35 na situação de inverno.

$$FS_{o\text{verão}} = 4.U.\alpha = 4.1,07.0,2 = 0,86\% \quad (34)$$

$$FS_{o\text{inverno}} = 4.U.\alpha = 4.1,2.0,2 = 0,96\% \quad (35)$$

Observa-se que ao pintar a envoltória do contêiner superior na cor branca o desempenho desta foi melhor que o do contêiner inferior.

Na Tabela 4 podem ser comparados os resultados dos cálculos para o contêiner em seu estado natural e após as modificações feitas na

envoltória dos contêineres com os valores exigidos pelas normas. Observa-se que, diferentemente da norma NBR 15220-3, a NBR 15575 não avalia o atraso térmico (φ) e o fator calor solar (FS_o). Apesar disso, esta última norma é mais rígida com relação à transmitância térmica (U), determinando valores mínimos, intermediários e superiores para ela e relacionando-a com o coeficiente de absorção solar (α).

Tabela 4- Resultados dos cálculos e exigências normativas

Contêineres com pintura	NBR 15220			NBR 15575						
	U m ² .K/w	φ horas	FS _o % Cont. Térrco	U m ² .K/w	φ horas	FS _o %	U ($\alpha \geq 0,6$) m ² .K/w			
			Cont. Sup.				M	I	S	
Paredes	1,15	1,84	3,40	0,92	$\leq 3,6$	$\leq 4,3$	$\leq 4,0$	$\leq 2,5$	-	-
C. verão	1,07	1,87	3,17	0,86	$\leq 2,0$	$\leq 3,3$	$\leq 6,5$	$\leq 1,5$	$\leq 1,0$	$\leq 0,5$
C. inverno	1,20	1,83	3,55	0,96						

M= mínimo I= intermediário S= superior

Fonte: Autora (2015)

Pode-se verificar que as modificações feitas nos contêineres trouxeram melhorias no desempenho térmico da sua envoltória, satisfazendo as exigências das normas. Observa-se que o contêiner pintado na cor branca foi o que obteve melhores resultados evidenciando a função da cor utilizada na superfície externa. Sendo assim, o estudo de caso mostrou desempenho satisfatório com relação às exigências normativas de desempenho térmico para a zona bioclimática 3.

O terceiro estudo de caso analisado foi a loja denominada *Container Shoes*, mostrado a seguir.

4.3 ESTUDO DE CASO DE PORTÃO-RS

Este estudo de caso está localizado na Avenida Brasil 201, município de Portão, Rio Grande do Sul, como pode ser visto na Figura 138.

Figura 138- Localização do empreendimento na cidade de Portão, RS



Fonte: Autora (2015)

Na edificação, mostrada na Figura 139, foram reutilizados quatro contêineres HC 40' trazidos do porto de Rio Grande. O transporte dos contêineres até a cidade de Portão foi realizado por uma empresa terceirizada de frete e descarregamento que presta serviços para a empresa Vagão Urbano, responsável pelo projeto e construção da loja. As instalações visam o atendimento de clientes interessados na compra de calçados.

Figura 139- Loja *Container Shoes*



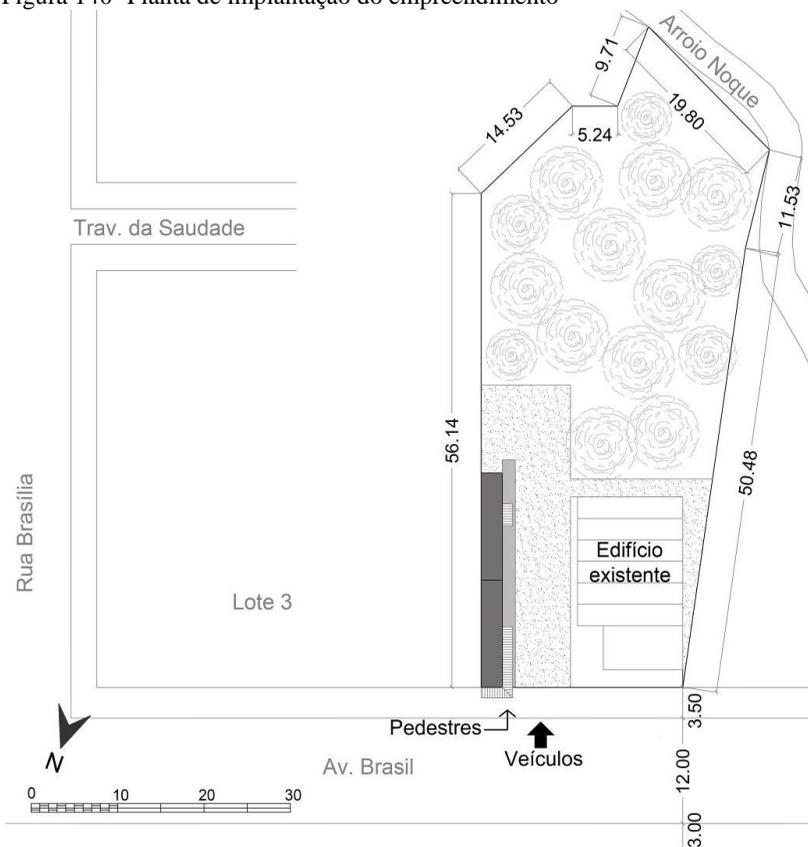
Fonte: Autora (2015)

- Tipo funcional: arquitetura comercial- loja de calçados.
- Localização e ano de execução: Portão- RS, 2014.
- Área do terreno: 1.855,77 m².
- Área construída: 59,50 m² (térreo) e 59,50 m² (pav. superior).
- Projeto de arquitetura: Vagão Urbano – Soluções com containers.

4.3.1 Aspectos projetuais

O projeto teve início em 2014 e durou cerca de três meses até a obra ser concluída. O terreno possui aproximadamente 23 m de largura por 79 m de comprimento e engloba também outra edificação feita com sete contêineres ISO reutilizados. A escolha por este tipo de construção se deve ao seu menor impacto no terreno, pois se trata de uma área de preservação ambiental, sendo proibidas construções permanentes de grande impacto no local. O acesso de pessoas e veículos é feito pela Avenida Brasil, sendo o primeiro realizado por uma calçada e o segundo por uma área coberta com brita, conforme mostra a Figura 140.

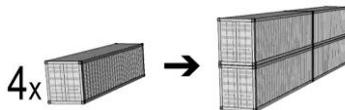
Figura 140- Planta de implantação do empreendimento



Fonte: Autora (2015)

A edificação está composta por dois contêineres no pavimento térreo e dois no pavimento superior, sendo estes apoiados nas extremidades dos contêineres inferiores, conforme mostrado na Figura 141. O acesso ao segundo pavimento é feito por meio de duas escadas localizadas no interior do edifício.

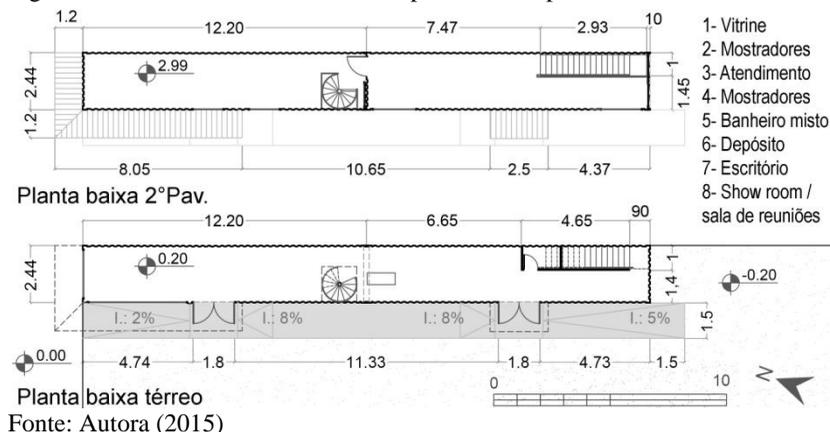
Figura 141- Organização espacial dos quatro contêineres HC 40'



Fonte: Autora (2015)

Os dois contêineres térreos estão destinados à exposição dos calçados da loja e atendimento de clientes, comportando também um banheiro de uso misto com área de 1,65 m² localizado nos fundos deste pavimento. Para fazer a conexão espacial entre os contêineres térreos foram retiradas as suas portas, deixando uma área interna livre de aproximadamente 50 m². O contêiner superior frontal comporta uma sala de reunião (*show room*) com área de 25,44 m² e o contêiner posterior está composto por um escritório com área de 16,7 m² e um depósito com área de 8 m². O acesso ao segundo pavimento é feito por meio de uma escada helicoidal locada no contêiner térreo frontal e por meio de uma escada em lance único situada nos fundos do contêiner térreo posterior. A Figura 142 mostra a configuração das plantas baixas do pavimento térreo e do pavimento superior.

Figura 142- Planta baixa do térreo e do pavimento superior



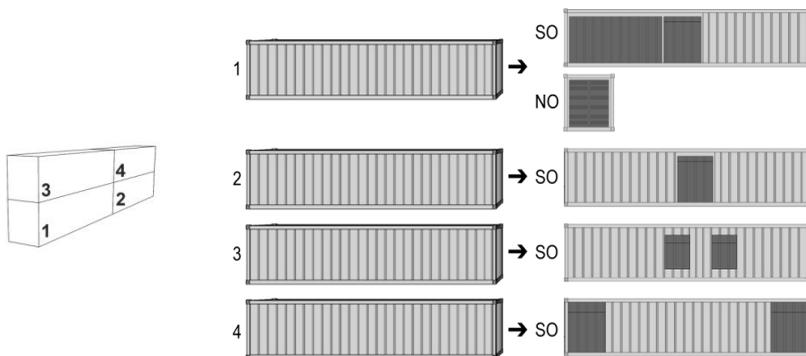
4.3.1.1 Análise morfológica do estudo de caso

O método aplicado neste estudo de caso está embasado nos conceitos e análises morfológicas apresentados por Ching (1995), que tratam das transformações da forma, da definição dos espaços por meio de elementos verticais e aberturas, da organização das formas e dos espaços, da aproximação e acesso ao edifício, da proporção geométrica e da simetria da composição.

a) Transformações formais

No projeto pode-se identificar que os quatro contêineres passaram por transformações formais subtrativas, pois partes das laterais foram removidas para criar aberturas de portas e janelas, como pode ser visto na Figura 143. Os volumes conservaram sua identidade original, uma vez que as partes retiradas não modificaram os vértices e as arestas da estrutura dos contêineres. Além disso, os contêineres inferiores também passaram por transformações formais aditivas, pois foram adicionadas marquises de polipropileno nos acessos e vitrine.

Figura 143- Aberturas dos contêineres 1, 2, 3 e 4 nas fachadas Sudoeste e Noroeste



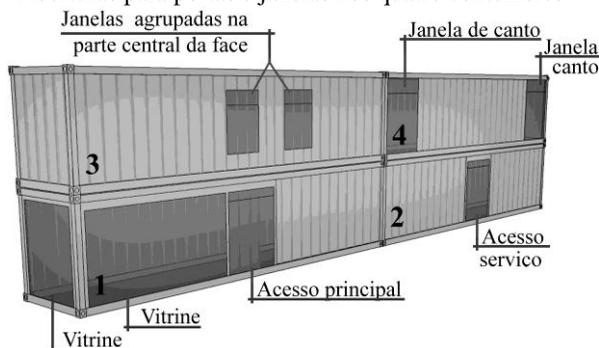
Fonte: Autora (2015)

O conjunto da obra se caracteriza por uma transformação dimensional aditiva com formas agrupadas, pois é resultante da junção de volumes que possuem características visuais comuns estabelecidas pela linguagem e pela volumetria paralelepipedal dos contêineres.

b) Definição dos espaços por meio de elementos verticais e aberturas

Os elementos verticais do conjunto são compostos por quatro planos que definem os espaços confinados, possuindo, no entanto, uma continuidade visual e espacial com os espaços adjacentes por meio das aberturas de portas e janelas, que influenciam na iluminação, na integração visual com o espaço externo e no fluxo de pessoas que utilizam o ambiente interno. Essas aberturas possuem formas retangulares similares aos planos dos volumes paralelepipedais, reforçando a linguagem compositiva do conjunto. Além disso, observa-se uma hierarquia, destacando-se as aberturas do contêiner de número 1, mostrado na Figura 144, devido à suas maiores dimensões. Este contêiner possui aberturas nos planos voltados para Sudoeste e Noroeste, sendo que a fachada Noroeste apresenta uma grande abertura que ocupa a totalidade da superfície e serve como vitrine para os produtos expostos. A Fachada Sudoeste apresenta duas aberturas, sendo que a maior delas está situada na esquina e serve como vitrine e a outra é utilizada para o acesso de pessoas à loja. O contêiner de número 2 possui uma grande abertura vertical no plano voltado para Sudoeste, que serve como acesso de serviço. O contêiner de número 3 possui duas aberturas de mesma dimensão na fachada Sudoeste, estando agrupadas na parte central da fachada. O contêiner de número 4 possui duas grandes aberturas também na fachada Sudoeste localizadas nas extremidades deste plano. A Figura 144 mostra a composição dos quatro contêineres e as respectivas aberturas.

Figura 144- Aberturas para portas e janelas nos quatro contêineres



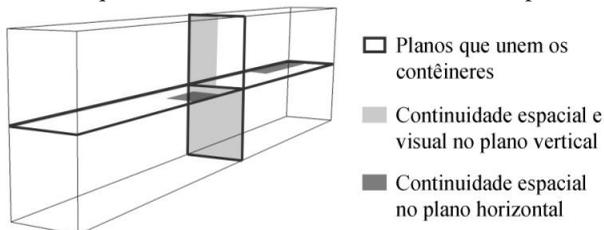
Fonte: Autora (2015)

c) Organização das formas e dos espaços

As relações espaciais neste edifício ocorrem, segundo denominação utilizada por Ching (1995), por espaços contíguos no

sentido vertical e no horizontal, permitindo a identificação clara dos volumes. O grau de continuidade espacial e visual entre os ambientes internos depende das dimensões das aberturas feitas nos contêineres, como ilustra a Figura 145.

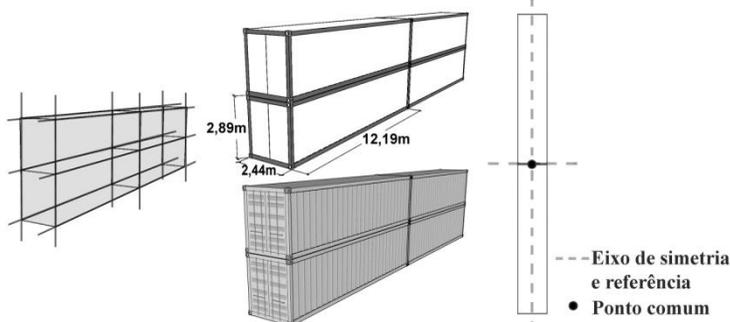
Figura 145- Planos que unem os contêineres e continuidade espacial e visual



Fonte: Autora (2015)

As organizações espaciais ocorrem pelo agrupamento de quatro volumes com características visuais comuns, que estão justapostos e sobrepostos com configuração em trama, conforme ilustra a Figura 146-a. Estas características comuns são a forma e a sua materialização. A forma com geometria paralelepipedal apresenta dimensões iguais nos quatro volumes. A materialização deste projeto é caracterizada pelo uso do metal em todos os elementos do conjunto e pela linguagem específica dos contêineres, que confere à obra uma exterioridade sóbria com caráter industrial, como ilustrado na Figura 146-b. Outro elemento visual que interrelaciona esses volumes é dado pela configuração simétrica bilateral em planta, sendo determinada pelos eixos de referência do conjunto, conforme pode ser observado na Figura 146-c.

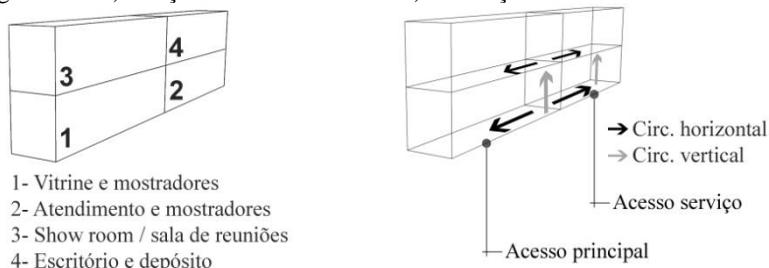
Figura 146- a) Configuração em trama, b) geometria e linguagem compositiva, c) simetria em planta e eixos de referência da composição



Fonte: Autora (2015)

Os contêineres podem apresentar funções específicas de acordo com os usos e tipos de serviço oferecidos. Os contêineres de número 1 e 2, mostrados na Figura 147-a, são utilizados para a exposição de calçados e atendimento de clientes, o contêiner de número 3 é usado para reuniões (*show room*) e o contêiner de número 4 é utilizado como escritório e depósito. Entretanto, os quatro contêineres possuem necessidades em comum, como por exemplo, a iluminação e ventilação natural, uma vez que inicialmente são desprovidos de aberturas. A conexão entre eles é feita por meio de aberturas em sua envoltória, definindo uma circulação horizontal e outra vertical, por meio de duas escadas internas, como ilustra a Figura 147-b.

Figura 147- a) Funções de cada volume e b) circulação horizontal e vertical



Fonte: Autora (2015)

d) Aproximação e acesso ao edifício

A modalidade de aproximação do observador ao edifício se dá de forma oblíqua, o que aumenta o efeito da visão perspectivada da fachada principal. Entretanto, o efeito visual depende do sentido de aproximação do pedestre ao edifício. O observador tem uma visão do conjunto mais expressiva quando se aproxima do edifício no sentido do fluxo 1, devido ao posicionamento dos contêineres na borda do terreno, conforme pode ser observado na Figura 148.

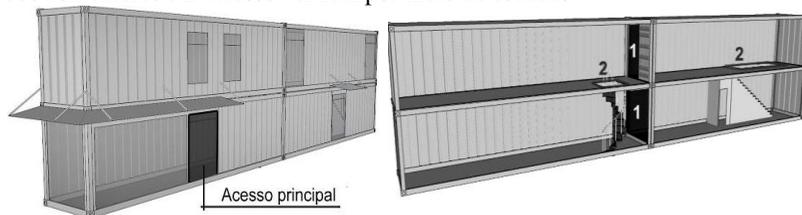
Figura 148- a) Sentidos de aproximação, b) efeito visual 1 e c) efeito visual 2



Fonte: Autora (2015)

No primeiro contato com o edifício, o acesso principal se dá por meio de uma porta de vidro posicionada no contêiner térreo frontal, sendo protegida por uma marquise, como pode ser visto na Figura 149-a. O acesso aos outros contêineres é feito por aberturas nas suas faces verticais e horizontais, mantendo as mesmas características geométricas. O acesso entre contêineres no sentido horizontal é realizado através da abertura das portas que foram retiradas previamente. O acesso no sentido vertical é realizado por duas escadas internas, como pode ser visto na Figura 149-b.

Figura 149- a) Acesso principal, b) 1: acesso horizontal pela retiradas das portas dos contêineres e 2: acesso vertical por meio de escadas

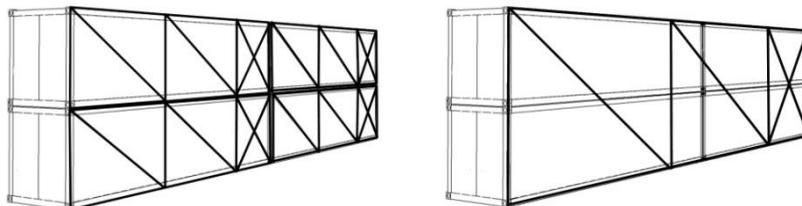


Fonte: Autora (2015)

e) Proporção geométrica

A forma paralelepipedal dos contêineres confere um caráter rígido ao conjunto, onde o comprimento dos contêineres predomina sobre a largura. A proporção entre os volumes cria uma sistematização do conjunto, estabelecendo relações visuais entre as partes do edifício e entre estas e o todo. Nas faces laterais dos contêineres pode ser identificada a proporção áurea, sendo cada face dos contêineres composta por dois retângulos áureos e um quadrado e o conjunto do edifício composto por um retângulo áureo e um quadrado, conforme sinalizado na Figura 150.

Figura 150- Proporção áurea nas faces laterais dos volumes

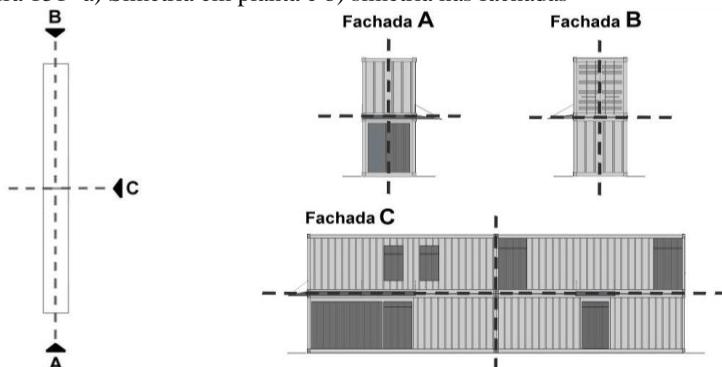


Fonte: Autora (2015)

f) Simetria da composição

A simetria da composição pode ser observada tanto na planta baixa como nas fachadas, sendo esta bilateral em ambos os casos, como mostrado na Figura 151.

Figura 151- a) Simetria em planta e b) simetria nas fachadas



Fonte: Autora (2015)

4.3.2 Aspectos construtivos

A utilização dos contêineres na construção exige o estabelecimento de uma logística de implantação e manuseio. Apesar de não implicar em grande impacto no preparo do terreno pressupõe-se que as movimentações do terreno e preparo das fundações já se encontrem pré-dispostas no local.

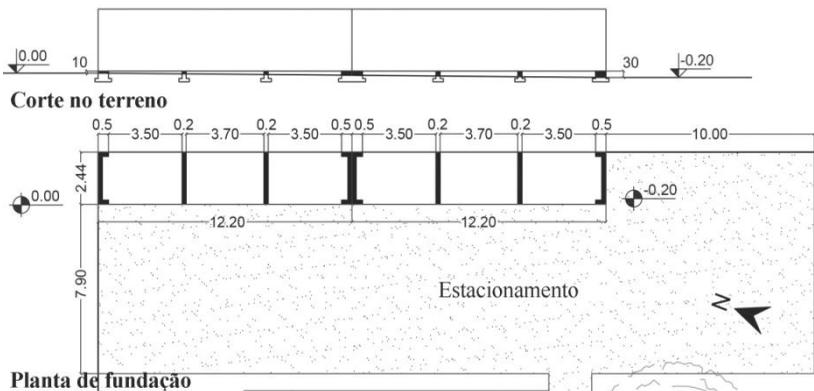
a) Movimentação de terra

O local de implantação possui uma área de 1.855,77 m², com aproximadamente 23 m de largura por 79 m de comprimento. Não houve necessidade de movimentação de terra, pois o terreno era relativamente plano.

b) Fundações

A fundação do edifício foi feita com quatro sapatas corridas de concreto para cada contêiner térreo. Duas destas sapatas configuram um “U” e estão posicionadas nas extremidades dos contêineres, com dimensões de 3,44 m por 0,20 m. As outras duas intermediárias possuem dimensões de 2,44 m por 0,20 m. O projeto de fundação e a preparação do terreno para a execução das sapatas podem ser vistos nas Figuras 152 e 153.

Figura 152- Corte no terreno e planta de fundação



Fonte: Autora (2015)

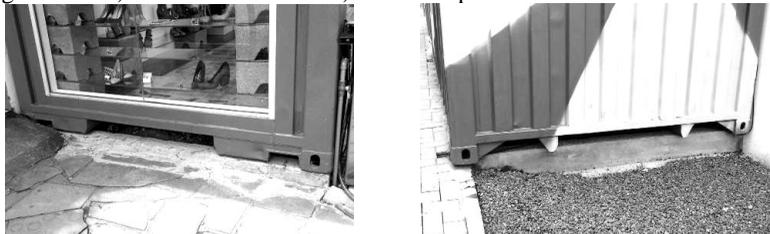
Figura 153- a) e b) Preparação do terreno para a execução das sapatas



Fonte: Autora (2015)

Os contêineres foram elevados 10 cm do solo na parte frontal do terreno e 30 cm na parte posterior devido ao desnível existente no local, sendo colocada embaixo uma camada de brita, conforme pode ser visto na Figura 154.

Figura 154- a) Contêiner frontal e b) contêiner posterior



Fonte: Autora (2015)

c) Transporte e manipulação dos contêineres

O transporte dos contêineres foi feito por meio de um caminhão convencional, com doze metros de comprimento e para a movimentação foram utilizados dois caminhões tipo *Munck*. Esta etapa foi realizada durante a noite com início às 20 h e término às 3 h, pois a área necessária para manobrar o caminhão exigia autorização da prefeitura para acessar o terreno pela rua na contramão, sendo necessário parar o trânsito durante o processo de transporte dos contêineres. A Figura 155 ilustra este processo.

Figura 155- a) Posicionamento de um contêiner no caminhão e b) transporte do contêiner até o terreno



Fonte: Vagão urbano (2014)

d) Montagem dos contêineres

O primeiro contêiner a ser transportado para o terreno foi o contêiner térreo frontal, sendo posicionado em cima das sapatas para alinhá-lo com a edificação ao lado. Posteriormente foi posicionado o contêiner térreo posterior, o contêiner superior posterior e por último o contêiner superior frontal, conforme ilustra a Figura 156.

Figura 156- a) Montagem do contêiner térreo frontal e b) quatro contêineres montados no terreno



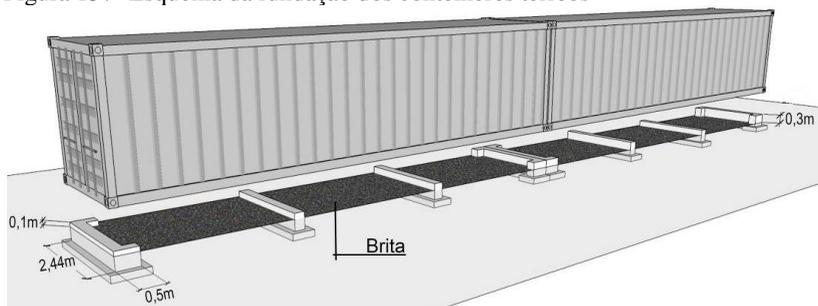
Fonte: Vagão urbano (2014)

e) Ligações

Ligações entre a fundação e os contêineres

Cada contêiner térreo foi apoiado em quatro sapatas corridas, sem receber nenhuma fixação na base, sendo elevados 10 cm do solo na parte frontal do terreno e 30 cm na parte posterior devido ao desnível existente no terreno. O modelo esquemático do apoio dos contêineres térreos nas sapatas pode ser visto na Figura 157.

Figura 157- Esquema da fundação dos contêineres térreos



Fonte: Autora (2015)

Como pode ser observado na Figura 158-a, não existe elemento de fixação das cantoneiras nas sapatas, o que deixa o conjunto mais vulnerável à ação de ventos intensos. A Figura 158-b ilustra a calçada com rampa feita para dar acesso ao interior da loja.

Figura 158- a) Contêiner apoiado na sapata corrida, b) Rampa para acesso ao interior da loja



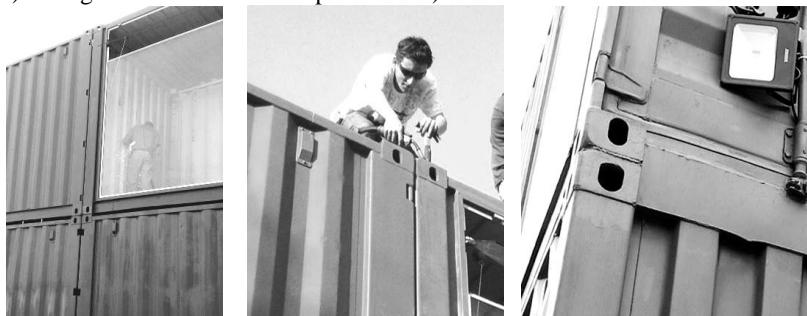
Fonte: Autora (2015)

Ligações entre os contêineres

Os contêineres superiores foram apoiados nos contêineres térreos, sendo feitos alguns pontos de solda na área de contato entre eles. A soldagem foi realizada no terreno após a montagem dos contêineres e o

equipamento utilizado foi içado pelo caminhão tipo *Munck*. As cantoneiras dos contêineres superiores foram apoiadas exatamente em cima das cantoneiras dos contêineres inferiores, seguindo as normas de empilhamento de contêineres para evitar deformações excessivas na sua estrutura, como pode ser visto na Figura 159.

Figura 159- a) Cantoneiras dos contêineres superiores apoiadas nos inferiores, b) soldagem dos contêineres superiores e c) solda feita nas cantoneiras

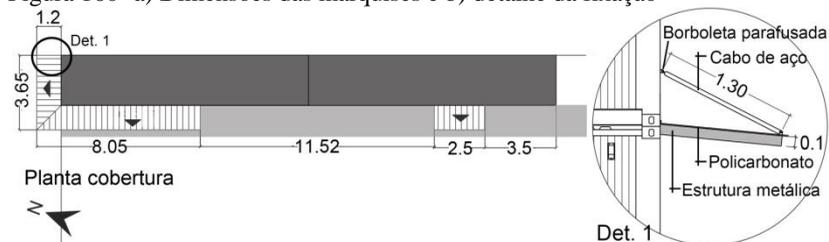


Fonte: Vagão urbano (2014)

Ligações entre os contêineres e a marquise

Para proteger das intempéries as portas de acesso e as vitrines dos contêineres térreos foram instaladas marquises de 1,20 m de largura, cujas dimensões e posicionamento podem ser vistas na Figura 160. Essas marquises foram feitas com estrutura metálica soldada nos contêineres térreos e cobertura de policarbonato, conforme ilustram as Figuras 161-a e b. As marquises estão sustentadas por cabos de aço unidos aos elementos de fixação tipo borboleta, que estão aparafusados nos contêineres superiores, como pode ser visto na Figura 161-c.

Figura 160- a) Dimensões das marquises e b) detalhe da fixação



Fonte: Autora (2015)

Figura 161- a) Marquises instaladas na porta do contêiner, b) estrutura metálica da marquise soldada no contêiner e c) cabo de aço que sustenta a marquise

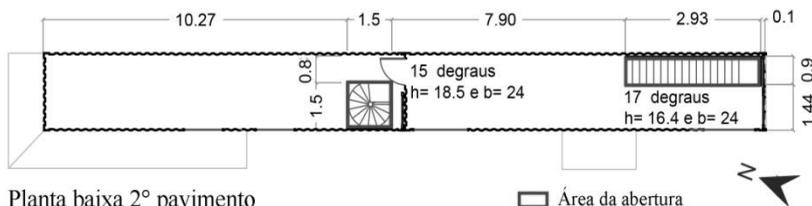


Fonte: Autora (2015)

Ligações entre o contêiner superior e as escadas

O acesso ao segundo pavimento é feito por meio de uma escada metálica helicoidal preta com piso em chapa xadrez localizada no contêiner térreo frontal e por meio de uma escada metálica em lance único de cor preta, com piso em chapa xadrez situada nos fundos do outro contêiner, conforme pode ser visto na Figura 162.

Figura 162- Posição das escadas e dimensões das aberturas



Fonte: Autora (2015)

As aberturas na cobertura dos contêineres térreos e no piso dos contêineres superiores foram realizadas antes da chegada dos contêineres no terreno de implantação. A chapa de compensado naval foi cortada com esmerilhadeira e a estrutura metálica com máquina de corte a plasma, conforme ilustra a Figura 163.

Figura 163- a) Abertura para instalação da escada reta b) esmerilhadeira



Fonte: Vagão Urbano (2014) e Autora (2015)

As duas escadas foram instaladas após a montagem dos contêineres no terreno e instalação do isolamento térmico e revestimento interno. A escada helicoidal foi soldada e aparafusada no piso do contêiner térreo e do contêiner superior por meio de uma peça de encaixe feita sob medida, posicionada no último degrau. A escada em lance único foi soldada em pontos de contato com a vedação lateral do contêiner térreo e no piso deste contêiner e do superior por meio de uma peça de encaixe feita sob medida, posicionada no último degrau. A Figura 164 ilustra estas duas escadas instaladas.

Figura 164- a) Escada helicoidal, b) escada reta e c) corrimão da escada reta fixado no contêiner superior

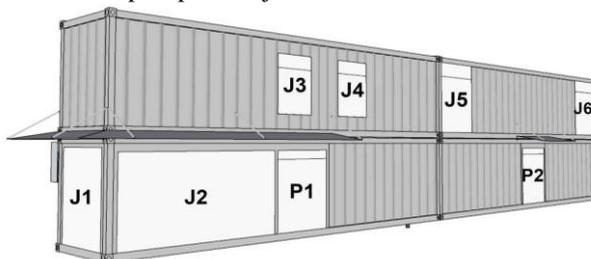


Fonte: Vagão Urbano (2014)

f) Aberturas

As aberturas para portas e janelas foram recortadas nas paredes laterais dos contêineres e estruturadas antes dos mesmos serem transportados ao local de implantação. Estas aberturas foram feitas com a utilização de uma máquina de corte a plasma e lixadas com esmerilhadeira, sendo que as partes retiradas não foram reutilizadas. A instalação das esquadrias foi feita in loco. A Figura 165 mostra as aberturas e o Quadro 8 as dimensões de portas e janelas.

Figura 165- Aberturas para portas e janelas nos contêineres



Fonte: Autora (2015)

Quadro 8- Dimensões das portas e janelas dos contêineres

Tipo		Descrição	Dimensões	
			L x h	Peitoril
Porta	P1	Portas de abrir com eixo vertical metálicas com duas folhas móveis de vidro de 0,9 m por 2,1 m e 1 folha superior pivotante de vidro com 1,8 m por 0,25 m.	1,80 x 2,35	-
	J1	Janela metálica com uma folha de vidro fixa.	2,00 x 2,40	-
Janelas	J2	Janela metálica com uma folha de vidro fixa.	4,60 x 2,35	-
	J3 e J4	Janelas metálicas com uma folha inferior fixa de vidro de 1,2 m por 1,2 m e uma folha superior pivotante de vidro de 1,2 m por 0,4 m.	1,20 x 1,60	0,60
	J5 e J6	Janelas metálicas com uma folha inferior fixa de vidro de 1,8 m por 2 m e uma folha superior pivotante de vidro de 1,8 m por 0,5 m.	1,80 x 2,50	-

Fonte: Autora (2015)

A Figura 166-a ilustra um contêiner após terem sido feitos os recortes de duas aberturas para janelas. A Figura 166-b mostra a estrutura de uma dessas aberturas sendo lixada com a esmerilhadeira.

Figura 166- a) Aberturas do contêiner superior frontal e b) estrutura da abertura sendo lixada



Fonte: Vagão Urbano (2014)

Posteriormente os contêineres foram pintados e transportados para o terreno de implantação, como pode ser visto na Figura 167-a. Após isso, foram instaladas as esquadrias metálicas das portas e janelas com folhas de vidro, sendo pintadas de branco, como ilustra a Figura 167-b. Na parte interna das janelas foram instaladas persianas verticais brancas de PVC.

Figura 167- a) Contêineres montados no terreno e b) esquadrias metálicas instaladas nas aberturas com folhas de vidro

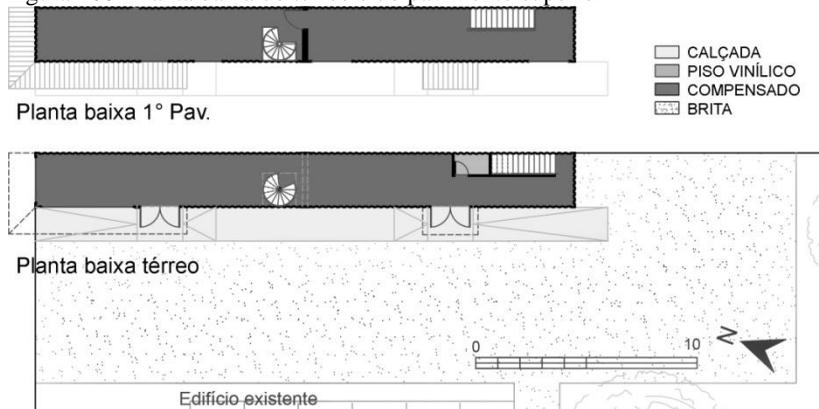


Fonte: Vagão Urbano (2014)

g) Materiais de revestimento dos pisos

Nas áreas internas dos contêineres foi mantido o piso original de compensado naval com espessura de 18 mm, sendo apenas lixado e envernizado, com exceção do banheiro, onde foi aplicado um piso vinílico. Externamente foi feita uma calçada com rampa de 1,50 m de largura para acesso ao interior da loja. Na área restante foi colocada brita, servindo para o estacionamento dos veículos. A Figura 168 apresenta a planta baixa do térreo e do pavimento superior, sinalizando os materiais utilizados para os pisos.

Figura 168- Planta baixa do térreo e do pavimento superior



Fonte: Autora (2015)

O piso de compensado naval e o piso vinílico podem ser vistos na Figura 169.

Figura 169- a) Piso de compensado naval, b) piso vinílico no BWC



Fonte: Autora (2015)

h) Materiais de revestimento nas laterais e divisórias internas

Nas faces laterais internas dos contêineres foi feita uma estrutura em *steel frame* revestida com chapa tipo MDF com espessura de 12 mm, sendo colocado um isolamento térmico de lã de polipropileno com espessura de 40 mm. Posteriormente elas foram pintadas com tinta acrílica na cor branca. As divisórias internas correspondentes às vedações do banheiro foram feitas com estrutura de *steel frame* e revestimento com chapa tipo MDF pintadas com hidrofugante com espessura de 15 mm. As outras divisórias internas foram feitas também com estrutura de *steel frame* revestida com chapa tipo MDF com

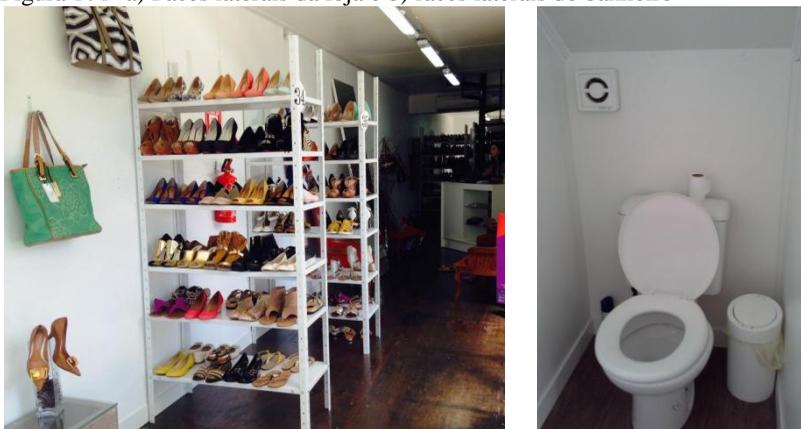
espessura de 12 mm sem receber camada de isolamento térmico. As instalações foram embutidas nas vedações internas. As Figuras 170 e 171 mostram o isolamento do teto e das laterais internas do edifício, a estrutura de *steel frame* e o revestimento interno.

Figura 170- a) Instalação do steel frame e do isolamento térmico e b) faces internas revestidas com o MDF



Fonte: Vagão Urbano (2014)

Figura 171- a) Faces laterais da loja e b) faces laterais do banheiro



Fonte: Vagão Urbano (2014)

Externamente as laterais foram lixadas e pintadas com esmalte sintético de secagem rápida na cor rosa médio antes dos contêineres terem sido levados para o local de implantação, que posteriormente receberam pintura tipo grafite, como ilustram as Figuras 172-a e b.

Figura 172- a) contêineres pintados posicionados no terreno e b) contêineres após finalizada a pintura tipo grafite

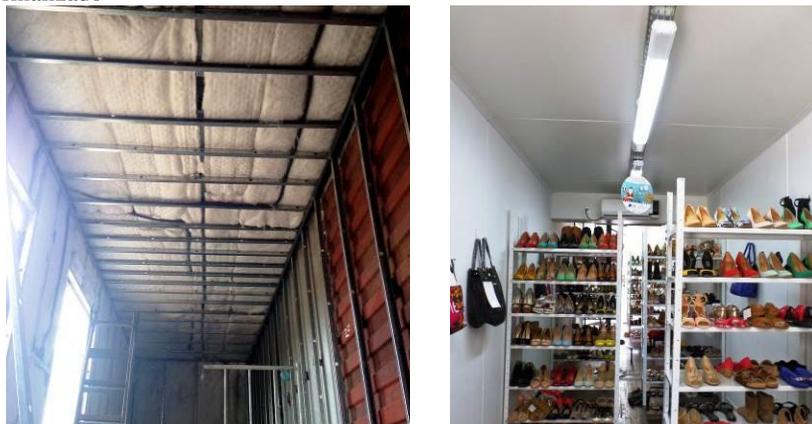


Fonte: Vagão Urbano (2014)

i) Materiais de revestimento das coberturas

Na cobertura dos contêineres foi feita uma estrutura em *steel frame* revestida com chapa tipo MDF com espessura de 15 mm, sendo colocada uma camada de lã de polipropileno com espessura de 40 mm apenas nos contêineres superiores. Logo após elas foram pintadas com tinta acrílica na cor branca, conforme pode ser visto na Figura 173.

Figura 173- a) Steel frame e isolamento térmico de lã de polipropileno e b) teto finalizado



Fonte: Vagão Urbano (2014)

As instalações elétricas não foram embutidas na cobertura, sendo utilizadas eletrocalhas para a fiação e instalação das luminárias, como pode ser visto na Figura 174.

Figura 174-a) e b) Eletrocalha utilizada para a fiação elétrica e luminárias



Fonte: Autora (2015)

Externamente as coberturas dos contêineres superiores foram lixadas e pintadas com esmalte sintético de secagem rápida na cor rosa médio.

j) Adequações e complementações

Para melhorar o conforto térmico no interior dos contêineres foram instalados quatro aparelhos de ar-condicionado, um em cada ambiente, como mostrado na Figura 175.

Figura 175- a) Aparelho de ar-condicionado instalado no pavimento inferior e b) aparelho instalado no escritório do contêiner superior



Fonte: Autora (2015)

Segundo os projetistas é mais rápido e fácil de executar esta obra do que as convencionais, além disso, esse tipo de construção possibilita maior mobilidade e flexibilidade construtiva. Neste projeto o uso de contêineres também se justifica devido à existência no local de um restaurante feito com contêineres e pertencente aos mesmos donos da loja de calçados. Além disso, a escolha por este tipo de construção se deve ao fato de que o edifício está locado em uma área de preservação ambiental onde não podem ser realizadas construções permanentes e de grande impacto no terreno.

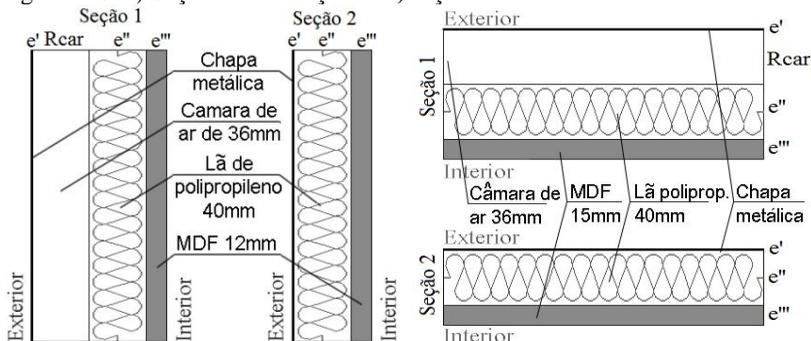
4.3.3 Avaliação de desempenho térmico

Para a avaliação do desempenho térmico da envoltória foi aplicado o método simplificado de cálculo que determina a transmitância térmica (U), o atraso térmico (ϕ) e o fator calor solar (FS_o), estabelecidos pela Norma de Desempenho Térmico de Edificações NBR 15220-2 (2005). Posteriormente foi feita uma análise comparativa entre os resultados obtidos nos cálculos e as exigências da NBR 15220-3 (2005) e da NBR 15575 (2013), considerando as condições climáticas do município de Portão, que está situado na Zona Bioclimática 3. Segundo a NBR 15220-3 (2005) as paredes do contêiner para esta zona devem ser leves e refletoras e a cobertura deve ser leve e isolada.

Como as vedações originais dos contêineres possuem reentrâncias, para o cálculo do desempenho térmico com os revestimentos utilizados foram considerados dois tipos de seções, um contendo uma câmara de ar de 3,60 cm e o outro sem câmara de ar.

A seguir foram feitos os cálculos do desempenho térmico das paredes e das coberturas da edificação deste estudo de caso com base nos materiais utilizados. Segundo a empresa Vagão Urbano, foi utilizado internamente um revestimento com chapa tipo MDF com espessura de 12 mm nas vedações e 15 mm na cobertura e uma camada de isolamento térmico de lã de polipropileno com espessura de 40 mm. Externamente os contêineres foram pintados com esmalte sintético de secagem rápida na cor rosa médio. Na Figura 176-a e b são apresentadas as seções com e sem câmara das vedações e coberturas.

Figura 176- a) Seções das vedações e b) seções das coberturas



Fonte: Autora (2015)

Para o cálculo da transmitância térmica (U) considerou-se a condutividade térmica (λ) do MDF equivalente a 0,129 W/m.K, conforme a NBR 15220-2 (2005), e a condutividade térmica (λ) da lã de polipropileno equivalente a 0,022 W/m.K, conforme a Ebios (2014). A transmitância térmica (U) das vedações pode ser calculada por meio da equação 36:

$$U = 1/RT \quad (36), \text{ onde:}$$

$RT = R_{si} + R_t + R_{se}$, $R_t = A1 + A2/(A1/R1 + A2/R2)$, $R1 = e'/\lambda + R_{car} + e''/\lambda + e'''/\lambda$, $R2 = e'/\lambda + e''/\lambda + e'''/\lambda$.

Deste modo tem-se: $R1 = 2,07 \text{ m}^2.\text{K}/\text{w}$, $R2 = 1,91 \text{ m}^2.\text{K}/\text{w}$, $R_t = 2,03 \text{ m}^2.\text{K}/\text{w}$ e $RT = 2,20 \text{ m}^2.\text{K}/\text{w}$, sendo a transmitância térmica (U) calculado pela equação 37.

$$U = 1/2,20 = 0,45 \text{ W}/\text{m}^2.\text{K} \quad (37)$$

Segundo a NBR 15220 (2005), a parede da edificação na Zona Climática 3 deve ser leve e refletora, com a transmitância térmica (U) menor que $3,6 \text{ W}/\text{m}^2.\text{K}$. A parede deste estudo de caso possui $U = 0,45 \text{ W}/\text{m}^2.\text{K}$ satisfazendo o critério exigido. Na cobertura foram considerados os mesmos materiais utilizados nas vedações verticais, com 15 mm de espessura de MDF e 40 mm de espessura de lã de polipropileno, conforme pode ser visto na Figura 176-b.

A transmitância térmica (U) da cobertura no verão pode ser calculada por meio da equação 38:

$$U_{\text{verão}} = 1/RT_{\text{verão}} \quad (38), \text{ onde:}$$

$RT_{\text{verão}} = R_{si} + R_t + R_{se}$, $R_{t_{\text{verão}}} = A1 + A2/(A1/R1 + A2/R2)$, $R1_{\text{verão}} = e'/\lambda + R_{car} + e''/\lambda + e'''/\lambda$, $R2 = e'/\lambda + e''/\lambda + e'''/\lambda$.

Deste modo tem-se: $R1_{\text{verão}} = 2,11 \text{ m}^2.\text{K}/\text{w}$, $R2 = 1,93 \text{ m}^2.\text{K}/\text{w}$, $R_{t_{\text{verão}}} = 2,07 \text{ m}^2.\text{K}/\text{w}$ e $RT = 2,28 \text{ m}^2.\text{K}/\text{w}$, sendo a transmitância térmica (U) calculado pela equação 39.

$$U_{\text{verão}} = 1/2,28 = 0,44 \text{ W}/\text{m}^2.\text{K} \quad (39)$$

A transmitância térmica (U) da cobertura no inverno pode ser calculada por meio da equação 40:

$$U_{\text{inverno}} = 1/RT_{\text{inverno}} \quad (40), \text{ onde:}$$

$RT_{\text{inverno}} = R_{si} + R_t + R_{se}$, $R_{t_{\text{inverno}}} = A1 + A2/(A1/R1 + A2/R2)$, $R1_{\text{inverno}} = e'/\lambda + R_{car} + e''/\lambda + e'''/\lambda$, $R2 = e'/\lambda + e''/\lambda + e'''/\lambda$.

Deste modo tem-se: $R1_{\text{inverno}} = 2,07 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{w}$, $R2 = 1,93 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{w}$, $Rt_{\text{inverno}} = 2,03 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{w}$ e $Rt = 2,17 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{w}$, sendo a transmitância térmica (U) calculado pela equação 41.

$$U_{\text{inverno}} = 1/2,17 = 0,46 \text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K} \quad (41)$$

De modo similar, a NBR 15220 (2005) define que a cobertura na Zona climática 3 deve ser leve e isolada, com a transmitância térmica (U) menor que $2,0 \text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$. A cobertura adotada possui transmitância térmica na condição de verão $U_{\text{verão}} = 0,44 \text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ e na condição de inverno $U_{\text{inverno}} = 0,46 \text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$, satisfazendo assim os critérios exigidos.

Outro fator que determina o desempenho térmico das paredes e da cobertura é o atraso térmico (ϕ). No caso da envoltória ser heterogênea o atraso térmico pode ser calculado pela equação 42:

$$\phi = 1,38 \cdot Rt \cdot \sqrt{B1+B2} \quad (42), \text{ onde:}$$

$B0 = CT - C_{\text{Text}}$, $B1 = 0,226 \cdot B0/Rt$, $B2 = 0,205 [(\lambda \cdot \rho \cdot c)_{\text{ext}} / Rt] \cdot [R_{\text{ext}} - (Rt - R_{\text{ext}}/10)]$.

Na parede do estudo de caso, a resistência da camada externa do contêiner é muito pequena, por ser de aço, fazendo com que o B2 seja negativo. Segundo a norma, B2 deve ser então considerada igual a zero. Deste modo tem-se: $B0 = 16,23$ e $B1 = 1,81$, sendo o atraso térmico (ϕ) calculado pela equação 43.

$$\phi = 1,38 \cdot 2,03 \cdot \sqrt{1,81} = 3,77 \text{ h} \quad (43)$$

Este valor se mostra satisfatório por ser inferior ao limite estabelecido pela norma para a zona bioclimática 3, que deve ser menor ou igual a 4,3 h. Na cobertura do contêiner, cuja camada externa também é de aço tem-se B2 negativo, sendo também considerado igual a zero. Para o cálculo do atraso térmico da cobertura no verão tem-se: $B0 = 20,02$ e $B1_{\text{verão}} = 2,19$, sendo o atraso térmico (ϕ) calculado pela equação 44.

$$\phi_{\text{verão}} = 1,38 \cdot 2,07 \cdot \sqrt{2,19} = 4,20 \text{ h} \quad (44)$$

Para o cálculo do atraso térmico da cobertura no inverno tem-se: $B0 = 20,02$ e $B1_{\text{inverno}} = 2,23$, sendo o atraso térmico (ϕ) calculado pela equação 45:

$$\phi_{\text{inverno}} = 1,38 \cdot 2,03 \cdot \sqrt{2,23} = 4,17 \text{ h} \quad (45)$$

Observa-se que os valores obtidos para a cobertura no verão e no inverno não satisfazem as exigências normativas para esta zona bioclimáticas, pois deveriam ser igual ou inferiores a 3,3 h. O último

questo necessário para determinar o desempenho térmico é o fator calor solar (FS_o), que pode ser calculado por meio da equação 46:

$$FS_o = 100.U.\alpha.Rse = 100.U. \alpha.0,04 = 4.U.\alpha \quad (46)$$

Para calcular o fator calor solar (FS_o) das vedações e cobertura dos quatro contêineres considerou-se o coeficiente de absorção solar (α) para o contêiner pintado na cor rosa médio, equivalente a 0,7, conforme Dornelles (2008). O fator calor solar (FS_o) das vedações pode ser então determinado pela equação 47.

$$FS_o = 4.U.\alpha = 4.0,45.0,7 = 1,26 \% \quad (47)$$

De modo similar, pode-se calcular o fator calor solar (FS_o) para a cobertura, conforme a equação 48 na situação de verão e a 49 na situação de inverno.

$$FS_{o\text{verão}} = 4.U.\alpha = 4.0,44.0,7 = 1,23 \% \quad (48)$$

$$FS_{o\text{inverno}} = 4.U.\alpha = 4.0,46.0,7 = 1,29 \% \quad (49)$$

A referida norma estabelece que nesta zona bioclimática o fator calor solar (FS_o) seja menor ou igual a 4 % para as vedações e menor ou igual a 6,5 % para a cobertura. Observa-se que neste aspecto, a pintura rosa médio aplicada nas vedações e coberturas dos contêineres foi eficaz, satisfazendo as exigências normativas.

Na Tabela 5 podem ser comparados os resultados dos cálculos para o contêiner em seu estado natural e após as modificações feitas na envoltória dos contêineres com os valores exigidos pelas normas. Observa-se que, diferentemente da norma NBR 15220-3, a NBR 15575 não avalia o atraso térmico (ϕ) e o fator calor solar (FS_o). Apesar disso, esta última norma é mais rigorosa com relação à transmitância térmica (U), determinando valores mínimos, intermediários e superiores para ela e relacionando-a com o coeficiente de absorção solar (α).

Tabela 5- Resultados dos cálculos e exigências normativas

Contêineres com pintura	NBR 15220			NBR 15575					
	U m ² .K/w	ϕ horas	FS_o %	U m ² .K/w	ϕ horas	FS_o %	U ($\alpha \geq 0,6$) m ² .K/w		
							M	I	S
Paredes	0,45	3,77	1,26	$\leq 3,6$	$\leq 4,3$	$\leq 4,0$	$\leq 2,5$	-	-
C. verão	0,44	4,20	1,23	$\leq 2,0$	$\leq 3,3$	$\leq 6,5$	$\leq 1,5$	$\leq 1,0$	$\leq 0,5$
C. inverno	0,46	4,17	1,29						

M= mínimo I= intermediário S= superior

Fonte: Autora (2015)

Pode-se observar que as modificações feitas nos contêineres trouxeram melhorias no desempenho térmico da sua envoltória, satisfazendo as exigências das normas em praticamente todos os quesitos. Entretanto, os resultados obtidos nos cálculos do atraso térmico para a cobertura são superiores ao limite estabelecido pela norma, evidenciando a necessidade de se buscar alternativas. Uma possível solução seria a utilização de um isolante térmico com menos espessura. Apesar disso, o edifício deste estudo de caso mostrou-se eficiente com relação às exigências normativas de desempenho térmico para a zona bioclimática três.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os itens a seguir apresentam as análises comparativas dos resultados obtidos nos estudos de caso, referentes às características técnicas e aos aspectos projetuais, construtivos e de desempenho térmico, sendo aplicado o mesmo método nas três obras avaliadas. Desta forma é possível verificar as variantes introduzidas em cada projeto e processo construtivo, possibilitando uma visão sistêmica dos resultados. Observa-se que estes resultados são de caráter indicativo, mostrando algumas tendências de usos dos contêineres no sul do Brasil.

5.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS ESTUDOS DE CASO

Neste item são apresentadas as características técnicas relativas aos três estudos de caso, conforme pode ser visto no Quadro 9, e uma análise comparativa dos resultados obtidos em cada uma dessas obras.

Quadro 9- Quadro com as características técnicas dos estudos de caso

	Estudo de caso 1	Estudo de caso 2	Estudo de caso 3
Local / ano	Londrina, PR / 2013	Palhoça, SC / 2012	Portão, RS / 2014
Nº de contêiner	3 <i>High Cube</i> 40'	2 <i>High Cube</i> 40'	4 <i>High Cube</i> 40'
Uso / nº de pav.	Lava rápido / 2	Escritório / 2	Loja / 2
Área construída	Térreo: 163,5 m ² 1º pav: 29,75 m ² Total: 193,25 m ²	Térreo: 55,35 m ² 1º pav: 29,75 m ² Total: 85,1 m ²	Térreo: 59,5 m ² 1º pav: 59,5 m ² Total: 119 m ²
Área do terreno	688 m ² : 15 x 45 m	600 m ² : 17 x 35 m	1.855 m ² : 23x79 m
Tempo execução	4 meses	6 meses	3 meses

Fonte: Autora (2015)

Neste quadro pode-se verificar que os três estudos de caso utilizaram o contêiner *High Cube* 40', que apresenta trinta centímetros a mais em sua altura comparado com o contêiner ISO 40', evidenciando assim a relevância deste parâmetro dimensional (pé direito) na escolha do tipo adotado no projeto. O número de contêineres utilizados nas edificações é similar, estando distribuídos em dois pavimentos nos três casos. Observa-se que o estudo de caso que utiliza um maior número de contêineres não é o que apresenta maior área construída, pois neste caso sua área construída limita-se ao espaço interno dos contêineres. De outra parte, no estudo de caso 1 a área construída está composta também por

uma área térrea criada pelas coberturas metálicas adicionadas na edificação. Nos três estudos de caso a área do terreno é superior à área construída, possibilitando espaço para estacionamento, o que se mostra necessário em edificações comerciais. O terreno de estudo de caso 3 é o que apresenta maiores dimensões, possuindo, no entanto, menor área livre devido à existência de outra edificação no local e de uma área de preservação ambiental que não pode ser utilizada. O tempo de execução destas obras se limita a poucos meses, evidenciando a rapidez deste tipo de construção quando comparado com uma construção convencional.

5.2 RESULTADOS DOS ASPECTOS PROJETUAIS DOS ESTUDOS DE CASO

Neste item são apresentados os aspectos projetuais dos três estudos de caso, conforme pode ser visto no Quadro 10, e uma análise comparativa dos resultados obtidos em cada uma dessas obras. O método aplicado neste aspecto está embasado nos conceitos e análises morfológicas apresentados por Ching (1995). Os itens avaliados foram: a) Transformações da forma, b) elementos verticais e aberturas, c) organização das formas e espaços, d) aproximação e acessos ao edifício, e) proporção geométrica e f) simetria da composição.

Quadro 10- Quadro dos aspectos projetuais dos estudos de caso

Continua

	Estudo de caso 1	Estudo de caso 2	Estudo de caso 3
a)	Subtrativa (aberturas) e aditiva (cobertura).	Subtrativa (aberturas) e aditiva (deck de madeira).	Subtrativa (aberturas) e aditiva (marquise).
b)	Quatro planos com aberturas retangulares e destaque para as de maiores dimensões.	Quatro planos com aberturas circular e retangulares e destaque para as de maiores dimensões.	Quatro planos com aberturas retangulares e destaque para as de maiores dimensões.
c)	Os contêineres estão vinculados por áreas de transição, onde é feito o acesso e a distribuição de fluxos. Cada contêiner possui uma função. A circulação é feita por escada externa.	Os contêineres estão vinculados a partir de espaço intermediador de vidro por onde é feito o acesso e a distribuição de fluxos. Cada contêiner possui uma função específica. A circulação vertical é feita por uma escada interna.	Os contêineres estão vinculados a partir de espaços contíguos com configuração em trama. Cada contêiner possui uma função específica. A circulação vertical é feita por duas escadas interna.

Fonte: Autora (2015)

Quadro 10- Quadro dos aspectos projetuais dos estudos de caso

Conclusão

	Estudo de caso 1	Estudo de caso 2	Estudo de caso 3
d)	Aproximação oblíqua mais expressiva para quem se aproxima pelo lado esquerdo do edifício. Posteriormente através de pórtico metálico e por aberturas nas faces dos contêineres e escada.	Aproximação oblíqua mais expressiva para quem se aproxima pelo lado esquerdo do edifício. Posteriormente através de porta na área envidraçada e por aberturas nas faces dos contêineres e escada.	Aproximação oblíqua mais expressiva para quem se aproxima pelo lado esquerdo do edifício. Posteriormente através de abertura no contêiner térreo frontal e por aberturas nas faces dos contêineres e escadas.
e)	Apresenta dois retângulos áureos e um quadrado em cada face longitudinal dos contêineres.	Apresenta dois retângulos áureos e um quadrado em cada face longitudinal dos contêineres e um retângulo áureo na face longitudinal do volume de vidro.	Apresenta dois retângulos áureos e um quadrado em cada face longitudinal dos contêineres e o mesmo no conjunto.
f)	Apresenta 1 eixo diagonal na P.B. e fachadas com simetria axial e biaxial.	Apresenta 1 eixo diagonal na P.B. e fachadas com simetria biaxial e sem eixo de simetria	Apresenta simetria biaxial na P.B. e fachadas também com simetria biaxial.

Fonte: Autora (2015)

Neste quadro é possível verificar que nos três estudos de caso foi necessário realizar aberturas nos contêineres para portas e janelas, caracterizando-os por uma transformação formal subtrativa, pois inicialmente eles são desprovidos de aberturas. Além disso, nas três edificações foram adicionados elementos aos contêineres, evidenciando as diversas possibilidades de composição neste tipo de construção. Observa-se que quase todas as aberturas possuem forma retangular, destacando a linguagem compositiva do conjunto, com exceção de uma janela circular realizada no estudo de caso 2. As aberturas que se destacam são as de maiores dimensões e estão destinadas em sua maioria aos acessos principais. Em dois casos o contêiner superior foi rotacionado, criando espaços intermediários e uma composição mais dinâmica, porém com a desvantagem de necessitar um reforço

estrutural. A circulação vertical é feita na maior parte das vezes através de escadas locadas no interior do edifício, o que exige uma análise de layout e da circulação interna devido à largura limitada dos contêineres. Nos três estudos de caso o efeito visual da fachada da edificação depende do sentido de aproximação do pedestre, sendo mais expressivo para quem se aproxima pelo lado esquerdo do edifício. Observa-se que todos os projetos apresentam pelo menos um eixo de simetria em planta e nas fachadas, o que ocorre de forma mais expressiva quando os contêineres são agrupados/empilhados pelas cantoneiras, como no estudo de caso 3.

5.3 RESULTADOS DOS ASPECTOS CONSTRUTIVOS DOS ESTUDOS DE CASO

Neste item são apresentados os aspectos construtivos dos três estudos de caso, conforme pode ser visto no Quadro 11, e uma análise comparativa dos resultados obtidos em cada uma dessas obras. Os itens avaliados foram: a) Movimentação de terra, b) fundações, c) transporte e manipulação dos contêineres, d) Montagem dos contêineres, e) ligações entre a fundação e os contêineres, f) ligações entre os contêineres, g) ligações entre os contêineres e as escadas, h) outras ligações, i) aberturas para portas e janelas, j) materiais de revestimento dos pisos, k) materiais de revestimento das laterais e divisórias, l) materiais de revestimento das coberturas e m) complementações.

Quadro 11- Quadro dos aspectos construtivos dos estudos de caso

Continua

	Estudo de caso 1	Estudo de caso 2	Estudo de caso 3
a)	Etapa mais demorada da construção devido ao aclave do terreno (6 m). Foi feito patamar 2 m acima da rua.	Terreno relativamente plano. Elevaram a área onde o edifício está construído para deixá-lo ao nível da avenida.	Não houve movimentação de terra porque o terreno era relativamente plano.
b)	Dez estacas de concreto tipo broca de 15 cm de diâmetro com 3 m de profundidade para cada contêiner térreo.	Quatro sapatas isoladas de concreto de 60 x 60 cm nas cantoneiras do contêiner térreo e laje <i>radier</i> de concreto com 10 cm de espessura na área anexa.	Quatro sapatas corridas de concreto para cada contêiner: 2 em “U” locadas nas extremidades do contêiner (3,44 x 0,20 m) e 2 interm. (2,44 x 0,20 m)

Fonte: Autora (2015)

Quadro 11- Quadro dos aspectos construtivos dos estudos de caso

Continuação

	Estudo de caso 1	Estudo de caso 2	Estudo de caso 3
c)	Realizado com caminhão convencional e um caminhão grua para a movimentação. Esta etapa foi dificultada pela rede de alta tensão.	Realizado com caminhão convencional e dois caminhões tipo <i>Munck</i> para a movimentação.	Realizado com caminhão convencional e dois caminhões tipo <i>Munck</i> para a movimentação. Sendo operado a noite para não atrapalhar o trânsito.
d)	Sequência de montagem: contêiner térreo posterior seguido do contêiner térreo frontal e por fim o contêiner superior.	Sequência de montagem: contêiner térreo seguido do contêiner superior e por fim a área envidraçada.	Sequência: contêiner térreo frontal seguido do contêiner térreo posterior, contêiner superior posterior e por fim contêiner superior frontal.
e)	Realizada sem elemento de fixação, com contêineres 15 cm a cima do solo sobre camada de brita.	Realizada sem elemento de fixação, com contêineres 30 cm a cima do solo sobre camada de brita.	Realizada sem elemento de fixação, com contêiner frontal 10 cm a cima do solo e contêiner posterior 30 cm. Cont. sobre camada de brita.
f)	Inicialmente o contêiner superior estava apoiado nos contêineres térreos, sendo posteriormente soldado devido à ação do vento.	Foram realizados alguns pontos de solda na área de contato entre os contêineres.	Foram soldadas as cantoneiras dos contêineres inferiores com as dos contêineres superiores.
g)	A escada metálica externa com patamar triangular foi soldada na interface dos três contêineres.	A escada de concreto interna foi aparafusada na laje <i>radier</i> e na abertura do piso do contêiner superior.	A escada metálica helicoidal interna foi soldada e aparafusada no piso do contêiner térreo e superior por meio de peça de encaixe. A escada metálica em lance único interna foi soldada na lateral do contêiner térreo e no piso deste contêiner e do superior por meio de peça de encaixe.

Fonte: Autora (2015)

Quadro 11- Quadro dos aspectos construtivos dos estudos de caso

Continuação

	Estudo de caso 1	Estudo de caso 2	Estudo de caso 3
h)	A estrutura das coberturas metálicas, tipo metalon, foram soldadas nos perfis superiores dos contêineres.	A estrutura metálica da área envidraçada foi soldada nos contêineres. O contêiner superior foi apoiado em um pilar de concreto. As longarinas de aço do deck foram soldadas na cobertura do contêiner térreo.	A estrutura metálica das marquises foi soldada nos contêineres térreos, sendo sustentadas por cabos de aço que estão aparafusados nos contêineres superiores.
i)	As aberturas foram recortadas com maçarico e estruturadas após a montagem dos contêineres por empresa terceirizada. As chapas trapezoidais foram usadas nas portas e janelas. Duas aberturas dos contêineres inferiores apresentaram deformações excessivas exigindo reforço estrutural.	As aberturas foram recortadas com maçarico e estruturadas previamente por empresa terceirizada. As esquadrias metálicas foram colocadas após a montagem dos contêineres.	As aberturas foram recortadas com máquina de plasma e estruturadas previamente pela própria empresa. As esquadrias metálicas foram colocadas após a montagem dos contêineres.
j)	Internamente foi lixado e envernizado o piso original do contêiner e aplicado piso cerâmico no banheiro. Externamente foi feito um deck de madeira na parte frontal e piso cimentado nas demais áreas.	Internamente foi lixado e envernizado o piso original do contêiner e colocado piso de PVC na área envidraçada. Externamente foi feito deck de madeira na cobertura do contêiner inferior e um jardim gramado no térreo.	Internamente foi lixado e envernizado o piso original do contêiner e aplicado piso vinílico no banheiro. Externamente foi feita rampa e calçada cimentada e demais áreas com brita.

Fonte: Autora (2015)

Quadro 11- Quadro dos aspectos construtivos dos estudos de caso

Conclusão

	Estudo de caso 1	Estudo de caso 2	Estudo de caso 3
k)	<p>As laterais internas dos contêineres foram pintadas de branco, recebendo revestimento cerâmico no banheiro. As divisórias com 10 cm de espessura foram realizadas com gesso acartonado após a montagem.</p> <p>As laterais externas dos contêineres inferiores foram pintadas com esmalte sintético antioxidante na cor branca e na cor verde no contêiner superior. As instalações elétricas internas estão aparentes.</p>	<p>As laterais internas foram revestidas com gesso acartonado fixado sobre quadros de madeira e camada de lâ de rocha, sendo feita após a montagem. As divisórias com 10 cm de espessura foram realizadas com gesso acartonado após a montagem. As laterais externas do contêiner inferior foram pintadas na cor vermelha e do contêiner superior na cor branca, sendo realizada previamente. Inst. elétricas embutidas</p>	<p>As laterais internas foram revestidas com chapas de MDF sobre quadros metálicos e camada de lâ de polipropileno, sendo feitas após a montagem. As divisórias do banheiro têm o mesmo revestimento recebendo pintura hidrofugante. As laterais externas dos contêineres foram pintadas previamente com esmalte sintético na cor rosa. Instalações elétricas embutidas.</p>
l)	<p>O teto dos contêineres foi pintado na cor branca mantendo as instalações elétricas aparentes, sendo feito após a montagem. A cobertura dos contêineres foi pintada com tinta térmica na cor branca (contêiner térreo) e verde (contêiner superior), sendo feito após a montagem.</p>	<p>O teto dos contêineres foi revestido com gesso acartonado fixado sobre quadros de madeira e camada de lâ de rocha, sendo feito após a montagem. Na cobertura do contêiner térreo foi colocado um deck de madeira após a montagem. A cobertura do contêiner superior foi pintada previamente na cor branca. Inst. elétricas embutidas</p>	<p>O teto dos contêineres foi revestido com chapas de MDF sobre quadros metálicos e camada de lâ de polipropileno, sendo feito após a montagem. A cobertura foi pintada previamente com esmalte sintético na cor rosa. As instalações elétricas internas estão em eletrocalhas.</p>
m)	<p>Sistema de ventilação forçada no contêiner térreo frontal.</p>	<p>Aparelhos de ar-condicionado tipo Split em todos os ambientes.</p>	<p>Aparelhos de ar-condicionado tipo Split em todos os ambientes.</p>

Fonte: Autora (2015)

Neste quadro pode-se verificar que na maior parte dos casos a movimentação de terra é simples, entretanto depende do aclive do terreno e do projeto de arquitetura, como no estudo de caso 1, onde esta foi a etapa mais demorada da construção. Na fundação foram utilizadas sapatas ou estacas de concreto executadas in loco, de modo a elevar de 10 a 30 cm o contêiner do solo. Nas três edificações foi colocada uma camada de brita abaixo dos contêineres térreos, o que possibilita o resfriamento e circulação do ar, melhorando o conforto interno.

O transporte dos contêineres foi realizado em todos os casos com um caminhão convencional de 12 m de comprimento, sendo utilizado geralmente um caminhão tipo *Munck* na movimentação dos contêineres. Observa-se que nesta etapa do processo construtivo é necessário verificar possíveis problemas com a altura da rede de tensão da rua, com a área necessária para manobrar o caminhão e com o fluxo de carros no local. Os contêineres térreos foram apoiados na fundação sem elemento de fixação, sendo soldados em alguns pontos na área de contato com os contêineres do pavimento superior, para evitar movimentações ocasionadas pela ação do vento.

Observa-se que as escadas foram locadas externamente e internamente, sendo mais frequente o seu uso no interior do edifício. Neste caso, foi necessário realizar um recorte no piso do contêiner superior, o que é dificultado pela existência de vigas metálicas que sustentam as chapas de compensado. Estas escadas foram soldadas e/ou aparafusadas nos contêineres, sendo mais utilizadas as escadas metálicas. Observou-se que podem ser adicionados diversos tipos de elementos aos contêineres para servir de proteção às intempéries ou ampliar a área útil de projeto, sendo necessário verificar a forma de fixação destes elementos aos contêineres. Nestas edificações as aberturas foram recortadas e estruturadas antes da chegada dos contêineres no terreno, devido à dificuldade de fazê-lo com os contêineres montados no local, sendo realizadas com maçarico, máquina de corte a plasma ou esmerilhadeira.

A instalação das esquadrias foi feita in loco em todas as obras para evitar possíveis danos causados no transporte dos contêineres até o terreno. O piso original do contêiner foi mantido em todos os casos, sendo apenas lixado e envernizado, o que ocorre normalmente por uma opção estética do cliente. Internamente dois dos estudos de caso optaram pela instalação de isolante térmico e material para revestimento de paredes e forros, variando o tipo de uma obra para outra. Nestes dois estudos de caso as instalações elétricas e hidráulicas foram embutidas internamente nas laterais e no teto. Externamente os contêineres das três

edificações foram lixados e pintados, mantendo o aspecto visual característico dos contêineres. Em todos os casos fez-se necessário algum tipo de aparelho de resfriamento do ar, sendo mais utilizado o ar-condicionado tipo Split.

5.4 RESULTADOS DO DESEMPENHO TÉRMICO DOS ESTUDOS DE CASO

Neste item são apresentados os aspectos de desempenho térmico dos três estudos de caso, conforme pode ser visto nos Quadros 12 e 13, e uma análise comparativa dos resultados obtidos em cada uma dessas obras. O método aplicado para a avaliação deste aspecto foi o cálculo simplificado que determina a transmitância térmica (U), o atraso térmico (ϕ) e o fator calor solar (FS_o), estabelecido pela Norma de Desempenho Térmico de Edificações NBR 15220-2 (2005).

Quadro 12- Quadro com a zona bioclimática e materiais utilizados nas vedações e coberturas dos estudos de caso

	Estudo de caso 1	Estudo de caso 2	Estudo de caso 3
Zona Bioclimática	Zona 3 Parede: leve e refletora Cobertura: leve e isolada (NBR 15220, 2005)		
Materiais de vedações	Interior: sem isolamento e revestimento. Pintura externa: branca nos contêineres térreos e verde no contêiner superior.	Interior: gesso acartonado com 12,5 mm e lâ de rocha com 25 mm. Pintura ext.: vermelho no contêiner térreo e branca no contêiner superior.	Interior: MDF com 12 mm e lâ de Polipropileno com 40 mm. Pintura externa: rosa médio em todos os contêineres.
Materiais de coberturas	Interior: sem isolamento e revestimento. Pintura externa térmica: branca nos contêineres térreos e verde no contêiner superior.	Interior: gesso acartonado com 12,5 mm e lâ de rocha com 25 mm. Pintura ext.: vermelho no contêiner térreo e branco no contêiner superior.	Interior: MDF com 15 mm e lâ de Polipropileno com 40 mm. Pintura externa: rosa médio nos contêineres superiores.

Fonte: Autora (2015)

Quadro 13- Quadro dos resultados dos aspectos de desempenho térmico dos estudos de caso

	Estudo de caso 1	Estudo de caso 2	Estudo de caso 3
U (m².K/w)	Parede: ≤ 3,6 e cobertura: ≤ 2,0 (NBR 15220, 2005)		
Parede	5,88	1,15	0,45
Cob. verão	4,76	1,07	0,44
Cob. Inverno	7,14	1,20	0,46
φ (h)	Parede: ≤ 4,3 e cobertura: ≤ 3,3 (NBR 15220, 2005)		
Parede	0,03	1,84	3,77
Cob. verão	0,03	1,87	4,20
Cob. Inverno	0,03	1,83	4,17
FS₀ (%)	Parede: ≤ 4,0 e cobertura: ≤ 6,5 (NBR 15220, 2005)		
Parede	Térreo: 4,7 2º pav.: 11,76	Térreo: 3,4 2º pav.: 0,92	1,26
Cob. verão	1,09	Térreo: 3,17 2º pav.: 0,86	1,23
Cob. Inverno	2,86	Térreo: 3,55 2º pav.: 0,96	1,29

Fonte: Autora (2015)

Nestes quadros pode-se verificar que os três estudos de caso estão situados na zona bioclimáticas três e adotaram estratégias diferentes para melhorar o conforto térmico no interior da edificação. Observa-se que a utilização de isolamento térmico e de revestimento interno foi eficaz nos estudos de caso 2 e 3, evidenciando sua função no desempenho térmico da envoltória dos contêineres. Os materiais utilizados no estudo de caso 3 obtiveram resultados insatisfatórios com relação ao atraso térmico (ϕ), o que poderia ser resolvido utilizando um isolante térmico com menor espessura.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

O Brasil possui uma grande quantidade de contêineres ISO com potencial de reutilização que tende a crescer nos próximos anos. Deste modo, o desenvolvimento de projetos que reaproveitem estes produtos mostra-se como uma alternativa econômica e sustentável para a construção de edifícios. Além disso, os contêineres ISO são uma alternativa pré-fabricada de fácil movimentação que facilita a montagem e desmontagem tanto de edificações comerciais e residenciais como de instalações no canteiro de obras, minimizando os desperdícios de materiais e contribuindo para a padronização e racionalização dos processos construtivos.

Observou-se que existe no país um grande potencial de uso dos contêineres ISO como produto para as instalações provisórias de canteiros de obra. Para isso, é necessário atender às exigências da norma NR-18, que apresenta requisitos específicos para o uso de contêineres nos canteiros. Estes requisitos preveem a proteção contra riscos como choque elétrico e induzem a melhorias principalmente com relação ao conforto térmico no interior das instalações.

De outra parte, a reutilização dos contêineres ISO em projetos de arquitetura no sul do Brasil apresenta uma diversidade de usos. Nos levantamentos preliminares observou-se que a maior parte dos projetos são direcionados a edificações comerciais compostas por poucos contêineres ISO. Isso tem ocorrido principalmente porque este tipo de construção pode reduzir significativamente o tempo de montagem do edifício, permitindo que o empreendimento comece a funcionar em poucos meses. Além disso, esta modalidade de construção agrega flexibilidade ao projeto, possibilitando que a edificação seja trasladada a outra localidade quando necessário. A maioria destes projetos data dos últimos cinco anos, o que evidencia o caráter atual deste tipo de construção e sinaliza uma tendência de crescimento no número de edificações com contêineres ISO no sul do país.

6.1 QUANTO AOS ASPECTOS PROJETUAIS

O processo de projeto com a reutilização de contêineres ISO na arquitetura concentra a preocupação ambiental de reduzir o acúmulo de contêineres em desuso nos portos e os desperdícios e impactos nas atividades da indústria da construção de edifícios. Para tanto, deve-se considerar as transformações e adaptações necessárias na envoltória dos

contêineres desde a etapa do projeto de arquitetura, uma vez que estes não foram projetados para serem usados como espaços habitáveis.

Observou-se que as características formais do projeto e a linguagem resultante da utilização de contêineres na arquitetura dependem das estratégias que o projetista adota ao utilizar os contêineres como elemento modular e estruturador da composição. No entanto, as dificuldades de compatibilização entre o sistema de medidas em pés-polegadas utilizado na fabricação dos contêineres ISO e o sistema internacional de medidas adotado no Brasil dificulta a utilização destes produtos por meio do sistema de coordenação modular nos projetos.

Neste trabalho realizou-se uma análise morfológica de três estudos de caso que utilizam contêineres seguindo os conceitos apresentados por Ching (1995). Estas análises que abordam transformações dimensionais da forma e dos espaços na composição permitiram compreender as transformações e dinâmicas no uso dos contêineres nas respectivas composições arquitetônicas. Observou-se nos três estudos de caso que os contêineres utilizados conservaram a sua identidade inicial como elemento compositivo, pois as aberturas para portas e janelas não modificaram seus elementos estruturais. Além disso, não foram adicionados revestimentos na envoltória dos contêineres, mantendo a sua linguagem visual e possibilitando a sua rápida identificação. Este resultado evidenciou a intenção inicial dos proprietários e a estratégia de projeto adotada que reforça o caráter inovador sustentável destes empreendimentos. De outra parte, em cada estudo de caso foi utilizada uma estratégia de composição dos contêineres, sendo adicionados diferentes elementos e materiais ao conjunto, o que evidencia o uso de diversos arranjos de organização espacial neste tipo de construção. Observou-se uma tendência na escolha de composições mais dinâmicas, utilizando como área construída os espaços intermediários entre os contêineres. Apesar da flexibilidade compositiva que essa estratégia de projeto proporciona, ela também pode exigir reforços estruturais, uma vez que os contêineres ISO foram projetados para serem apoiados e fixados apenas pelas suas cantoneiras.

6.2 QUANTO AOS ASPECTOS CONSTRUTIVOS

As particularidades e características das edificações com contêineres ISO mostraram a necessidade de uma avaliação da viabilidade econômica e funcional e da sua acessibilidade e disponibilidade na região. Além disso, verificou-se a necessidade de

uma análise de possíveis problemas estruturais e de contaminação química ou biológica. Observou-se que as aberturas para portas e janelas são necessárias para prover a funcionalidade dos espaços e melhorar o desempenho térmico dos contêineres, sendo preferencialmente realizadas em fábrica. Por outra parte, a compartimentação, as instalações hidráulicas e elétricas, o material de isolamento térmico e os revestimentos externos e internos podem ser feitos no local após o nivelamento e a fixação dos contêineres no terreno.

Nos estudos de caso observou-se uma facilidade e rapidez no transporte, manipulação e montagem dos contêineres, sendo realizados com caminhão convencional e caminhão tipo “Munck”. Entretanto mostrou-se necessária a verificação da acessibilidade dos meios de transporte e movimentação no terreno, avaliando o fluxo de automóveis no local, a altura da rede de alta tensão e o espaço disponível para a manobra do caminhão e da manipulação dos contêineres. Os tipos de fundações adotados nos três estudos caso foram relativamente simples e não causaram grandes impactos no terreno, sendo realizados de modo a elevar os contêineres térreos alguns centímetros do solo. Estes contêineres foram apoiados na fundação sem elemento de fixação, o que facilita a sua futura remoção caso seja necessário. Sendo que as ligações entre os contêineres térreos e superiores foi realizada com soldas metálicas de modo a evitar possíveis movimentações ocasionadas pela ação do vento. Os diversos elementos adicionados aos contêineres (escadas, coberturas, marquises, etc.) mostram a possibilidade de associação destes produtos a outros tipos de estruturas e materiais. Verificaram-se deformações nas laterais dos contêineres inferiores do primeiro estudo de caso, que ocorreram devido à aplicação de cargas fora dos pontos de içamento/carregamento, evidenciando a necessidade de um estudo prévio dos carregamentos e reforços adicionais. As aberturas de portas e janelas e a pintura externa dos contêineres foram feitas, na maioria dos estudos de caso, antes da montagem dos mesmos devido às dificuldades de fazê-lo após estarem fixados no local. Por outra parte, as instalações das esquadrias, dos materiais de isolamento e revestimento interno e das instalações hidráulicas e elétricas foram realizadas in loco, de modo a evitar possíveis danos durante o transporte. Nos três estudos de caso foi mantido o piso original de compensado naval, sendo apenas lixado e envernizado. Externamente não foram adicionados revestimentos nas chapas metálicas, mantendo o aspecto visual característico dos contêineres ISO nas edificações. Por fim, apesar das melhorias realizadas nas envoltórias dos três estudos de

caso fez-se necessário o uso de algum tipo de aparelho de resfriamento do ar, sendo mais utilizado o ar-condicionado tipo Split.

6.3 QUANTO AO DESEMPENHO TÉRMICO

Observa-se que a norma NBR 15575 (2013) apresenta muitos itens que devem ser verificados para avaliar o desempenho das edificações, entretanto esta dissertação focou apenas no desempenho térmico por considerá-lo determinante nas construções com contêineres ISO devido às particularidades destes produtos.

Os resultados obtidos na análise do desempenho térmico do contêiner ISO, sem modificações, mostraram desempenho insatisfatório com relação aos critérios exigidos pelas normas NBR 15220-3 (2005) e NBR 15575 (2013) para a zona bioclimática 3, colocando em evidência a necessidade da realização de melhorias na sua envoltória.

Nos estudos de caso verificou-se que as duas edificações em que foram adicionados materiais de isolamento e revestimento interno obtiveram resultados satisfatórios com relação à transmitância térmica (U), mostrando que com rápidas modificações é possível satisfazer esta exigência normativa da NBR 15220 e NBR 15575. A pintura externa adicionada nestas edificações também foi eficaz, satisfazendo a exigência da norma NBR 15220 com relação ao quesito fator calor solar (FS_o). No entanto, apenas as modificações realizadas no estudo de caso da Palhoça-SC propiciaram resultados satisfatórios com relação ao atraso térmico (ϕ). Por outro lado, observou-se que a pintura na cor branca e verde utilizada nas laterais externas do estudo de caso de Londrina-PR não propiciou melhorias significativas no desempenho térmico da envoltória desta edificação em nenhum dos quesitos exigidos pela norma NBR 15220 e NBR 15575. No entanto, a tinta térmica utilizada nas coberturas deste estudo de caso mostrou resultado satisfatório, porém apenas com relação ao fator calor solar (FS_o). Deste modo, concluiu-se que apenas uma das edificações analisadas está de acordo com todas as exigências normativas. Nos outros dois estudos de caso seria necessário realizar outras melhorias para atender plenamente essas exigências.

Deste modo, pode-se constatar por meio dos resultados obtidos que a reutilização de contêineres ISO pode apresentar resultados satisfatórios quanto à linguagem compositiva e aos usos propostos. Entretanto, observaram-se ainda dificuldades técnicas e construtivas quanto à realização de adequações, considerando as particularidades referentes à sua manipulação e fixação e as melhorias no desempenho

térmico para atender as exigências normativas brasileiras de desempenho térmico.

Por fim, os resultados sinalizam que a reutilização de contêineres ISO na arquitetura mostra um grande potencial de uso, podendo contribuir assim para um incremento na sustentabilidade das edificações na região sul do Brasil.

6.4 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Espera-se que este estudo possa servir como base para outras pesquisas que buscam contribuir para a melhoria das edificações feitas com contêineres ISO reutilizados no Brasil. O desenvolvimento deste trabalho aponta para algumas questões que não foram abordadas nesta pesquisa e que poderiam ser exploradas em estudos futuros. Deste modo, pode-se sugerir:

- realizar o levantamento e estudo de edificações com contêineres ISO em outras regiões do Brasil, contemplando outros usos além do comercial,
- analisar aspectos relacionados com a sustentabilidade, principalmente com relação aos potenciais de reciclabilidade deste tipo de construção,
- avaliar os aspectos econômicos vinculados com as transformações e adaptações realizadas na envoltória dos contêineres ISO e com os materiais utilizados nesse processo,
- aprofundar o tema do conforto térmico nas edificações com contêineres ISO e avaliar com outros métodos o desempenho térmico de obras construídas,
- avaliar os outros requisitos da norma de desempenho das edificações (NBR 15575) para este tipo de construção,
- realizar um levantamento da quantidade de contêineres ISO descartados que podem ser reutilizados na construção de edifícios e da porcentagem de contêineres *High Cube* que representam esse total.
- desenvolver diretrizes de projeto que contribuam para um incremento na sustentabilidade das edificações com contêineres ISO,
- elaborar um guia para a reutilização dos contêineres ISO na Arquitetura.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2013. ABRELPE. São Paulo. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm> Acesso em: 15 de out. 2014.
- ARAUJO, C. **Contêiner ganha espaço em projetos de construção civil**. 2012. Disponível em: <http://www.sindusconrio.com.br/sindusletter/sindusletter_280312/n7.htm>. Acesso em: 15 mai. 2014.
- ARAUJO, V. M. **Práticas recomendadas para gestão mais sustentável de canteiro de obras**. 2009. 228 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT **NBR-12284**: áreas de vivência em canteiros de obra. Rio de Janeiro, 1991. Disponível em: <wlmcne.blogspot.com/2007/12/administraoda-produo.htm>. Acesso em: 10 mai. 2014.
- _____. **ABNT NBR ISO 668**: contêineres Série 1: classificação, dimensões e capacidades. Rio de Janeiro, 2000. 68 p.
- _____. **ABNT NBR 5943**: contêiner: tipos. Rio de Janeiro, 1984.
- _____. **ABNT NBR ISO 6346**: contêiner de carga: códigos, identificação e marcação. Rio de Janeiro, 2002.
- _____. **ABNT NBR 15873**: coordenação modular para edificações. Rio de Janeiro, 2010.
- _____. **ABNT NBR 15220-2**: desempenho térmico das edificações – parte 2: métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.
- _____. **ABNT NBR 15220-3**: desempenho térmico das edificações – parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de

condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

_____. ABNT **NBR 15575**: edifícios habitacionais: desempenho. ABNT. Rio de Janeiro. Fevereiro, 2013.

_____. ABNT **NBR 7475**: implementos rodoviários: dispositivos de fixação de contêiner: requisitos. Rio de Janeiro, 2010.

_____. ABNT **NBR 9500**: implementos rodoviários: veículo porta contêiner: requisitos. Rio de Janeiro, 2010.

_____. ABNT **NBR 9762**: veículo rodoviário de carga: terminologia. Rio de Janeiro, 2012.

BERTOLANI, A. D.; LEME, F. L. **Carregamento de contêineres em navios**. Disponível em:

<http://www.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/EE/Revista_on_line/carrregamento_containers.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2014.

BLACHERE, G. **Saber Construir: habitabilidad, durabilidad, economia de los edificios**. Barcelona: Técnicos Asociados, 1978.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-18**: condições na indústria da construção. Brasília, DF, 2013. 62 p. Disponível em: <www.mte.gov.br> Acesso em: 02 mai. 2014.

CASTILHO, P. **Delta containers na rede globo**. 2014. Disponível em: <<https://www.youtube.com/user/deltacontainers>> Acesso em: 10 mar. 2015

CBF. **Containers Marítimos**. 2014. Disponível em: <www.cbfcargo.com/ferramentas-containers-maritimos.asp>. Acesso em: 20 mai. 2014.

CHING, F. D. **Arquitectura: forma, espacio y orden**. 10 ed. Barcelona: Gustavo Gili, 1995. 430p.

CORBAS, D. Entrevista Jornal Band. 2012. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=ZjUK3cvJPCU>>. Acesso em: 22 jul. 2013.

CRANE, G. **Container Alliance Articles**. 2014. Disponível em: <<http://www.containeralliance.com/informative-articles/>>. Acesso em: 15 mar. 2014.

DELTACONTAINERS. **Construção usando containers: perguntas e respostas**. 2014. Disponível em: <<http://www.deltacontainers.com.br/projetos-especiais-containers-faq.html>> Acesso em: 22 ago. 2014.

DORNELLES, K. A. **Absortância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA**. 2008. 152f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)- Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008. Disponível em <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/>> Acesso em: 05 mar. 2015.

EBIOS. **Ficha técnica: manta termo acústica Ebios**. 2014. Disponível em <<http://www.ebiostecnologia.com.br/>> Acesso em: 05 mar. 2015.

EUROBRAS. **Benefícios da construção modular**. 2014. Disponível em: <<http://www.eurobras.com.br/beneficios-da-construcao-modular>> Acesso em: 25 ago. 2014.

FERRARO, L. **Casa Container**. Casa Cor 2009. Disponível em <http://www.arqbrasil.com.br/_arq/livia_ferraro/livia_ferraro.html> Acesso em: 20 set. 2013.

FERREIRA, A. B. de H. **Dicionário da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Positivo, 2010.

FIGUEROLA, V. **Contêineres de navio se tornam matéria-prima para a construção de casas**. 2013. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/201/contenineres-de-navio-se-tornam-materia-prima-para-a-construcao-de-302572-1.aspx>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

GASPERINI, G. C. Contexto e Tecnologia. **O projeto como Pesquisa Contemporânea em Arquitetura**. Tese de livre docência. São Paulo FAUUSP. 1988. Documento não paginado.

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.

GOEBEL, D. **Logística - Otimização de Transportes e Estoques na Empresa**. Estudos em Comércio Exterior. ECEX/UFRJ, v. 1, n. 1, jul/dez 1996. ISSN 1413-7976. Disponível em: <http://www.drb-assessoria.com.br/logistica_otimizacao_do_transporte_e_estoques_na_empresa.pdf> Acesso em: 25 fev. 2015.

GONÇALVES, J. A. **O manual da Lachmann**. 2003. Disponível em: <<http://www.novomilenio.inf.br/porto/contei15.htm>>. Acesso em: 30 jul. 2014.

GRUPO IRS. **Orçamento de containers** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <luanatcarbonari@gmail.com> em 12 mai. 1998.

ILOS. **Portos 2021**: avaliação de demanda e capacidade do segmento portuário de contêineres no Brasil, 2012. Disponível em: <http://www.abratec-terminais.org.br/files/Portos2021_Avaliacao_de_Demanda_e_Capacidade_do_Segmento_Portuario_de_Conteineres_no_Brasil.pdf>. Acesso em: 19 mai. 2014.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 830**: *freight containers: vocabulary*. Geneva, 1999.

KOTNIK, J. **Container Architecture**. Barcelona: Links, 2008. 253 p.

MAHFUZ, E. da C. **Nada provém do nada**: A produção da arquitetura vista como transformação de conhecimento. Revista Projeto, São Paulo, nº 69, p. 89-95, nov., 1984.

MALARD, M. L. **O método em arquitetura**: conciliando Heidegger e Popper. Cadernos de Arquitetura e Urbanismo (PUCMG), Belo Horizonte, v. 8, n.8, p. 128-154, 2001.

MARCONDES, C. (org.). Linguagem. In: **Dicionário de Comunicação**. São Paulo: Paulus, 2009

MESQUITA, P. L. **Sistema portuário nacional**. 2015. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/sistema-portuario-nacional>>. Acesso em: 18 jun. 2015.

MÉTODO. In: MICHAELIS Moderno Dicionário da Língua Portuguesa. Disponível em <<http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/>> Acesso em: 20 set. 2014.

RESIDENTIAL SHIPPING CONTAINER PRIMER. **Everything About ISO Cargo Shipping Containers**. 2013. Disponível em: <<http://residentialshippingcontainerprimer.com/>>. Acesso em: 03 mai. 2014.

SANTOS, J. C. **O transporte marítimo internacional**. 2. ed. São Paulo: Aduaneiras, 1982.

SANTOS, H. N.; CÂNDIDA, A.; FERREIRA, T. K. S. Ações referentes a gestão de resíduos da construção civil em Araguari-MG. In: ENCONTRO NACIONAL DOS GEÓGRAFOS, 16, 2010, Porto Alegre. **Anais eletrônicos...** Porto Alegre.

SAURIN, T. A.; FORMOSO, C. T. Planejamento de canteiros de obra e gestão de processos-**Recomendações técnicas HABITARE**, Porto Alegre: ANTAC, v. 3, 2006.

SLAWIK, H. et al. **Container Atlas: A Practical Guide to Container Architecture**. Berlin: Gestalten, 2010.

SOBREIRA, A. **Benefícios, desafios e soluções para o transporte de contêineres**. 2012. Disponível em: <<http://www.cbconteiner.org.br/cbc/>>. Acesso em: 15 mar 2014.

SOUZA, U. E. L. et al. Recomendações gerais quanto à localização e tamanho dos elementos do canteiro de obras. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, São Paulo, v. 178, 1997, 19p.

SUSS, L. **De salão de festas a restaurante, tudo cabe no contêiner.** Gazeta do povo, Curitiba. 12 out. 2014. Disponível em <<http://www.gazetadopovo.com.br/economia/de-salao-de-festas-a-restaurante-tudo-cabe-no-container-eeua915rhxa63fkjsrphfpq32>> Acesso em: 25 fev. 2015.

WORLD SHIPPING COUNCIL. **Containers.** 2014. Disponível em: <<http://www.worldshipping.org/about-the-industry/containers>>. Acesso em: 15 abr. 2014.

YAZBEK, P. **Containers viram casas com apelo moderno e preços atraentes.** Exame, São Paulo: Ed. abril, 7 abr. 2015. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/seu-dinheiro/noticias/containers-viram-casas-com-apelo-moderno-e-precos-atraentes>> Acesso em: 15 abr. 2015.

YIN, Roberto K. **Estudo de Caso:** planejamento e métodos. 2. ed. Tradução Daniel Grassi. Porto Alegre: Bookman, 2001.